

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องปริมาณเชิงซ้อน

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON COMPLEX NUMBER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาระดับปริญญาตรี  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางไกลและเทคนิควิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-073-1

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องปริมาณเชิงซ้อน

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON COMPLEX NUMBER



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน...80849  
วัน,เดือน,ปี...2.3...พ.ศ. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-073-1

# COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON COMPLEX NUMBER



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN EDUCATIONAL TECHNOLOGY  
IN VOCATIONAL AND TECHNICAL EDUCATION  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2001**

**ISBN 974-648-073-1**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2001**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บัณฑิตวิทยาลัย**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

-----

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน  
COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON COMPLEX NUMBER

ชื่อนักศึกษา            นายวุฒิชัยธรรม    สวัสดิ์ผล

รหัสประจำตัว            39064476

ปริญญา                    ครุศาสตรบัณฑิตศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชา                เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์      รศ.ดร.สุพิทย์            กาญจนพันธ์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม      รศ.ดร.สมพร            ไชยะ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุพิทย์	กาญจนพันธ์	
รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลั่นหอม	
ผศ.อรรถพร	ฤทธิเกิด	
ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ      16 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 12.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตรบัณฑิตศึกษามหาบัณฑิตศึกษามหาบัณฑิตศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัดชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องปริมาณเชิงซ้อน
นักศึกษา	นายวุฒิชิธรรม สวัสดิ์ผล
รหัสประจำตัว	39064476
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา
พ.ศ.	2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. สุพิทย์ กาญจนพันธุ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ. ดร. สมพร ไชยะ

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องปริมาณเชิงซ้อนกับการสอนปกติ โดยกำหนดสมมติฐานให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นจากวิธีการเรียนการสอนทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทราจำนวน 72 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มประชากรจำนวน 96 คนเพื่อแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพจำนวน 24 คนกลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คนและกลุ่มที่ 3 ใช้สำหรับการเรียนการสอนปกติเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คนวิเคราะห์ค่าสถิติจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ t-test Independent

ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.92/80.13 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

<b>Thesis Title</b>	Computer Assisted Instruction on Complex Number
<b>Student</b>	Mr.Wutthithum Sawatdepol
<b>Student ID</b>	39064476
<b>Degree</b>	Master of Industrial Education
<b>Programme</b>	Educational Technology in Vocational and Technical Education
<b>year</b>	2001
<b>Thesis Advisor</b>	Associate Professor Dr.Supit Karnjanapun
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Associate Professor Dr.Somporn Chaiya

### ABSTRACT

The purposes of study were to construct and find out the efficiencies of the computer assisted instruction in accordance with the defined 80/80 criteria and to compare learning achievement of the computer assisted instruction on Complex Number and usual teaching process. The hypothesis of the study in learning achievement was that there was no significant difference between two type of teaching methods.

The sample groups were randomly selected from the first year electrical major students of Chachoengsao Technical College. The samples consisted of 72 random samplings of 96 population divided into 3 groups: group1, 24 samples to be tested for efficiency of computer assisted instruction, group2, experimental group of 24 to be tested for achievement difference, and group3, 24 samples of group3 were in usual class control group. Analysis of t-test independent used to determine the data.

The result of the study in computer assisted instruction was met the standard criterion 80/80 (86.92/80.13) and the achievement in learning science of the experimental group was significantly higher than the control group at the .05 level.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยการให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากรองศาสตราจารย์ ดร. สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร. สมพร ไชยะ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ ผศ.โอวาท พูลศิริ ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิดและผศ. ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ที่ได้ให้คำแนะนำด้านสื่อและสถิติรวมทั้งข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์  
กราบขอบพระคุณ ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม อาจารย์วรวิทย์ สมหาและอาจารย์ อนุรัตน์ ชันชวिति ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขด้านการผลิตสื่อ กราบขอบพระคุณอาจารย์ ไมตรี วรภูมิจรยากุล อาจารย์ทรงชัย จันทร์ประเสริฐและอาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขด้านเนื้อหา

ขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆเป็นอย่างดี ขอขอบคุณคุณวรรณพร สวัสดิ์ผล ที่กรุณาช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์และเป็นกำลังใจอยู่ตลอดเวลา

ขอบคุณคณะผู้บริหาร คณะครู-อาจารย์และนักศึกษาแผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทราที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา ครู-อาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

วุฒิชรรณ สวัสดิ์ผล

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	7
2.1 หลักสูตรวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัสวิชา 21041003.....	7
2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	8
2.3 การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	19
2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....	32
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	32
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	33
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	33
3.4 ขั้นตอนการทดลอง.....	43
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	44
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	46

# สารบัญ (ต่อ)

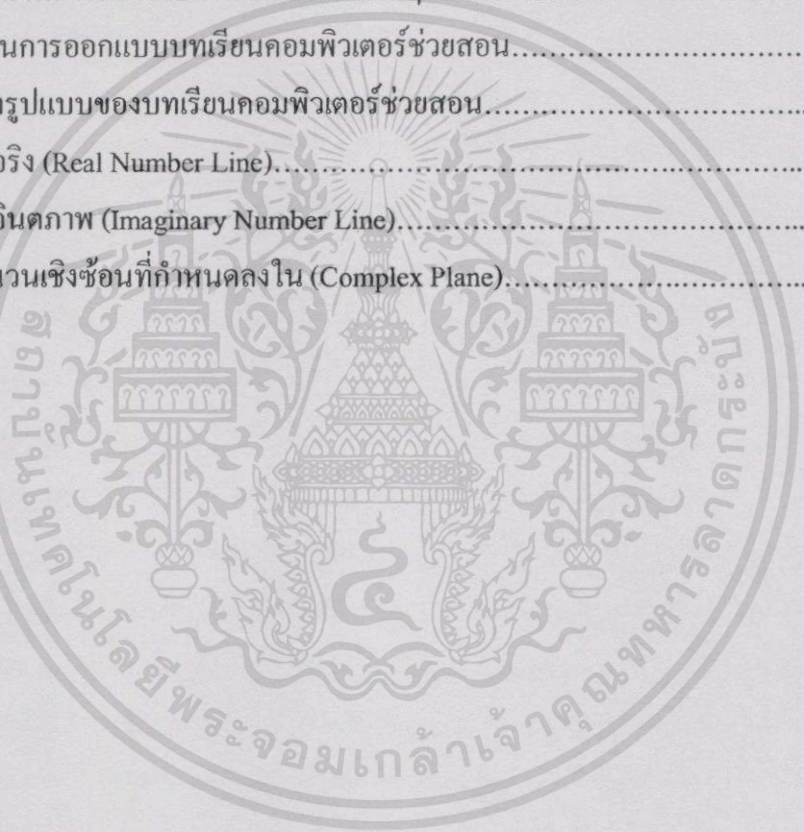
	หน้า
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัย</b> .....	51
4.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	51
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการสอนปกติ.....	52
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b> .....	53
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	53
5.2 สมมติฐานของการวิจัย.....	53
5.3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
5.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
5.5 สรุปผลการวิจัย.....	55
5.6 อภิปรายผลการวิจัย.....	55
5.7 ข้อเสนอแนะ.....	57
<b>บรรณานุกรม</b> .....	59
<b>ภาคผนวก</b> .....	65
ภาคผนวก ก. การคำนวณทางสถิติ.....	65
ภาคผนวก ข. เนื้อหาบทเรียนเรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number).....	81
ภาคผนวก ค. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเฉลยแบบทดสอบ.....	111
ภาคผนวก ง. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	119
ภาคผนวก จ. คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	123
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....	131
ภาคผนวก ช. รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ .....	151
ภาคผนวก ซ. หนังสือราชการ.....	153
<b>ประวัติผู้เขียน</b> .....	163

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	แสดงหน่วยการเรียนรู้รายคาบวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2..... 7
3.1	แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบเรื่องปริมาณเชิงซ้อน..... 34
3.2	แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนก..... 45
3.3	แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาค่าดัชนีความยาก..... 45
3.4	แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาค่าความเชื่อมั่น..... 45
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน..... 51
4.2	แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติ กับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน..... 52
6.1	แสดงการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 66
6.2	แสดงคะแนนสอบของนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาแล้ว จำนวน 40 คน..... 69
6.3	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบจำนวน 50 ข้อ..... 70
6.4	แสดงคะแนนสอบ (X), $(X)^2$ ของนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เบื้องต้น 2 มาแล้วจำนวน 40 คน..... 71
6.5	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบจำนวน 30 ข้อ..... 72
6.6	แสดงผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 74
6.7	แสดงผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านสื่อ) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 75
6.8	แสดงคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 9 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน..... 76
6.9	แสดงคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียน จำนวน 24 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน..... 77
6.10	แสดงการเปรียบเทียบความแปรปรวน (F-test) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (t-test) จากคะแนน ทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 79
6.11	แสดงการเปรียบเทียบความแปรปรวน (F-test) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (t-test) จากคะแนน ทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม..... 80

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอน.....	10
2.2 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัด.....	11
2.3 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนจำลอง.....	11
2.4 รูปแบบโปรแกรมเกมเพื่อการสอน.....	12
2.5 โครงสร้างทั่วไปและการสืบไปในในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทตัวต่อตัว.....	27
3.1 แสดงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	36
3.2 แสดงขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	38
3.3 ผลงานแสดงรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	40
6.1 เส้นจำนวนจริง (Real Number Line).....	84
6.2 เส้นจำนวนจินตภาพ (Imaginary Number Line).....	84
6.3 แสดงค่าจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดลงใน (Complex Plane).....	86



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สาขาวิชาชีพช่างไฟฟ้ากำลังเป็นวิชาชีพแขนงหนึ่งที่มีความสำคัญในสถานประกอบการ ในแต่ละปีวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเทราผลิตนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ประมาณ 240 คนต่อปี เมื่อพิจารณาคาบการสอนของครูอาจารย์ในแผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิค จะเชิงเทราพบว่ามีความขาดแคลน โดยเฉลี่ย 40 คาบต่อสัปดาห์นับว่าเป็นภาระของครูผู้สอนอย่างมาก ในการสอนนักเรียนเนื่องจากมีเวลาในการเตรียมการสอนน้อยและนอกจากนั้นยังต้องทำหน้าที่ ธุรการให้กับทางวิทยาลัยด้วย เพราะงบประมาณในการจ้างบุคลากรน้อยมากทำให้ไม่เพียงพอ ต่อการบริหารงาน

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2541 : 9) ได้แสดงความเห็นว่าผลกระทบในยุคเศรษฐกิจ ปัจจุบันได้แก่ภาวะการขาดงบประมาณผลของการปรับลดงบประมาณ ทำให้คณะรัฐมนตรีไม่ อนุมัติอัตรากำลังครูประจำการให้กับสถานศึกษา แต่อนุมัติเพียงอัตราจ้างชั่วคราวแต่ละแห่งไม่เกิน 10 คนซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการครูในวิทยาลัยสังกัดกรมอาชีวศึกษาที่เปิดใหม่ทั้ง 90 แห่ง ทั่วประเทศ หากปล่อยให้เป็นอย่างนี้จะทำให้คุณภาพการเรียนการสอนลดลง เพราะในปัจจุบัน จำนวนของครูมีสัดส่วนไม่พอเพียงกับปริมาณของนักเรียนอยู่แล้ว โดยในช่วงปี 2538 ก่อนเกิด วิกฤตพบว่า มีอัตราครูว่าง 496 คน อัตราจำนวนครูลาออกและโอนย้ายเดือนละประมาณ 20 คน โดยเฉพาะสาขาช่างอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาขาที่ขาดแคลน (กรมอาชีวศึกษา. 2539-2540 : 27) อีกทั้งคุณภาพครูผู้สอนระดับปวช./ปวท.หรือปวส.ส่วนมากมีวุฒิการศึกษาเพียงปริญญาตรี ปัญหา ภาระงานมากทั้งการสอนภาคเช้าและภาคบ่าย

จะเห็นได้ว่าภาระการสอนของครู-อาจารย์ที่มีมากทำให้ครู-อาจารย์ไม่มีเวลาผลิตสื่อการ สอนเพื่อแก้ไขหรือสอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนที่เรียนอ่อนหรือนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน ทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายเพราะเรียนไม่ทันเพื่อน

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่สอนนักเรียนนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ในชั้นปีที่ 1 พบว่าในแต่ละปีนักศึกษาที่เรียนวิชาเครื่องกลไฟฟ้า1 เรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า ในส่วนที่เป็นการคำนวณ โดยประยุกต์ใช้หลักการของปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ผลปรากฏว่านักศึกษาไม่สามารถฟื้นคืนความรู้ในเรื่องปริมาณเชิงซ้อน ผู้วิจัยต้องสอนทบทวน ให้กับนักศึกษาเหล่านั้นให้เข้าใจและผ่านวัตถุประสงค์การเรียนรู้ทำให้นักศึกษาต้องเสียเวลา

ในการเรียนวัตถุประสงค์อื่น เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะการเรียนรู้เรื่องปริมาณเชิงซ้อนจะเรียนในระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในชั้นปีที่ 1 และนักศึกษาจะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในระดับที่สูงขึ้น จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่สอนวิชาเครื่องกลไฟฟ้า 1 ประมาณ 15 ปี พบว่าพื้นฐานการเรียนเรื่อง ปริมาณเชิงซ้อนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จะเป็นปัญหาอย่างมากในอนาคตคือการ นำความรู้ไปใช้ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีโทรคมนาคมและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ทำให้สังคมเปลี่ยนจากสังคมเกษตรกรรมมาเป็นสังคมยุคสารสนเทศ ทำให้การศึกษาต้องปรับเปลี่ยนเพื่อสร้างคนให้อยู่ในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุปผชาติ ทัททิกรณ์. 2538 : 22) ดังนั้นประเทศไทยจะต้องนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษาโดยมองว่าเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือที่จะมาเสริมศักยภาพของครูแต่ไม่ได้มาแทนครู ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และโทรคมนาคมเปิดโอกาสให้กับผู้เรียนแทบไม่มีข้อจำกัดด้านระยะทางสภาพภูมิศาสตร์หรือ ช่วงเวลาและสื่อการสอนก็สามารถพัฒนาได้หลากหลายทั้งการสอนทางไกล การใช้สื่อมัลติมีเดีย เช่น CD-ROM และการค้นคว้าผ่านระบบ Internet การพัฒนาการศึกษาต้องพิจารณาหารูปแบบที่เหมาะสมเพื่อนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในการเกิดประโยชน์สูงสุด (กัลยาณี ปฏิมาพรเทพ. 2539 : 125)

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในสถานศึกษามากขึ้นเพราะมีราคาถูกลงมากกว่าแต่ก่อนแต่มีความสามารถสูง นักการศึกษาเริ่มคิดถึงคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะสามารถทำงานแทนครูได้ในบางโอกาสเช่น ใ้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดและมีการตรวจให้คะแนนโดยคอมพิวเตอร์ (เดโช สวานานนท์. 2530 : 208) เพราะเชื่อว่าคุณค่าของการศึกษารายบุคคลอันจะทำให้ผู้เรียน มีโอกาสเรียนรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด (สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2532 : 42) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำให้นักเรียนศึกษาสำเร็จได้ด้วย ความสามารถของตนเอง โดยที่ใครทำความเข้าใจได้เองก็เรียนล่วงหน้าไปก่อน นักเรียนที่เรียนเก่ง จะไม่เบื่อหน่ายการเรียนและนักเรียนอ่อนก็จะไม่ถูกทิ้งขว้าง (เดโช สวานานนท์. 2530 : 6) สิ่งสำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา ก็คือการประยุกต์เทคโนโลยีใหม่ๆ มาช่วย ส่งเสริมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (บุปผชาติ ทัททิกรณ์. 2538 : 1) คอมพิวเตอร์ ช่วยสอนหมายถึงสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของ คอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสมได้แก่ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิกราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 17) ผู้เรียนที่มี โอกาสเรียนกับครูผู้สอนที่มีความสามารถย่อมได้รับความรู้และประสบการณ์ดีกว่าผู้เรียนที่เรียน กับครูที่มีความสามารถน้อย การเรียนการสอนรายบุคคลจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ เพราะผู้เรียนจะ เรียนรู้จากบทเรียนด้วยตนเองบทบาทของครูจะเปลี่ยนไปเป็นการแบ่งเบาภาระของครูและยังช่วย ลดปัญหาเรื่องความแตกต่างของครูด้วยการเรียนการสอนรายบุคคลใช้เครื่องช่วยสอนหลายอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอน หน่วยเรียนมอดูล รวมทั้งคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (सानนท์ ฉายเจริญ. 2533 : 169) ปัจจุบันพัฒนาการของระบบคอมพิวเตอร์อยู่ในรูปของมัลติมีเดีย ที่มีการแสดงผลในรูปของแสง สี เสียง ภาพเคลื่อนไหวและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน ทำให้นักเรียนสนใจมากยิ่งขึ้นต่อการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน ที่ผู้เรียนสามารถรับประสบการณ์ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 ซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดความรู้ ความเข้าใจในบทเรียนที่ศึกษา (บุปผชาติ ทัททิกรณ์. 2538 : 1)

จากปัญหาการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ไม่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้และครูมีภาระไม่สามารถที่จะทำการสอนทบทวนให้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น สามารถใช้เทคโนโลยีการสอนคือคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถจะตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี จึงได้นำมาเป็นหัวข้อในการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส21041003ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช2538ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2538
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number)

## 1.3 สมมติฐานในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นตามเนื้อหาวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

1.4.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นบทเรียนแบบสอนเนื้อหา (Tutorial)

1.4.3 กลุ่มทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติจากครูผู้สอน

1.4.4 การประเมินผลการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้การเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติ t-test

1.4.5 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 80/80

1.4.6 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นต้องการระบบคอมพิวเตอร์ดังนี้  
1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รุ่นเพนเทียม (Pentium) 166 หรือสูงกว่า

2. หน่วยความจำ (RAM) ไม่น้อยกว่า 16 เมกะไบต์

3. จอภาพสีแบบ Super VGA แสดงสีได้ 256 สี

4. การ์ดเสียง (Sound card) ขนาด 8 บิตหรือ 16 บิต พร้อมหูฟัง

5. โปรแกรมไมโครซอฟท์ วินโดวส์ 95 ไทยอิดิชัน (Thai Edition) หรือสูงกว่า

6. เมาส์

1.4.7 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาก่อนจำนวน 96 คน

1.4.8 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเทราจำนวน 72 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มประชากรจำนวน 96 คนเพื่อแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพจำนวน 24 คนกลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คนและกลุ่มที่ 3 ใช้สำหรับการเรียนการสอนปกติเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4.9 ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้นคือการสอนนักเรียนตามปกติและการสอนนักเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
2. ตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนตามปกติและผลสัมฤทธิ์การเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

#### 1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. นักเรียนที่ถูกเลือกเป็นกลุ่มทดลองเมื่อทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ถือว่าได้ทำแบบทดสอบเต็มตามความสามารถของแต่ละคน คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบใช้วัดความสามารถในการเรียนของนักเรียนได้
2. การวิจัยไม่ศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

#### 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. การสอนปกติหมายถึงการสอนตามแผนการสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ศูนย์วิจัยและพัฒนา อาชีวศึกษา 1 หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมอาชีวศึกษา
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หมายถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเนื้อหา (Tutorial) ที่สร้างไว้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากเครื่องคอมพิวเตอร์
3. วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 หมายถึง วิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส 21041003 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
4. นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) หมายถึงนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
5. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึงความสามารถของบทเรียนในการสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ ถึงระดับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ 80/80 และผลจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมรวมทั้งผลการประเมินสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ

80 ตัวแรกหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนหน่วยย่อย ซึ่งคำนวณจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบย่อยหลังการเรียนรู้ในแต่ละเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

80. ตัวหลังหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมดซึ่งคำนวณจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนรู้เนื้อหาครบทุกเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึงคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียนซึ่งวัดโดยแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7. แบบทดสอบหมายถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับประเมินผลนักเรียนหลังจากเรียนจบบทเรียน



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) เป็นการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เพื่อใช้แก้ปัญหาการเรียนการสอนให้กับนักเรียนวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ในการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและหลักการจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังมีรายละเอียดตามหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 หลักสูตรวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัสวิชา 21041003
- 2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

#### 2.1 หลักสูตรวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส 21041003

##### 2.1.1 วัตถุประสงค์รายวิชา

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับมีทักษะในการต่อวงจรวัดและหาค่าต่างๆ

##### 2.1.2 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับค่าต่างๆ ของรูปคลื่นไซน์ เฟสและเฟสเซอร์ไดอะแกรม ปริมาณเชิงซ้อน ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับและเพาเวอร์แฟคเตอร์ ปฏิบัติงานวัดและหาค่าต่างๆ ของรูปคลื่นไซน์ วัดค่าทางไฟฟ้าในวงจร

##### 2.1.3 แผนการสอนรายคาบวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2

#### ตารางที่ 2.1 แสดงหน่วยการเรียนรายคาบวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
1.	การเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ	4
2.	เฟสและเฟสเซอร์ไดอะแกรม	4
3.	ปริมาณเชิงซ้อน	4
4.	พารามิเตอร์ในวงจรไฟฟ้า (1)	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จำนวนคาบ
	สอบกลางภาค	2
5.	พารามิเตอร์ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (2)	6
6.	กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ	4
7.	ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	4
	สอบปลายภาค	2
	รวม	36

2.1.4 เนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือหน่วยที่ 3 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องต่อไปนี้

1. Complex Number
2. Rectangular form
3. Polar form
4. Trigonometric form
5. Exponential form
6. การเปลี่ยน Form ของ Complex Number
7. การ Conjugate
8. การบวก,ลบ,คูณ,หาร Complex Number

## 2.2 ความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ (2541 : 52) ให้คำจำกัดความว่า Computer-Assisted Instruction (CAI) : คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึงกลวิธีการสอนที่เน้นให้มีการกระทำระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และความทรงจำ

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541 : 1) ให้คำจำกัดความว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-Assisted Instruction) เป็นสื่อการศึกษายุคใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากและยังมีข้อได้เปรียบเหนือสื่ออื่นๆ หลายประการ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงกลายเป็นสื่อการศึกษาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากขึ้นในแวดวงของครู อาจารย์และนักศึกษา ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการนำคอมพิวเตอร์ เข้าไปใช้ในการศึกษาโดยการนำเสนอการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่เป็นครูผู้สอนและผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีการทำสื่อประสมหรือมัลติมีเดีย (Multimedia) เข้ามาช่วยในการนำเสนอเนื้อหาบนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำเสนอเนื้อหาของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้มาก ทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากขึ้น

คนส่วนใหญ่มักรู้จักคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในชื่อของ CAI (อ่านว่า ซี-เอ-ไอ) ซึ่งย่อมาจากคำในภาษาอังกฤษว่า Computer-Assisted หรือ Assisted Instruction คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หมายถึงการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสม ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิกราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์ และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด โดยที่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะนำเสนอเนื้อหาที่หน้าจอภาพและมีเป้าหมายในการดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 1)

นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ผู้สอนสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะมีงานหลายชิ้นสนับสนุนว่าผู้เรียนที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนใช้เวลาเพียงสองในสามของผู้เรียนตามปกติ ในขณะที่เดียวกันผู้เรียนสามารถนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนด้วยตนเอง โดยปกติมักมีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ในการศึกษาผู้เรียนที่เรียนอ่อนสามารถใช้ประโยชน์จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนเพิ่มเติมนอกเวลาได้

2.2.2 คุณลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน CAI (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 8)

1. มีสารสนเทศ (Information) เนื้อหาสาระที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ อาจจะเป็นการนำเสนอในลักษณะทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ ทางตรงได้แก่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทตัวต่อตัว ทางอ้อมได้แก่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม

2. สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization) บุคคลแต่ละคนมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ ตามพื้นฐานของแต่ละคน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องได้รับการออกแบบให้มีลักษณะที่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลให้มากที่สุดผู้เรียนต้องสามารถควบคุมเนื้อหาตามที่ตนเองต้องการได้ เช่น การเลือกหัวข้อการเรียน การเข้าหรือการออกจากการเรียนได้ตลอดเวลา และสามารถเลือกเรียนตามความสนใจ หรือความถนัดตามพื้นฐานของตนเอง

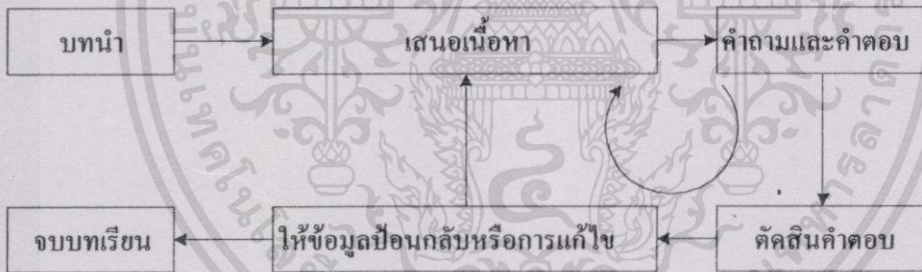
3. มีการโต้ตอบ (Interaction) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องเอื้ออำนวยให้เกิดการตอบโต้ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องและตลอดทั้งบทเรียนต้องมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนและเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้

4. การให้ผลป้อนกลับในทันที (Immediate Feedback) การให้ผลป้อนกลับในทันทีตามแนวคิดของสกินเนอร์ (Skinner) ผลป้อนกลับหรือให้คำตอบถือเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) ทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองได้ ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เมื่อเทียบกับสื่ออื่น ๆ เช่น สิ่งพิมพ์หรือโสตทัศนวัสดุ จะเห็นได้ว่าสื่ออื่น ๆ ไม่มี การให้ผลป้อนกลับโดยทันทีเหมือนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.2.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

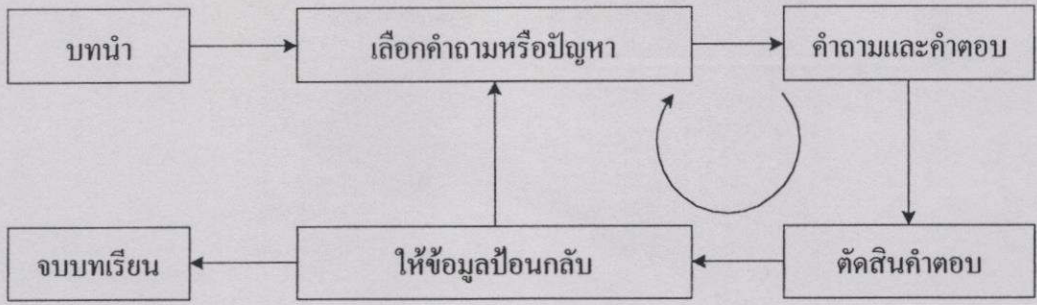
กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 229) ได้แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. การสอน (Tutorial Instruction) บทเรียนจะเสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อย ๆ แก่ผู้เรียนในรูปแบบของข้อความ ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกันแล้วให้ผู้เรียนตอบคำถามเมื่อผู้เรียน ได้ตอบคำถามแล้วบทเรียนจะให้ข้อมูลป้อนกลับว่าถูกหรือผิดทันที ถ้าผู้เรียนตอบผิดซ้ำอีก บทเรียนก็จะเสนอเนื้อหาเพื่อทบทวนให้แก่ผู้เรียนจนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก เมื่อจบบทเรียนจะมีคำถามให้ผู้เรียนประเมินผลการเรียนของตนเองว่าจะเรียนซ้ำหรือเรียนบทเรียนต่อไป ลักษณะของบทเรียนเป็นแบบสาขาเหมาะในการเสนอเนื้อหาที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเพื่อการเรียนรู้ทางด้านกฎเกณฑ์หรือวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ



รูปที่ 2.1 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอน

2. การฝึกหัด (Drills and Practice) บทเรียนจะไม่มี การเสนอเนื้อหา ความรู้ก่อน แต่จะมีการให้คำถามหรือปัญหาที่ได้คัดเลือกไว้แล้ว โดยการนำเสนอคำถามหรือปัญหานั้น เพื่อให้ผู้เรียนตอบและมีการให้คำตอบที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการตรวจสอบยืนยันหรือแก้ไข นักเรียน จะผ่านการตอบคำถามในระดับที่น่าพอใจ ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอดและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดีมาก่อน จึงจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหาได้



รูปที่ 2.2 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนการฝึกหัด

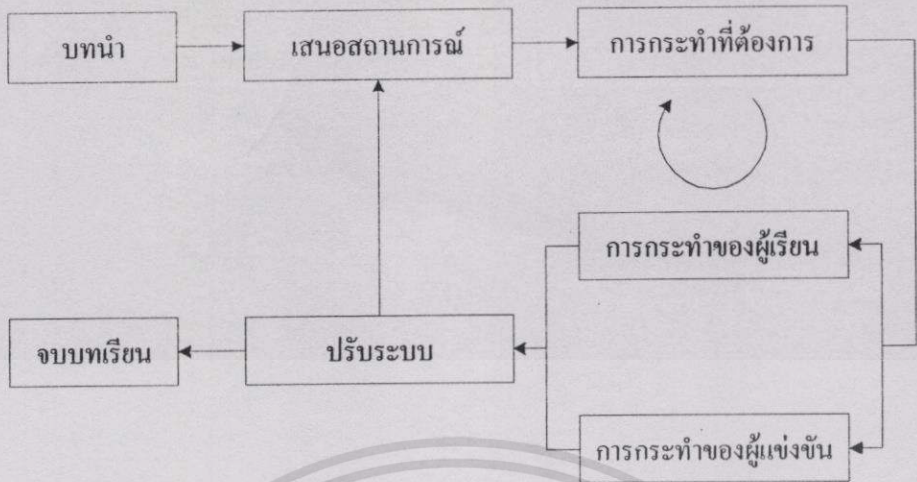
3. การจำลอง (Simulation) บทเรียนจะเสนอการเรียนการสอนซึ่งจำลองความเป็นจริงโดยตัดรายละเอียดต่าง ๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนไม่ต้องเสี่ยงภัยหรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของบทเรียนประกอบด้วย การเสนอความรู้ข้อมูล การแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญและความคล่องแคล่ว โปรแกรมบทเรียนการจำลองมีบทเรียนย่อยแทรกอยู่ด้วยได้แก่โปรแกรมสาธิต โปรแกรมนี้ใช้เป็นการสอนเหมือนกับโปรแกรมการสอนธรรมดาที่เสนอความรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนทำกิจกรรมแต่โปรแกรมสาธิตเป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียน ได้ชมเท่านั้น



รูปที่ 2.3 รูปแบบโปรแกรมบทเรียนจำลอง

4. เกมเพื่อการสอน (Instructional Games) การใช้เกมเพื่อการเรียนการสอนกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมากเนื่องจากสามารถกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ได้โดยง่าย การใช้เกมช่วยให้บรรยากาศในการเรียนรู้ดีขึ้น เพราะผู้เรียนมีการแข่งขันกัน ทำให้ผู้เรียนมีความตื่นตัวอยู่เสมอ รูปแบบโปรแกรมบทเรียนของเกมเพื่อการสอนคล้ายคลึงกับโปรแกรมบทเรียนบทบาทการจำลองแต่แตกต่างกันโดยการเพิ่มบทบาทของผู้เข้าแข่งขันเข้าไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 รูปแบบโปรแกรมเกมเพื่อการสอน

5. การค้นพบ (Discovery) บทเรียนจะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง บทเรียนจะเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูก

6. การแก้ปัญหา (Problem-Solving) บทเรียนแบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ บทเรียนที่ให้ผู้เรียนเขียนเอง และบทเรียนที่มีผู้เขียนไว้แล้วเพื่อช่วยผู้เรียนแก้ปัญหา บทเรียนที่ให้ผู้เรียนเขียนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหา และเขียนโปรแกรมสำหรับการแก้ปัญหาโดยคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวช่วยคิดคำนวณและหาคำตอบที่ถูกต้องให้ ส่วนบทเรียนที่มีผู้เขียนไว้แล้วคอมพิวเตอร์จะคำนวณ ในขณะที่ผู้เรียนจะเป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้นเองเช่น ในการหาพื้นที่ของที่ดินแปลงหนึ่งปัญหาไม่ได้อยู่ที่ว่าผู้เรียนจะคำนวณหาพื้นที่ได้เท่าไร แต่ขึ้นอยู่กับว่าจะจัดการหาพื้นที่ได้อย่างไรเสียก่อน

7. การทดสอบ (Test) การใช้บทเรียนมิใช่เป็นการใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ผู้สอนเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่า ๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียน มาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนซึ่งทำให้สนุกสนานน่าสนใจกว่า

#### 2.2.4 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน

วารินทร์ รัศมีพรหม (2531 : 192) ได้บอกประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนศึกษาบทเรียนได้ตามความช้าเร็วของตนเองทำให้สามารถควบคุมอัตราเร่งของการเรียนได้ด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตอบสนองที่รวดเร็วของคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงที่รวดเร็วด้วย

3. จัดทำโปรแกรมให้มีบรรยากาศที่น่าชื่นชม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนช้าได้

4. สามารถรวมเอาเสียงดนตรี สี สัน กราฟิกเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ดูเหมือนของจริงและน่าเข้าใจในการฝึกปฏิบัติ (Drill) หรือสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี

5. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ทำให้การเรียนแบบเอกคนบุคคลเป็นไปได้อย่างง่ายดายซึ่งครูผู้สอนสามารถออกแบบให้เรียนได้โดยลำพัง

6. ผู้สอนสามารถควบคุมการเรียนของผู้เรียนได้เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียนของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้

7. ความแปลกใหม่ของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มความสนใจและความตั้งใจของผู้เรียนมากขึ้น

8. คอมพิวเตอร์ให้การสอนที่เชื่อถือได้แก่ผู้เรียน โดยไม่เกี่ยวกับผู้สอนแต่อย่างใด

9. CAI จะช่วยให้การเรียนมีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีประสิทธิภาพในแง่ที่ลดเวลาและลดค่าใช้จ่ายลงและประสิทธิผลในแง่ที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย

#### 2.2.5 ข้อพึงระวังในการใช้ CAI (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 14)

1. ต้องมีการวางแผนให้รอบคอบก่อนนำบทเรียน ไปใช้ถ้านักเรียนไม่มีพื้นฐานการใช้โปรแกรมอาจทำให้เกิดผลทางลบได้

2. ต้องเลือกใช้บทเรียน CAI ที่มีมาตรฐานสูงออกแบบตามจิตวิทยาและทฤษฎีการเรียนรู้

3. ต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าของเวลาและค่าใช้จ่าย เพราะการสร้างบทเรียน CAI ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง

#### 2.2.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบบทเรียน CAI (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 51)

##### 1. ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism)

บิดาของทฤษฎีนี้คือ (John B. Watson) เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์เป็นพฤติกรรมแบบแสดงการกระทำ (Operant Conditioning) ซึ่งมีการเสริมแรง (Reinforcement) เป็นตัวการ ทฤษฎีนี้ส่งผลต่อการเรียนการสอนในยุคนั้น ในลักษณะที่การเรียนเป็นชุดของพฤติกรรมซึ่งจะต้องเกิดขึ้นตามลำดับที่แน่ชัด การที่ผู้เรียนจะบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้นั้นจะต้องมีการเรียนตามขั้นตอนเป็นวัตถุประสงค์ ๆ ไป ผลที่ได้จากการเรียนในขั้นแรกที่จะเป็นพื้นฐานของการเรียนในขั้นต่อไป บทเรียน CAI ที่ออกแบบตามแนวทฤษฎีนี้ จะมีลักษณะโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของบทเรียนเป็นแบบเชิงเส้นตรง (Linear) ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการเสนอเนื้อหาที่เหมือนกันและตายตัว บทเรียน CAI จะมีคำถามต่อผู้เรียนสม่ำเสมอถ้าผู้เรียนตอบถูกก็จะได้รับการตอบสนองทางบวกถ้าผู้เรียนตอบผิดก็จะได้รับการตอบสนองทางลบ ผู้เรียนต้องผ่านการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์เสียก่อนจึงสามารถผ่านไปยังเนื้อหาของวัตถุประสงค์ต่อไปได้หากผู้เรียนไม่ผ่านวัตถุประสงค์ บทเรียน CAI จะให้ผู้เรียนกลับไปศึกษาบทเรียนใหม่จนกว่าจะผ่านวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

## 2. ทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitivism)

ทฤษฎีนี้เกิดจากแนวความคิดของชอมสกี (Chomsky) ที่ไม่เห็นด้วยกับสกินเนอร์ (Skinner) ชอมสกีเชื่อว่าพฤติกรรมของมนุษย์เป็นเรื่องของภายในจิตมนุษย์มีความนึกคิด มีอารมณ์ จิตใจและความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป

ทฤษฎีปัญญานิยมนี้ส่งผลต่อการเรียนการสอนที่สำคัญในยุคนั้นทำให้เกิดแนวคิดการออกแบบบทเรียน CAI แบบสาขา (Branching) ของคราวเดอร์ (Crowder) ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองและเลือกลำดับเนื้อหาที่เหมาะสมกับตนเอง โดยเนื้อหาที่จะได้รับการนำเสนอจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ความถนัด และความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ

### 2.2.7 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่อเนื่อง (Connectionism) เอ็ดเวิร์ด แอล. ธรอนไดค์

(Edward L. Thorndike) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันเป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีหลักการว่าการเรียนรู้เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง โดยสิ่งเร้าสิ่งหนึ่ง อาจจะทำให้เกิดการตอบสนองได้หลายทางแต่อินทรีย์จะเลือกการตอบสนองที่พอใจที่สุดไว้เพียงสิ่งเดียว เพื่อใช้ในการตอบสนองครั้งต่อไปหรืออาจกล่าวได้ว่าการเรียนรู้เกิดจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) (มาลินี จุฑารพ. 2537 : 81)

2.2.7.1 กฎแห่งการเรียนรู้ ธรอนไดค์ได้นำผลการทดลองมาตั้งเป็นกฎแห่งการเรียนรู้ (Law of Learning) ที่สำคัญ 3 กฎ คือ

(1) กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) แบ่งเป็น 3 กฎย่อยคือ

1. ถ้าบุคคลพร้อมแล้วได้กระทำ มีหลักการว่าเมื่อบุคคลพร้อมแล้วได้กระทำจะเกิดความพอใจ
2. ถ้าบุคคลพร้อมแล้วไม่ได้กระทำ มีหลักการว่า เมื่อบุคคลพร้อมจะกระทำแล้วไม่ได้กระทำ ก็ย่อมจะเกิดความรำคาญใจ
3. ถ้าบุคคลไม่พร้อมแต่ถูกบังคับให้กระทำก็จะเกิดความรำคาญใจ

(2) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) มีหลักการว่า ถ้าบุคคลได้กระทำหรือฝึกฝนและทบทวนบ่อยๆ ก็จะกระทำได้ดีและเกิดความชำนาญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) กฎแห่งผล (Law of Effect) มีหลักการว่า ถ้าบุคคลได้กระทำสิ่งใดแล้ว ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ก็อยากจะกระทำสิ่งนั้นอีก แต่ถ้ากระทำแล้วไม่ได้ผลดี ก็ไม่อยากจะกระทำอีก

การนำความรู้จากทฤษฎีการเรียนรู้แบบต่อเนื่องไปใช้ในการเรียนการสอน

1. ก่อนจะเริ่มดำเนินการสอน ครูจะต้องเตรียมตัวให้พร้อมและกระตุ้นให้เด็กพร้อมที่จะเรียนเสียก่อน โดยมีการนำเข้าสู่บทเรียนทุกครั้ง
2. มอบหมายงานกิจกรรม แบบฝึกหัด และ การบ้านให้เด็ก ได้ฝึกหัดกระทำเพื่อให้บรรลุตามหลักสูตรที่ว่า ให้คิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น
3. ใช้หลักการให้รางวัลและการลงโทษเพื่อให้เด็กเรียนรู้ว่า “ ทำดีได้ดี ถ้าทำชั่วได้ชั่ว”

#### 2.2.8 ทฤษฎีการเชื่อมโยงของกัทธรี (Guthrie's Contiguity Theory) กัทธรี

(E.R.Guthrie) เป็นนักจิตวิทยาชาวอเมริกันเป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีหลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการกระทำคือมีความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองที่เข้าคู่กันได้ ในลักษณะที่มีการกระทำหรือสัมผัสไม่น้อยกว่าหนึ่งครั้ง (One-Trial Learning) ก็เกิดการเรียนรู้ได้” (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 84)

การนำความรู้จากทฤษฎีการเชื่อมโยงของกัทธรีไปใช้ในการเรียนการสอน

1. ก่อนดำเนินการสอนครูจะต้องจูงใจให้นักเรียนตั้งใจและมีความสนใจที่จะเรียน
2. ดำเนินการสอนตามเนื้อหาสาระให้เด่นชัด เพื่อให้ นักเรียน เรียนรู้ ได้ดี
3. ฝึกให้นักเรียน ได้เรียนรู้ด้วยการกระทำ
4. ก่อนจบบทเรียนควรให้นักเรียน ช่วยกันสรุปบทเรียนให้ถูกต้องด้วย

#### 2.2.9 ทฤษฎีการเรียนรู้ของฮัลล์ (Hull's Systematic Behavior Theory) ฮัลล์(Clark L.

Hull) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน เป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีชื่อเรียกหลายชื่อ ได้แก่ Hull's Reinforcement Theory, Hull's Behavioristic Reinforcement Theory และ Hull's Systematic Behavior Theory ทฤษฎีนี้มีหลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการเสริมแรง การเสริมแรงเป็นการให้รางวัลเพื่อก่อให้เกิดการลดแรงขับหรือลดความต้องการลง ทำให้บุคคล เกิดการเรียนรู้ขึ้น” (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 84)

การเสริมแรงมี 2 ประเภท ได้แก่

1. การเสริมแรงปฐมภูมิ (Primary Reinforcement) คือการเสริมแรงที่จำเป็นต่อร่างกายเช่น การให้อาหาร น้ำ อุณหภูมิที่พอเหมาะ เป็นรางวัลเพื่อสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของร่างกายแก่นักเรียน เป็นต้น

2. การเสริมแรงทุติยภูมิ (Secondary Reinforcement) คือการเสริมแรง

ที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายแต่จำเป็นสำหรับจิตใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำหลักทฤษฎีการเรียนรู้ของฮัลล์ไปใช้ในการเรียนการสอน

1. พยายามจัดการศึกษาโดยคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียน
2. พยายามจัดการศึกษาเพื่อสนองความต้องการของผู้เรียน
3. พยายามสร้างแรงเสริมทุกขั้นตอนของบทเรียน
4. จัดการเรียนการสอนจากง่ายไปหายาก
5. จัดเวลาเรียนให้พอเหมาะแก่วัยของผู้เรียน
6. เปลี่ยนกิจกรรมการสอนเมื่อพบว่าผู้เรียนอ่อนล้าหรือวังวนนอน

#### 2.2.10 แบบทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิก (Classical Conditioning Theory)

Ivan P. Pavlov นักจิตวิทยาชาวรัสเซียเป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีหลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการที่อินทรีย์ได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายๆชนิด โดยที่การตอบสนองอย่างเดียวกันอาจมาจากสิ่งเร้าต่างชนิดกันได้หากมีการวางเงื่อนไขที่แน่นแฟ้นเพียงพอ” (มาลินี จุฑารพ. 2537 : 85)

การนำความรู้จากทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิกไปใช้ในการเรียนการสอน

1. ครูสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนการสอนอันเป็นการวางเงื่อนไขที่ดี
2. ครูวางตัวให้เด็กศรัทธาและรัก เพื่อเด็กจะได้รักวิชาที่ครูสอนด้วย
3. ครูจัดบทเรียนให้น่าสนใจและเกิดความสนุกสนานได้ทั้งความรู้และความ
4. ครูสร้างความเป็นกันเองกับเด็กและให้ความอบอุ่นกับเด็ก
5. ครูจัดสิ่งแวดล้อมที่ดีในโรงเรียนเพื่อให้เด็กรักโรงเรียน
6. ครูจัดหาและใช้สื่อการสอนที่ดีเพื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ
7. ครูใช้หลักการลบพฤติกรรมที่ไม่ดีในตัวเด็ก ไม่ให้ความสนใจ

สนุกสนาน

ในพฤติกรรมที่ไม่ดี ในที่สุดพฤติกรรมดังกล่าวจะหายไป

8. ครูนำกฎพฤติกรรมกรรมแผ่ขยายมาใช้คือจัดบทเรียนให้คล้ายคลึงหรือสัมพันธ์กับบทเรียนที่เด็กเรียนรู้แล้ว
9. ครูนำกฎพฤติกรรมกรรมฟื้นตัวมาใช้คือให้นักเรียนได้ทบทวนบทเรียนที่ได้เรียนรู้ไปแล้วจะได้เรียนรู้เหมือนเดิม
10. ครูนำกฎพฤติกรรมกรรมจำแนกมาใช้คือให้นักเรียนได้รู้จักวิธีการจำแนกหรือวิเคราะห์บุคคล วัตถุ สิ่งของ ทั้งในด้านดีและด้านไม่ดี
11. ครูใช้ทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบคลาสสิกในการเปลี่ยนเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาต่างๆ ของนักเรียน

#### 2.2.11 แบบทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบการกระทำ (Operant Conditioning Theory)

เบอร์ฮัส เอฟ. สกินเนอร์ (Burrhus F. Skinner) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด

เป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีหลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการที่บุคคลได้มีการกระทำแล้วได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเสริมแรง” เช่น นักเรียนทำงานเรียบร้อยแล้วได้รับคำชมเชยจากครูทำให้เกิดความภาคภูมิใจ  
อยากจะทำให้ดียิ่งขึ้น เป็นต้น (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 88)

การนำความรู้จากทฤษฎีการวางเงื่อนไขแบบการกระทำไปใช้ในการเรียนการสอน

1. สร้างนิสัยที่ดีให้กับเด็ก เพื่อการสร้างคุณภาพที่ดีแห่งชีวิต
2. ลบนิสัยที่ไม่ดีออกจากตัวเด็กโดยวิธีการปรับพฤติกรรม (Behavior Modification)
3. ปลุกฝังค่านิยมพื้นฐานให้แก่เด็ก
4. ให้การเสริมแรงแก่เด็กที่กระทำความดี
5. จัดประกวดเด็กดีเด่นในด้านต่างๆ และให้รางวัลตามความเหมาะสม
6. นำมาใช้สร้างบทเรียนสำเร็จรูปซึ่งสกินเนอร์ได้ทดลองสร้างบทเรียนสำเร็จ

รูปเป็นคนแรก

7. นำมาใช้ในการสอนวิธีการพูด (Verbal Behavior) เป็นการให้แรงเสริมและ

กำลังใจในการฝึกพูด

2.2.12 ทฤษฎีสนาม (Field Theory or Gestalt Psychology) Wolfgang Kohler. Max

Wertheimer. Kurt Koffka นักจิตวิทยาชาวเยอรมันเป็นผู้ก่อตั้งทฤษฎีนี้ ซึ่งมีหลักการว่า “ในการ  
เรียนรู้หรือในการแก้ปัญหาบุคคลจะพิจารณาสิ่งเร้าหรือโครงสร้างของปัญหาโดยส่วนรวมทุกแง่  
ทุกมุมเสียก่อน จากนั้นจะแยกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยๆ เหล่านั้น จน  
ในที่สุดจะเกิดความคิดหรือเห็นช่องทางในการแก้ปัญหานั้น ได้โดยฉับพลัน จะเกิดการเรียนรู้ด้วยความ  
เข้าใจอย่างแจ่มแจ้งหรือเกิดการหยั่งเห็นหรือที่เรียกว่า พิบัติญาณ (Insight)” ทฤษฎีสนามมีชื่อ  
เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าทฤษฎีแห่งความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Theory) โดยที่ทฤษฎีนี้เกิดจากการ  
ทดลองของ โคห์เลอร์และคณะจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า จิตวิทยาเกสตัลท์ (Gestalt Psychology)  
Gestalt แปลว่า ลักษณะส่วนรวม (as a whole) (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 89)

การนำความรู้จากทฤษฎีสนามไปใช้ในการเรียนการสอน

1. ก่อนดำเนินการสอนควรชี้ให้เห็นถึงจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของ  
บทเรียน
2. อธิบายให้นักเรียนเห็นภาพรวมๆหรือ โครงสร้างของบทเรียนก่อนลงมือ  
สอน
3. แนะนำกิจกรรมที่นักเรียนควรฝึกปฏิบัติเพื่อนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจ  
ในบทเรียน
4. สอนให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเองอันจะนำไปสู่การคิดเป็นทำเป็น และ  
แก้ปัญหาเป็น

แก้ปัญหาเป็น

2.2.13 ทฤษฎีการเรียนรู้ของเลวิน (Lewin's Field Theory) เลวิน (Kurt Lewin, 1947) นักจิตวิทยาชาวอเมริกัน เป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ซึ่งมี หลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการเปลี่ยนแปลง ความรู้ความเข้าใจเดิมหรือเกิดจากการกระทำซ้ำๆหรือ ได้มีการแก้ปัญหาหรือมีการเปลี่ยนการจูงใจ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจอย่างแจ่มแจ้ง” (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 90)

การนำหลักทฤษฎีการเรียนรู้ของเลวินไปใช้ในการเรียนการสอน

1. ครูใช้วิธีการกลุ่มสัมพันธ์ เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครูจะได้เกิด การเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ
2. ครูจัดให้มีศูนย์การเรียนในห้องเรียนมุ่งเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อให้ นักเรียนเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ
3. ให้นักเรียนตั้งเป้าหมายชีวิต เป้าหมายแต่ละวิชาและในแต่ละบทเรียนเพื่อ ให้การเรียนและการดำเนินชีวิตมีเป้าหมายที่ชัดเจน
4. ใช้วิธีการจูงใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตอบสนองอย่างเข้มข้นต่อบทเรียน
5. ฝึกให้นักเรียนรู้จักแก้ปัญหาในเกมส์ง่ายๆ หรือปัญหาต่างๆ และยากขึ้น

ตามลำดับ

2.2.14 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยใช้เครื่องหมายของทอลแมน (Tolman's Sign Learning Theory) ทอลแมน (Edward C. Tolman, 1959) นักจิตวิทยาชาวอเมริกันเป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ซึ่งมี หลักการว่า “การเรียนรู้เกิดจากการที่บุคคลตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยใช้เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ เป็นแนวทางนำไปสู่เป้าหมายทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจ” (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 91)

การนำหลักทฤษฎีการเรียนรู้โดยใช้เครื่องหมายของทอลแมนไปใช้ในการเรียนการสอน

1. จัดการเรียนการสอนให้นักเรียน ได้มีส่วนร่วมในการคิดคือเปิด โอกาสให้ นักเรียนได้พูดและแสดงความคิดเห็นเพื่อส่งเสริมการคิดเป็น
2. จัดแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ หรือศูนย์การเรียนมอบงานหรือกิจกรรม ให้ทุกกลุ่มได้กระทำให้สมาชิก ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริม การคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น
3. จัดการเรียนการสอน โดยให้นักเรียน ได้อภิปรายในชั้นเรียนและหรือใช้ กิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครู กับเพื่อนๆ เพื่อให้เข้าใจบทเรียน ได้ดียิ่งขึ้น

## 2.3 การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.3.1 การออกแบบบทเรียน CAI (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 31)

#### 2.3.1.1 ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

ในขั้นตอนการเตรียม ผู้ออกแบบจะต้องเตรียมความพร้อมในเรื่องของความชัดเจนในการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์รวมทั้งเตรียมการในการรวบรวมข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (Determine Goals and Objectives)

การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของบทเรียนคือการตั้งเป้าหมายว่าผู้เรียนสามารถใช้บทเรียนนี้เพื่อศึกษาเรื่องใดและในลักษณะใดเช่นเป็นบทเรียนหลักเป็นบทเรียนเสริม เป็นแบบฝึกหัดเพิ่มเติมหรือเป็นแบบทดสอบ รวมทั้งการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนว่าเมื่อผู้เรียนเรียนบทเรียนจบแล้วจะสามารถทำอะไรได้บ้างเช่น ผู้เรียนจะสามารถยกตัวอย่างได้หรืออธิบายได้

นอกจากนี้ก่อนที่จะกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการเรียนได้นั้นผู้ออกแบบควรที่จะทราบพื้นฐานของผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเสียก่อน เพราะความรู้พื้นฐานของผู้เรียนมีอิทธิพลต่อเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของบทเรียน ดังนั้นในกรณีที่ไม่มีข้อมูลความรู้พื้นฐานของผู้เรียนขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายนี้อาจครอบคลุมถึงการทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียนของผู้เรียนหรือรวมไปถึงข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย

#### 2. รวบรวมข้อมูล (Collect Resources)

หมายถึงการเตรียมพร้อมทางด้านทรัพยากรสารสนเทศทั้งหมดที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนเนื้อหา การพัฒนาและออกแบบบทเรียน และสื่อในการนำเสนอบทเรียน ทรัพยากรในส่วนเนื้อหาได้แก่ตำรา หนังสือวารสารทางวิชาการ หนังสืออ้างอิง สไลด์ภาพต่างๆและที่สำคัญก็คือผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ส่วนทรัพยากรของการออกแบบบทเรียนได้แก่หนังสือออกแบบบทเรียน กระดาษสำหรับวาดสตอรี่บอร์ด สื่อสำหรับทำกราฟิก โปรแกรมประมวลผลคำและผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบบทเรียน ทรัพยากรในส่วนของสื่อที่ใช้ในการนำเสนอได้แก่คอมพิวเตอร์ คู่มือต่างๆทั้งของคอมพิวเตอร์และโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ต้องการใช้และผู้เชี่ยวชาญการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 3. เรียนรู้เนื้อหา (Learn Content)

ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหากเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบทเรียนหรือหากเป็นผู้ออกแบบบทเรียนก็จะต้องหาความรู้ด้านเนื้อหาควบคู่กันไป สำหรับผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว การอ่านหนังสือหรือเอกสารอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของบทเรียน การเรียนรู้เนื้อหาเป็นสิ่งที่สมควรอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบเนื่องจากการไม่รู้เนื้อหาจะทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบบทเรียนผู้ออกแบบจะไม่สามารถออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพได้ ความเข้าใจเนื้อหาในระดับผิวเผินจะส่งผลให้การออกแบบบทเรียนไม่สามารถทำทนายผู้เรียนในทางสร้างสรรค์ได้

#### 2.3.1.2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)

เป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมถึงการทอนความคิดการวิเคราะห์งานและแนวความคิดการออกแบบบทเรียนขั้นแรกและการประเมินและการแก้ไขส่วนออกแบบมีรายละเอียดดังนี้

##### 1. ทอนความคิด (Elimination of Ideas)

หลังจากการระดมสมองแล้วนักออกแบบจะนำความคิดทั้งหมดมาประเมินดูว่าข้อคิดใดที่น่าสนใจ การทอนความคิดเริ่มจากการตัดเอาข้อคิดที่ไม่อาจปฏิบัติได้เนื่องจากเหตุผลใดก็ตามหรือข้อคิดที่ซ้ำซ้อนกันออกไปและรวบรวมความคิดที่น่าสนใจที่เหลืออยู่มาพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง อาจรวมไปถึงการชักถาม

##### 2. วิเคราะห์งานและแนวคิด (Task and Concept Analysis)

การวิเคราะห์งานเป็นการพยายามในการวิเคราะห์ขั้นตอนเนื้อหาที่ผู้เรียนจะต้องศึกษาจนทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ต้องการ ส่วนการวิเคราะห์แนวคิดคือขั้นตอนในการวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนและเนื้อหาที่มีความชัดเจนเท่านั้น การคิดวิเคราะห์เนื้อหายังละเอียดรวมไปถึงการนำเนื้อหาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาอย่างละเอียดและตัดเนื้อหาในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือทำให้ผู้เรียนสับสนออกไป ดังนั้นการวิเคราะห์งานและการวิเคราะห์แนวคิดถือเป็นการคิดวิเคราะห์ที่สำคัญมากทั้งนี้เพื่อหาหลักการเรียนรู้ที่เหมาะสมของเนื้อหานั้นๆเพื่อให้ได้มาซึ่งแผนงานสำหรับการออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ

##### 3. การออกแบบบทเรียนขั้นแรก (Preliminary lesson

Description)

หลังจากที่มีการวิเคราะห์งานและแนวคิด ผู้ออกแบบจะต้องนำงานและแนวคิดทั้งหลายมาผสมผสานให้กลมกลืนและออกแบบให้เป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์การเรียนการสอนจะประกอบไปด้วยการกำหนดประเภทของ การเรียนรู้ ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การกำหนดขั้นตอนและทักษะที่จำเป็น การกำหนดปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงถึง การออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละประเภทและการจัดระบบความคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งการออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้จัดทำเห็นไปจึงประสงค์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบลำดับของบทเรียนที่ดีที่สุด การวิเคราะห์การเรียนการสอนนี้ นับว่ามีความสำคัญมากที่สุด สำหรับการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากบทเรียนจะมีรูปร่างหน้าตาอย่างไรจะเป็นงานที่ได้รับความสำเร็จหรือล้มเหลวสำหรับผู้เรียนก็ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ในขั้นนี้ ผู้ออกแบบควรใช้เวลาในส่วนนี้ให้มากที่สุด โดยเฉพาะในการสร้างสรรค์งานหรือกิจกรรมต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์ด้วย โดยการสร้างสรรค์กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนและสามารถทำให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อการเรียนได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังต้องใช้เวลาให้มากในส่วนของการออกแบบลำดับของการนำเสนอของบทเรียนเพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนได้จริง

#### 4. ประเมินและแก้ไขการออกแบบ (Evaluation and revision of the design)

การประเมินและแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบบทเรียนอย่างมีระบบ การประเมินนั้นเป็นสิ่งที่จะต้องทำเป็นระยะๆ ระหว่างการออกแบบ ไม่ใช่หลังจากการออกแบบโปรแกรมเสร็จแล้วเท่านั้น หลังจากการออกแบบแล้วจึงควรมีการประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้เรียนเสียก่อน การประเมินนี้อาจหมายถึงการทดสอบว่าผู้เรียนจะสามารถบรรลุเป้าหมายได้หรือไม่ การรวบรวมทรัพยากรทางด้านข้อมูลต่างๆ มากขึ้น การหาความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเพิ่มขึ้น การทอนความคิดออกไปอีก การปรับแก้การวิเคราะห์งานหรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังจากการแก้ไขแล้วอาจจะย้อนกลับไปประเมินอีกจนกระทั่งได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพ

#### 5. ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)

ผังงานคือชุดของสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งอธิบายขั้นตอนการทำงาน ของโปรแกรม การเขียนผังงานเป็นสิ่งสำคัญเพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอและปฏิสัมพันธ์นี้จะสามารถถูกถ่ายทอดออกมาได้อย่างชัดเจนที่สุดในรูปของสัญลักษณ์ซึ่งแสดงกรอบการตัดสินใจและกรอบเหตุการณ์ การเขียนผังงานจะไม่นำเสนอรายละเอียดหน้าจอเหมือนการสร้างสตอรี่บอร์ด การเขียนผังงานจะนำเสนอลำดับขั้นตอนโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผังงานทำหน้าที่เสนอข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมเช่นอะไรจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนตอบคำถามผิด หรือเมื่อไรที่จะมีการจบบทเรียน การเขียนผังงานมีหลายระดับแตกต่างกันไปแล้วแต่ความละเอียดของแต่ละผังงาน การเขียนผังงานนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของบทเรียนด้วยสำหรับบทเรียนที่ไม่ซับซ้อนเช่นประเภทคิวเตอร์ประเภทแบบฝึกหัดแบบทดสอบควรที่จะใช้ผังงานในลักษณะธรรมดาซึ่งไม่ต้องลงรายละเอียดมากนัก โดยให้แสดงภาพรวมและลำดับของบทเรียนเท่าที่จำเป็น

### 2.3.1.3 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (Create Storyboard)

การสร้างสตอรี่บอร์ดเป็นขั้นตอนของการเตรียมการนำเสนอข้อความ ภาพรวมทั้งสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆบนกระดาน เพื่อให้การนำเสนอต่างๆเป็นไปอย่างเหมาะสมบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป ขณะที่ผังงานนำเสนอลำดับและขั้นตอนของการตัดสินใจ สตอรี่บอร์ดนำเสนอเนื้อหาและลักษณะการนำเสนอ ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ดรวมถึง การเขียนสคริปต์ (เนื้อหาข้อความในบทเรียน) ที่ผู้เรียนจะได้เห็นบนหน้าจอซึ่งได้แก่ เนื้อหา ข้อมูล คำถาม ผลป้อนกลับ คำแนะนำ คำชี้แจง ข้อความเรียกความสนใจ ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

### 2.3.1.4 ขั้นตอนการสร้าง/เขียน โปรแกรม (Program Lesson)

ขั้นตอนการสร้าง/เขียน โปรแกรมเป็นกระบวนการเปลี่ยนสตอรี่บอร์ดให้กลายเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในปัจจุบันการเขียน โปรแกรมอาจหมายถึง โปรแกรมช่วยสร้าง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ออกแบบจะต้องรู้จักเลือก โปรแกรมที่เหมาะสมตรงกับความต้องการ

### 2.3.1.5 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (Produce Supporting Materials)

เอกสารประกอบบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งเอกสารประกอบบทเรียน อาจแบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ คู่มือการใช้ของผู้เรียน คู่มือการใช้ของผู้สอน คู่มือสำหรับแก้ปัญหา เทคนิคต่างๆและเอกสารประกอบเพิ่มเติมต่างๆไปเช่น ใบงาน ผู้เรียนและผู้สอนมีความต้องการแตกต่างกันไป ดังนั้นคู่มือผู้เรียนและผู้สอนต้องไม่เหมือนกัน ผู้สอนอาจต้องการข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้งโปรแกรม การเข้าไปดูข้อมูลผู้เรียนและการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบหลักสูตร หรือข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจว่าจะใช้โปรแกรมนั้นหรือไม่และใช้อย่างไร ผู้เรียนอาจต้องการข้อมูลในการจัดบทเรียนและการสืบไปในบทเรียน คู่มือปัญหาเทคนิคก็มีความจำเป็นหากการติดตั้งบทเรียนมีความสลับซับซ้อนหรือต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นๆเสริม เอกสารเพิ่มเติมประกอบ ได้แก่ แผ่นภาพ ข้อสอบ ภาพประกอบหรือเอกสารที่ใช้ประกอบการเรียนต่างๆ

### 2.3.1.6 ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluate and Revise)

ในขั้นสุดท้ายบทเรียนและเอกสารประกอบทั้งหมดควรที่จะได้รับการประเมิน โดยเฉพาะการประเมินในส่วนของการนำเสนอและการทำงานของบทเรียน ในส่วนของการนำเสนอผู้ที่ทำการประเมินก็คือผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบมาก่อนในการประเมินการทำงานของบทเรียนนั้นผู้ออกแบบควรที่จะสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนหลังการใช้บทเรียน นอกจากนี้ยังสามารถทดสอบความรู้ผู้เรียนหลังจากที่ทำการทดลองเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เรียนต้องมาจากกลุ่มผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมาย ขั้นตอนนี้อาจครอบคลุมการทดสอบนำร่องและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 7 ขั้นนี้ถือเป็นหลักเกณฑ์ซึ่งมีความยืดหยุ่น ได้ถึงแม้ว่าการออกแบบบทเรียนตามลำดับขั้นตอนเป็นสิ่งสำคัญแต่ในบางโอกาสแล้วการคัดแปลงขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็เป็นสิ่งจำเป็นเช่นในบางครั้งผู้ออกแบบอาจต้องทำการรวบรวมข้อมูลเนื้อหาต่างๆ ก่อนที่จะตั้งเป้าหมายได้ นอกจากนี้การออกแบบบทเรียนไม่ได้เป็นลักษณะเชิงเส้นตรง ผู้ประเมินสามารถกลับขั้นตอนได้และหลังจากการประเมินในแต่ละช่วงแล้วผู้ออกแบบสามารถย้อนกลับไปแก้ไขในส่วนต่างๆ ได้ตามความจำเป็น

### 2.3.2 ขั้นตอนการออกแบบการสอน CAI (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 41)

ขั้นตอนการสอนประกอบด้วยการสอน 9 ขั้นตอนในการสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ภายในของผู้เรียน ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ขั้นนี้ไม่ได้ออกแบบมาเฉพาะเพื่อการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเท่านั้นแต่กระบวนการสอนทั้ง 9 ขั้นเป็นขั้นตอนการสอนที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในห้องเรียนปกติประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

#### 2.3.2.1 ดึงดูดความสนใจ

การดึงดูดความสนใจของผู้เรียนเพื่อเป็นการกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจที่จะเรียน ผู้เรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนสูงย่อมจะเรียนได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีแรงจูงใจน้อย ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มหน้านำเรื่อง (Title Page) ซึ่งมีการใช้ภาพสีหรือภาพเคลื่อนไหวต่างๆ เพื่อดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน โดยภาพสีหรือภาพเคลื่อนไหวนี้จะต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียนที่นิยามกันก็คือการแสดงชื่อของบทเรียน ชื่อผู้สร้างบทเรียน แนะนำตัวเรื่องในบทเรียน หรือแนะนำเนื้อหาทั่วไปในบทเรียน การใช้มัลติมีเดียในการช่วยเร้าความสนใจเป็นสิ่งสำคัญแต่ถ้าหากใช้มากเกินไปอาจก่อให้เกิดผลในทางตรงกันข้ามได้ นอกจากนี้การใช้ภาพเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างนานทำให้ผู้ใช้รำคาญได้ หลังจากการเข้าไปใช้บทเรียนสัก 2-3 ครั้ง ผู้ออกแบบควรมีทางเลือกให้ผู้ใช้ในการข้ามหรือหยุดการใช้ภาพเคลื่อนไหวไว้ด้วย

#### 2.3.2.2 บอกวัตถุประสงค์

การบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียนโดยรวมหรือสิ่งต่างๆ ที่ผู้เรียนจะสามารถทำได้หลังจากที่เรียนจบบทเรียน การบอกวัตถุประสงค์นี้อาจอยู่ในรูปของวัตถุประสงค์กว้างๆ จนถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญช่วยให้ผู้เรียนทำความเข้าใจเนื้อหาได้ดีและเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียน การบอกวัตถุประสงค์ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรที่จะสั้น กระชับได้ใจความและข้อความซึ่งเหมาะสมกับระดับของกลุ่มเป้าหมาย

#### 2.3.2.3 ทวนความรู้เดิม

การทบทวนความรู้เดิมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้เนื่องจาก

ไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นได้โดยปราศจากการรับรู้ การรับรู้ข้อมูลเป็นการสร้างความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม การปูความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่ให้กับผู้เรียนจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในการที่จะทราบว่าผู้เรียนมีพื้นฐานที่จำเป็นในการรับความรู้ใหม่มาก่อนหรือไม่จำเป็นต้องมีการประเมินความรู้เดิมการประเมินความรู้ของผู้เรียนนอกจากจะเป็นการทดสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นของผู้เรียนแล้วยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการระลึกถึงความรู้เก่าเข้ากับความรู้ใหม่ด้วย หากประเมินแล้วพบว่าผู้เรียนขาดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเราต้องจัดความรู้พื้นฐานให้แก่ผู้เรียนด้วย ถ้าหากประเมินแล้วนักเรียนมีความรู้ในส่วนหนึ่งของเนื้อหาใหม่แล้วก็อาจให้ผู้เรียนข้ามไปเรียนบทเรียนอื่นๆต่อไป ผู้ออกแบบควรใช้เวลาให้มากในการพิจารณาเนื้อหาของบทเรียน

#### 2.3.2.4 การเสนอเนื้อหาใหม่

การนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ตัวกระตุ้นที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาใหม่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสอนเพื่อช่วยให้การรับรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รูปแบบในการนำเสนอเนื้อหาที่มีหลายลักษณะเช่น ใช้ข้อความ ภาพนิ่ง ตารางข้อมูล กราฟ แผนภาพ กราฟิก ไปจนถึงการใช้ภาพเคลื่อนไหว การนำเสนอด้วยมัลติมีเดียจะเป็นการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากเพราะนอกจากจะเร้าความสนใจของผู้เรียนแล้วยังช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้นด้วย ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและมีความคงทนในการจำมากขึ้นด้วย ในการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะของมัลติมีเดียควรมีการเลือกใช้อย่างเหมาะสมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพรวมทั้งควรที่จะคำนึงถึงลักษณะและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียนที่กลุ่มเป้าหมายเป็นปัจจัยสำคัญ

#### 2.3.2.5 ชี้นำทางการเรียนรู้

ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนตามปกติเราจะสังเกตได้ว่าครูผู้สอนจะไม่บอกคำตอบหรือนำเสนอแนวคิดโดยตรงแก่ผู้เรียน ครูผู้สอนจะใช้การสอนแบบค้นพบหรือการสอนแบบอุปมาเช่น การยกตัวอย่างหรือตั้งคำถามชี้แนะกว้างๆ และเคลบลงไปเรื่อยๆ เพื่อให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบหรือค้นพบแนวคิดนั้นได้ด้วยตนเอง การสอนแบบค้นพบและการสอนแบบอุปมานี้ถือว่าการชี้นำทางการเรียนรู้ การชี้นำทางการเรียนรู้แก่ผู้เรียนจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อหาและความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน ถ้าหากผู้เรียนมีประสิทธิภาพทางการอ่านต่ำ การใช้ภาพและเสียงในการชี้นำทางจะเหมาะสมกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว

สำหรับการชี้นำทางในการเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้ออกแบบควรที่จะใช้เวลาในการสร้างสรรค์เทคนิคเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเองควรให้ผู้เรียนมีการตอบโต้กับตัวอย่างนั้นๆ จนผู้เรียนสามารถค้นพบแนวคิดด้วยตนเองก่อนที่จะมีการสรุปแนวคิดให้กับผู้เรียนอีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำในลักษณะของคำชี้แจงเกี่ยวกับลำดับของการเรียนรู้ที่ผู้ออกแบบคิดว่าดีที่สุดสำหรับผู้เรียนหรือเป็นคำแนะนำในลักษณะของคำชี้แจงในการใช้บทเรียน การให้คำแนะนำในการใช้บทเรียนนี้ถือว่าเป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเนื่องจากผู้ใช้บทเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของคำแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อการสืบค้นไปในบทเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้พัฒนาบทเรียนจึงควรจัดให้มีการแนะนำในการใช้บทเรียนเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลคำแนะนำได้โดยสะดวก

### 2.3.2.6 กระตุ้นการตอบสนอง

การกระตุ้นการตอบสนองจากผู้เรียนเป็นการอนุญาตให้ผู้สอนหรือครู ได้มีโอกาสทดสอบว่าผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ตนกำลังสอนหรือไม่และผู้เรียนก็จะมีโอกาสได้ทดสอบความเข้าใจของตนในเนื้อหาที่กำลังศึกษาอยู่ สำหรับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นการกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองมักออกมาในรูปของกิจกรรมต่างๆที่ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการคิดและการปฏิบัติในเชิงโต้ตอบโดยมีวัตถุประสงค์หลักในการให้ผู้เรียนได้แสดงถึงความเข้าใจในสิ่งที่กำลังเรียน ผู้ออกแบบจึงควรจัดให้มีกิจกรรมที่สร้างสรรค์ต่างๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเพื่อให้เกิดการตอบสนองจากผู้เรียน

### 2.3.2.7 ให้ผลป้อนกลับ

การให้ผลป้อนกลับหรือการให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้เรียนเกี่ยวกับความถูกต้องและระดับความถูกต้องของคำตอบนั้นๆ การให้ผลป้อนกลับถือว่าเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่งซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ในตัวผู้เรียน การให้ผลป้อนกลับนอกจากจะทำให้ผู้เรียนทราบว่าสิ่งที่ตนเข้าใจนั้นถูกต้องเพียงใดแล้วยังทำให้เกิดแรงจูงใจอีกด้วย เราสามารถแบ่งผลป้อนกลับได้เป็น 4 ประเภทดังนี้

1. แบบไม่เคลื่อนไหว (Passive Feedback) หมายถึงการเสริมแรงด้วยการแสดงคำหรือข้อความว่า ถูกต้อง ผิด ข้อความว่าตอบอีกครั้งและคำเฉลยที่บอกเป็นนัย
2. แบบเคลื่อนไหว (Active Feedback) หมายถึงการเสริมแรงด้วยการแสดงภาพหรือกราฟิก เช่น ภาพหน้ายิ้ม หน้าเสียใจซึ่งส่วนใหญ่แล้วมักออกแบบให้มีลักษณะเคลื่อนไหวได้นอกจากนั้นยังครอบคลุมถึงการใช้อาพอริบายคำตอบของผู้เรียนซึ่งในบางครั้งการใช้ข้อความอธิบายอาจไม่ชัดเจนพอ
3. แบบโต้ตอบ (Interactive Feedback) หมายถึงการเสริมแรงด้วยการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมเชิงโต้ตอบกับบทเรียนซึ่งกิจกรรมนั้นๆ ไม่ใช่เนื้อหาโดยตรง เช่น การเล่นเกมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเป็นต้น
4. แบบทำเครื่องหมาย (Markup Feedback) หมายถึงการทำเครื่องหมายบนคำตอบของผู้เรียน เมื่อคำตอบของผู้เรียนถูกแก้เพียงบางส่วนซึ่งเครื่องหมายมักอยู่ในรูปของการขีดเส้นใต้ การใช้สีที่แตกต่างกัน การทำเครื่องหมายนี้จำกัดเฉพาะข้อความถามประเภทเติมคำหรือเติมข้อความให้สมบูรณ์

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งผลป้อนกลับตามธรรมชาติของเนื้อหาเป็น 2 ลักษณะ

กว้างๆได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1. ผลป้อนกลับพร้อมคำอธิบาย (Constructive feedback)

หมายถึงผลป้อนกลับซึ่งช่วยให้คำอธิบายแก่ผู้เรียนว่าผู้เรียนทำถูกหรือผิด ถูกและผิดเพราะอะไร ซึ่งข้อมูลจากผลการป้อนกลับอาจอยู่ในลักษณะของการชี้ข้อผิดพลาดจากคำตอบของผู้เรียนหรืออาจเป็นการบอกใบ้ให้แก่ผู้เรียนในการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ผลป้อนกลับในลักษณะนี้นอกจากจะเป็นการเสริมแรงแล้วยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนในการพยายามคิดหรือสร้างคำตอบที่ถูกต้องในการพยายามครั้งต่อไปอีกด้วย

### 2. ผลป้อนกลับแบบไม่มีคำอธิบาย (Non-constructive feedback)

หมายถึงผลป้อนกลับซึ่งไม่ได้นำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมให้แก่ผู้เรียนนอกจากบอกว่าข้อมูลที่ผู้เรียนเลือกนั้นถูกหรือผิด

#### 2.3.2.8 ทดสอบความรู้

การทดสอบความรู้ (Posttest) เป็นการประเมินว่าผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามที่ได้เราได้ตั้งเป้าหมายหรือไม่ การทดสอบความรู้จะเป็นการทดสอบหลังจากผู้เรียนได้เรียนจบวัตถุประสงค์หนึ่งซึ่งอาจเป็นช่วงระหว่างบทเรียนหรืออาจเป็นการทดสอบหลังจากเรียนจบทั้งบทแล้วก็ได้ การทดสอบความรู้นั้นเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองแล้วผู้สอนก็ยังนำผลการประเมินผู้เรียนว่าผู้เรียนได้รับความรู้และความเข้าใจเพียงพอที่จะผ่านไปศึกษาบทเรียนต่อไปหรือไม่ ผู้ออกแบบบทเรียนควรใช้เวลาในการออกแบบการทดสอบความรู้ให้มากเพื่อจะเป็นการทดสอบความรู้ที่เชื่อถือได้

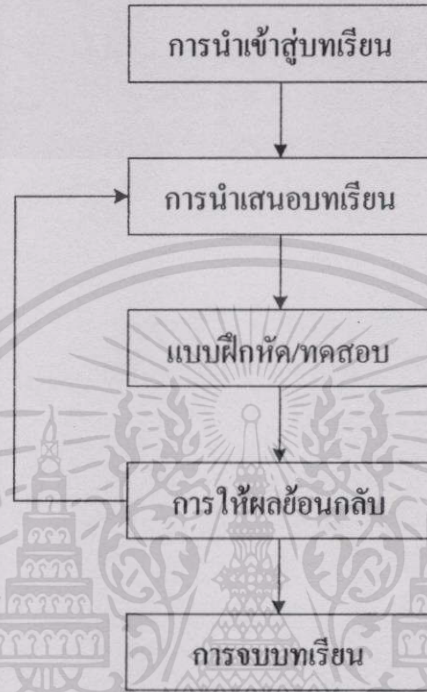
#### 2.3.2.9 การจำและนำไปใช้

สิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจำข้อมูลความรู้ก็คือการทำให้เกิดบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียน หมายความว่าเราต้องทำให้ผู้เรียนตระหนักในข้อมูลความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้ไปนั้นมีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่นักเรียนมีอยู่แล้ว บทเรียนจะต้องมีกิจกรรมใหม่ๆ และหลากหลายไว้ให้ผู้เรียนและกิจกรรมต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่เพิ่งเรียนมาแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรที่จะเสนอการสรุปแนวคิดที่สำคัญซึ่งครอบคลุมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลความรู้ใหม่กับข้อมูลความรู้เดิมของผู้เรียนรวมทั้งยกตัวอย่างสถานการณ์อื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไปจากตัวอย่างที่ใช้ในการเรียนด้วย

#### 2.3.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 71)

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (Tutorial) เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับความนิยมในการสร้างมากที่สุดประเภทหนึ่งคำว่าติวเตอร์เป็นคำทับศัพท์มาจากคำว่า Tutor ในภาษาอังกฤษซึ่งหมายถึงครูพิเศษ ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบดูแลการศึกษาของผู้เรียนโดยใกล้ชิด

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทตัวต่อตัวส่วนใหญ่จะเริ่มด้วยการนำเสนอเนื้อหาความรู้แบบต่าง ๆ หรือการนำเสนอกิจกรรมต่าง ๆ ให้ผู้เรียนทดลองกระทำจนกระทั่งเกิดการเรียนรู้และมีแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดเพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียน



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทั่วไปและการสืบไปในคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทตัวต่อตัว

### 2.3.3.1 การนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนประกอบด้วย 3 ขั้นตอนแรกของกระบวนการสอนซึ่งประกอบด้วย

1. การเร้าความสนใจอยู่ในรูปของส่วนหน้านำเรื่อง (Title Page) ซึ่งบอกชื่อเรื่องของบทเรียน ผู้สร้างบทเรียนและการแนะนำเนื้อหาโดยทั่วไปในบทเรียน
2. การบอกวัตถุประสงค์ซึ่งอาจนำเสนอในหน้าเดียวกันกับหน้านำเรื่องหรือแยกออกมาก็ได้
3. การทบทวนความรู้เดิมซึ่งอยู่ในรูปของการให้ความรู้พื้นฐานแก่ผู้เรียนก่อนการเรียนรู้ (Background Knowledge) และการทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pretest)

นอกจากนี้ในส่วนของการนำเข้าสู่บทเรียนอาจประกอบด้วยการศึกษาแนวทางการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนมี 2 ลักษณะ คือ

1. คำชี้แจงในการสืบไปในบทเรียน เช่น สัณฐานรูปแบบใด เมื่อต้องการเริ่มเรียนใช้สัณฐานรูปแบบใดเมื่อต้องการออกจากบทเรียน เป็นต้น
2. คำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีเรียนที่ผู้สอนคิดว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับผู้เรียน เช่น ควรจะศึกษาในส่วนใดก่อนหลัง

### 2.3.3.2 การนำเสนอบทเรียน

ใช้การคิดวิเคราะห์เพื่อหาหลักในการเรียนรู้ที่เหมาะสมของเนื้อหา นั้น ๆ ทั้งทักษะของพฤติกรรมหรือทักษะต่าง ๆ ที่ผู้เรียนต้องฝึกฝน วิธีการนำเสนอ อาจนำเสนอความรู้แบบบอกให้รู้โดยใช้สื่อต่างๆ หรือการนำเสนอความรู้แบบค้นพบหรือแบบอุปมาถุณ โดยการให้ผู้เรียนได้ทดลองตอบคำถามสั้น ๆ และคิดคำตอบด้วยตนเอง

### 2.3.3.3 แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

การให้ทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบจะเป็นการให้โอกาสผู้เรียนในการตรวจสอบว่าความเข้าใจจากบทเรียนของคณนั้นถูกต้องมากน้อยเพียงใดและหลังจากจบแบบฝึกหัดและแบบทดสอบแล้วก็จะมีการสรุปคะแนนของผู้เรียนไว้ด้วย

### 2.3.3.4 การให้ผลป้อนกลับ

ผลป้อนกลับที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

(1) ผลป้อนกลับในลักษณะพร้อมคำอธิบายสามารถทำให้ผู้เรียนทราบว่าผู้เรียนทำถูกหรือทำผิด หากผิด ๆ อย่างไร เพราะอะไร การชี้ข้อผิดพลาดของผู้เรียนอาจเป็นการบอกเป็นนัยให้แก่ผู้เรียน ในการได้มายังคำตอบที่ถูกต้องเป็นการเสริมแรงและยังเป็นการให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนในการพยายามคิดหรือสร้างคำตอบที่ถูกต้อง

(2) ผลป้อนกลับที่ดีควรมีลักษณะทางบวก เช่น ให้งานวัดหรือคำชมเชยเมื่อทำถูกต้อง

(3) ผลป้อนกลับควรมีความหลากหลายและไม่กินเวลานาน

(4) ผลป้อนกลับที่ดีควรมีค่าเฉลี่ย ถ้าเป็นแบบทดสอบทำให้เกิดความเข้าใจหรือการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยก็อาจไม่จำเป็น

(5) พิจารณาให้มีการบอกคำตอบเป็นนัยตามสมควรและอาจอยู่ในรูปใดรูปแบบหนึ่งใน 3 วิธี ดังนี้

1. เน้นส่วนสำคัญต่าง ๆ ที่จะช่วยในการตอบคำถาม
2. แสดงตัวอย่างและคำตอบที่ถูกต้องของคำถาม

ที่คล้ายคลึงคำถามปัจจุบัน

3. ให้คำตอบบางส่วน

(6) ควรจัดให้ผลป้อนกลับและคำตอบแสดงผลบนหน้าจอ

ได้พร้อม ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) พิจารณาการใช้เสียงป้อนกลับให้มีความหลากหลาย

(8) หลีกเลี่ยงการให้ผลป้อนกลับทางลบสำหรับคำตอบที่ผิด

ที่ดึงดูดความสนใจมากกว่าผลป้อนกลับทางบวกซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

#### 2.2.3.5 การจบบทเรียน

จะมีการทบทวนสรุปเนื้อหาในส่วนที่จำเป็นพร้อมกับแนะนำแหล่งความรู้อื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ต้องมีคำถามเพื่อขอคำยืนยันในการออกจากบทเรียนเพื่อป้องกันความผิดพลาดอันเกิดจากการกดปุ่มผิดหรือการลونغุ่มสำหรับการออกแบบบทเรียนที่จะใช้เวลาเรียนค่อนข้างนานเกิน 30 นาที หากผู้เรียนต้องการออกจากบทเรียนขณะที่ยังไม่จบบทเรียน ควรออกแบบบทเรียนให้นักเรียนสามารถตรวจสอบได้ว่าตนนั้น ได้ศึกษาไปมากน้อยเพียงไร ทำให้ผู้เรียนสามารถศึกษาต่อจากบทเรียนที่เคยเรียนแล้วได้

## 2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 1. เอกสารงานวิจัยภายในประเทศ

นางกรรทอง ตรีอาภรณ์ (2540 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการกำหนดเชิงเส้น โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้วิจัยคือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แผนการสอน แบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามความคิดเห็นต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนปทุมคงคาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2539 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยสุ่มอย่างเจาะจง 2 กลุ่มและสุ่มอย่างง่ายให้นักเรียนห้องหนึ่งกับครูผู้สอนปกติอีกห้องเรียนหนึ่งเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ .05 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเห็นที่ดีต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บุญสืบ พันธุ์ดี (2537 : 150) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องโครงสร้างและการทำงานของยีน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัยจำนวน 30 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย ผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ 90/90 พบว่า บทเรียนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 90 ตัวแรก ส่วน 90 ตัวหลังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ส่วนการเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรชัย จันทรอำนาจชัย (2540 : 99) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนซ่อมเสริมโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลองเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการสอนของครู กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2539 ของโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการจำนวน 50 คนแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 25 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนซ่อมเสริมโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลองเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส กลุ่มควบคุมได้รับการสอนซ่อมเสริมโดยมีครูเป็นผู้ดำเนินการสอน ดำเนินการทดลองแบบ Randomized Control Group Pretest-Posttest Design สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ t-test ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01

บุญเลิศ ทัดดอกไม้ (2539 : 106) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดการถ่ายภาพเบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร จำนวน 45 คนโดยการสุ่มอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01

จักรภพ ศรีงาม (2539 : 76) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับเสริมทักษะในการคิดคำนวณวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องสมการและอสมการ ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนของโรงเรียนประชานิเวศน์ สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ที่เรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 5 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 184 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับเสริมทักษะในการคิดคำนวณวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องสมการและอสมการมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 88.83/88.83 และผู้ที่เรียนมีการพัฒนาความรู้ในเรื่องของสมการและอสมการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ .01

อนุรัตน์ ชันชวีธิ์ (2539 : 66) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์สอนเสริมวิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคเรื่องการคูณและการหารเศษส่วน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรีที่ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้จำนวน 30 คน ให้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นหลังจากนั้นเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ของการเรียนหลังใช้บทเรียนและก่อนใช้บทเรียนด้วยสถิติค่า t ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้บทเรียนสูงกว่าก่อนใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการคูณและการหารเศษส่วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักศึกษามีความพึงพอใจเกี่ยวกับการใช้บทเรียนดังกล่าวและต้องการให้มีการพัฒนารายวิชาอื่น ๆ

## 2. เอกสารงานวิจัยต่างประเทศ

Hurlock, Richard E. (1971) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของCAI สำหรับการฝึกอบรมทหารเรือในเรื่องตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าโดยใช้บทเรียน CAI หลายเรื่องต่อเนื่องกันเป็นชุดการเรียน ชุดการเรียน CAI ดังกล่าวได้พัฒนาและทดสอบสำหรับฝึกอบรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น หลังจากสร้างบทเรียน CAI เสร็จแล้วได้นำไปทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำมาแก้ไขใหม่จนได้มาตรฐาน ชุด CAI ใช้ทดสอบกับนักเรียนเพื่อทดลองเปรียบเทียบการฝึกอบรมโดยใช้ CAI กับการฝึกอบรมแบบปกติ ผลจากการฝึกอบรมโดยใช้ CAI แสดงให้เห็นว่า CAI ทำให้ผลการฝึกอบรมบรรลุวัตถุประสงค์โดยเปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุม นักเรียนที่ฝึกอบรมโดยใช้ CAI จะมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น 10 % สำหรับนักเรียนที่ฝึกอบรมด้วย CAI เวลาการฝึกอบรมเฉลี่ย 8.75 ชั่วโมงทำให้ลดเวลาการฝึกอบรมได้ 48 % เมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกอบรมปกติ

Thomson, Richard A. (1990) ได้วิจัยผลของการใช้ CAI สำหรับการสอนนักเรียนอ่านภาษาอังกฤษ โดยใช้ CAI ช่วยในการอ่านภาษาอังกฤษให้กับนักเรียน มีหลักฐานที่เก็บไว้จากการทดลองโดยใช้ผลของการใช้ CAI ภาคสนาม พบว่าการใช้ CAI มีประสิทธิภาพเหมือนกับการเป็นตัวกลางในการสอน โดยการเก็บข้อมูลจากนักเรียน คะแนนของกลุ่มที่เรียนด้วย CAI จะมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมและนักเรียนบางคนให้ความเห็นว่า CAI ทำให้การเรียนของเขามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆและสำหรับนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำหรือมีข้อบกพร่องก็จะมีผลการอ่านภาษาอังกฤษมากกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนปกติ CAI ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้น จากการวิจัย CAI สามารถใช้ได้เหมือนกับการสอนที่ใช้ทักษะและมีความคงทน ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วมากแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดบางอย่างของการสอนด้วยคอมพิวเตอร์คือในเรื่องของการโต้ตอบและในไม่ช้าคอมพิวเตอร์จะมีการวิจัยค้นคว้าให้มีความสามารถใกล้เคียงกับมนุษย์มากขึ้น พุคให้เหตุผลก็คือการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันถ้าคอมพิวเตอร์มีความใกล้เคียงกับขบวนการเรียนรู้ของมนุษย์แล้วการเรียนรู้ก็จะดีมากทีเดียวในขณะนี้เราสามารถพูดได้ว่า CAI ยังคงใช้เสริมการฝึกสอนอ่านอยู่ในปัจจุบันและในอนาคตคงจะเป็นข้อกำหนดที่ต้องใช้ CAI

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบตัวต่อเรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) กับการเรียนตามปกติโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ โดยกำหนดวิธีดำเนินการวิจัยไว้ ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 ขั้นตอนการทดลอง
- 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาก่อนจำนวน 96 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทราจำนวน 72 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มประชากรจำนวน 96 คนเพื่อแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพจำนวน 24 คนกลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คนและกลุ่มที่ 3 ใช้สำหรับการเรียนการสอนปกติเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คน

## 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพ 80/80 มาแล้ว

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest)
2. แบบทดสอบหลังเรียน (Posttest)
3. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีค่าเฉลี่ย

( $\bar{X}$ ) มากกว่า 3.5 ขึ้นไป

## 3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและทดสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส 21041003 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน

3.3.1 การสร้างแบบทดสอบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดวัตถุประสงค์ โดยศึกษาจากคำอธิบายรายวิชา ตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3.1 แสดงการวิเคราะห์แบบทดสอบเรื่องปริมาณเชิงซ้อน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ความรู้-ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	จำนวนข้อ
1. บอกความหมายของปริมาณเชิงซ้อนได้	7	-	-	7
2. เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Rectangular ได้	1	-	-	1
3. เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Polar ได้	1	-	-	1
4. เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Trigonometric ได้	1	-	-	1
5. เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Exponential ได้	1	-	-	1
6. เปลี่ยนรูปแบบของปริมาณเชิงซ้อนได้	-	4	-	4
8. บวก,ลบ,คูณและหารปริมาณเชิงซ้อนได้	-	-	35	35
รวม	11	4	35	50

2. ศึกษาหลักเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบและเทคนิคในการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก

3. เขียนข้อสอบแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกจำนวน 50 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบหรือความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 จำนวน 3 ท่าน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก เป็นผู้ตรวจแล้วนำผลการตรวจสอบมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item Objective Congruence: IOC) และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไปเอาไว้ใช้ (บุญมี พันธุ์ไทย, 2542 : 88)

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

เมื่อ  $\sum R$  = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา  
 $N$  = จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

จากการคำนวณค่า IOC พบว่าข้อสอบ 2 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 0.67 นอกนั้นมีค่าเท่ากับ 1.00 แสดงว่าข้อสอบ 50 ข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

### 3.3.2 การหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก

3.3.2.1 นำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาแล้วจำนวน 40 คน ตรวจให้คะแนนโดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และ ข้อที่ตอบผิดเป็น 0 คะแนน

#### 3.3.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อสอบ

1. เรียงคะแนนหรือกระดาษคำตอบตามลำดับคะแนนจากมากไปหาน้อย

2. แบ่งกระดาษออกมาเป็น 2 กลุ่มๆแรกให้ชื่อว่ากลุ่มสูง ( $P_H$ ) นับจากคะแนนมากลงไป 50 % ของกระดาษคำตอบทั้งหมดและกลุ่มหลังให้ชื่อว่ากลุ่มต่ำ ( $P_L$ ) นับจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไป 50 % ของคำตอบทั้งหมด

3. นับจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกของแต่ละข้อทั้งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำแยกกัน

4. รวมจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกของแต่ละข้อระหว่างกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำหารด้วยจำนวนกระดาษคำตอบของกลุ่มสูงกับกลุ่มต่ำรวมกัน ค่าที่ได้จะเป็นดัชนีความยาก (Index of Item difficulty) ของข้อสอบข้อนั้น

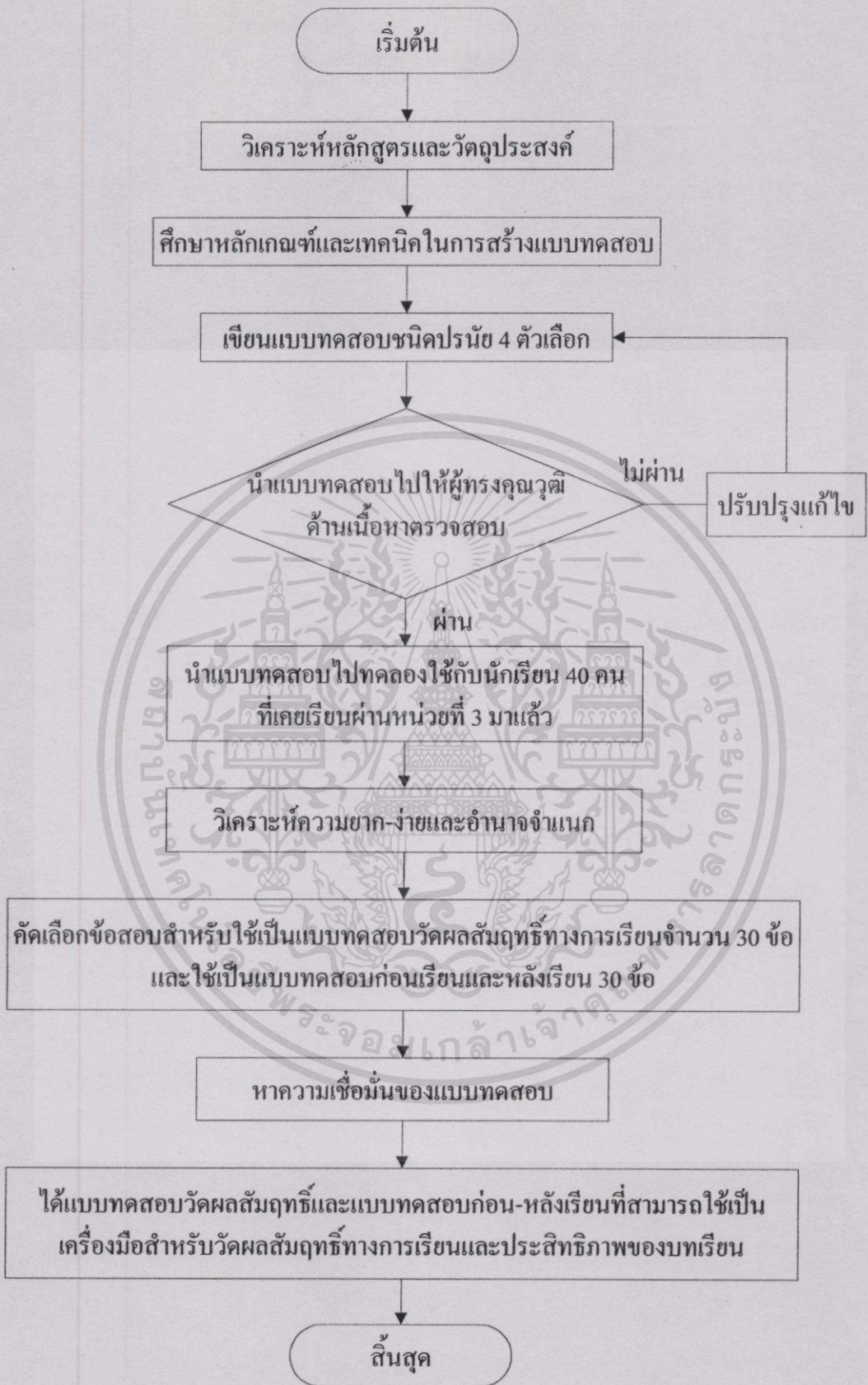
5. นำจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงลบด้วยจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำหารด้วยจำนวนกระดาษคำตอบในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ค่าที่ได้เป็นอำนาจจำแนก (Discrimination Power) ของข้อสอบข้อนั้น

3.3.2.3 นำคะแนนที่ได้ มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

3.3.2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ KR - 20 ของ Kuder - Richardson (บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ์. 2535 : 172) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

3.3.2.5 คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และครอบคลุมเนื้อหา (บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ์. 2535 : 143) โดยใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

3.3.2.6 จะได้ข้อสอบสำหรับใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย ( $p$ ) ระหว่าง 0.275-0.875 และมีค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ระหว่าง 0.200-0.700 และมีค่ามีความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.976 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.3.1 เลือกโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมในการสร้างบทเรียน เนื่องจากเป็นโปรแกรม authoring system ที่ใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันใช้งานที่มีความสามารถในการโต้ตอบกับผู้ใช้ โดยเฉพาะโปรแกรมด้านการเรียนการสอน การฝึกอบรมด้วยคอมพิวเตอร์ รวมทั้งมีความสามารถในด้านมัลติมีเดีย ทำให้สามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมที่เป็นมัลติมีเดียได้อย่างดี

3.3.3.2 ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

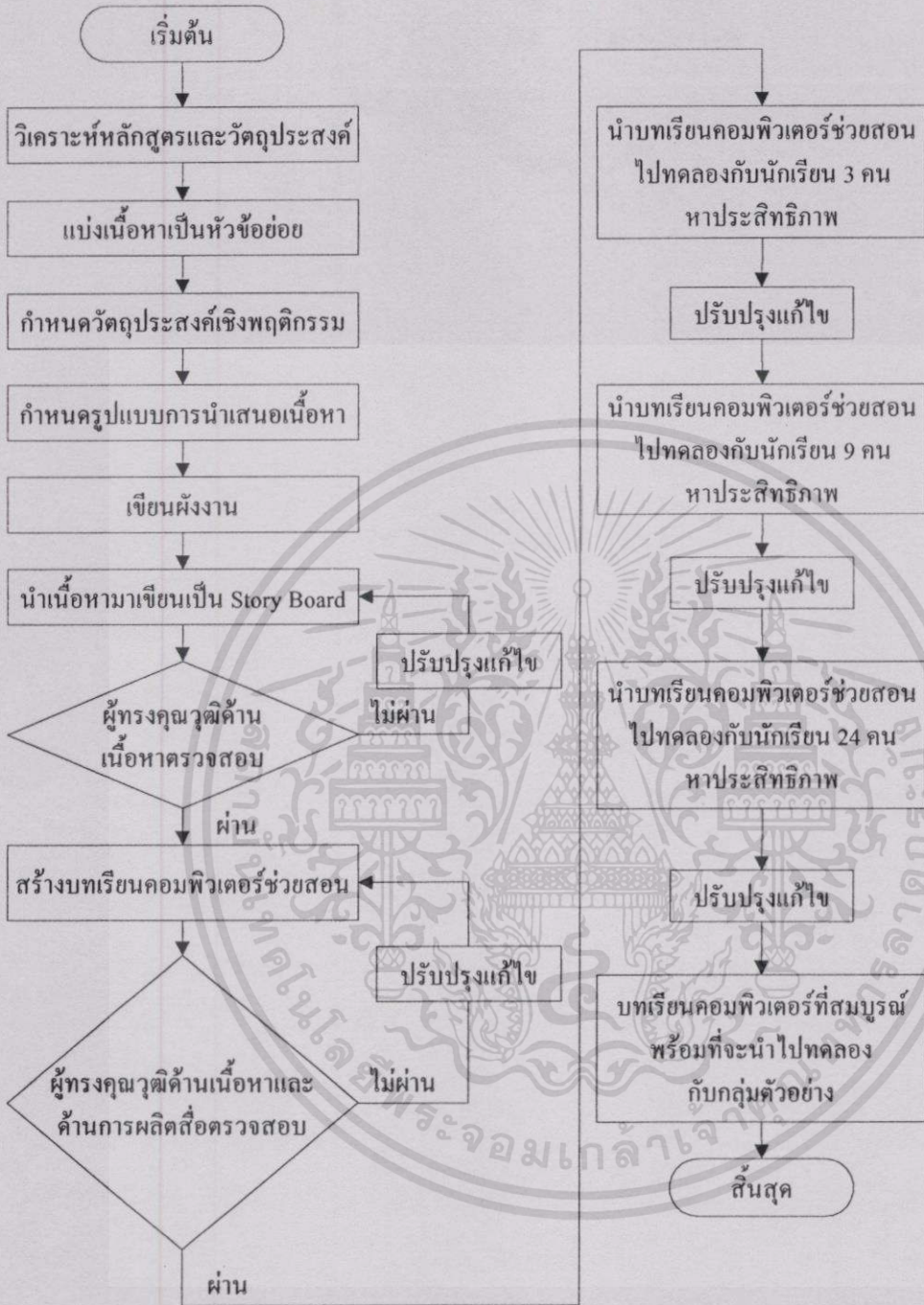
3.3.3.3 ศึกษารูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเนื้อหา (Tutorial) และรูปแบบอื่นๆ ที่เหมาะสมกับลักษณะของบทเรียน

3.3.3.4 ศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ของสกินเนอร์ (B.F. Skinner) (มาลินี จุฑะรพ. 2537 : 88) และหลักการเขียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้เข้าใจลักษณะของการเขียนบทเรียน โปรแกรมๆ เป็นบทเรียนที่ประยุกต์มาจากบทเรียน โปรแกรมของสกินเนอร์ โดยมีลักษณะการนำเสนอเนื้อหาเป็นไปใน 2 ลักษณะผสมผสานคือ (บุญมี พันธุ์ไทย, 2542 : 38)

1. แบบเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นบทเรียนที่ต้องเรียนทีละหน่วยตามลำดับที่จัดไว้ให้จะเรียนตามความต้องการของผู้เรียนไม่ได้

2. แบบสาขา (Branching programming) เป็นบทเรียนที่ผู้เรียนสามารถเรียนไปตามความสามารถของตนเองได้

3.3.3.5 ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

## (1) วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยการศึกษา

จากวัตถุประสงค์รายวิชา คำอธิบายรายวิชา หนังสือตำรา และเอกสารประกอบการสอนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหน่วยที่ 3 ของวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส 21041003 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งกำหนดเวลาเรียนในภาคทฤษฎีไว้ 2 คาบต่อสัปดาห์ ใช้เวลาในการเรียนทั้งหมด 16 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 32 คาบ ๆ ละ 50 นาที และสามารถแบ่งหน่วยการเรียนรู้ได้ทั้งหมด 7 หน่วย ผู้วิจัยใช้เนื้อหาในหน่วยที่ 3 นำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งกำหนดวัตถุประสงค์รายวิชาและคำอธิบายรายวิชาไว้ดังนี้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษา 1 หน่วยศึกษานิเทศก์กรมอาชีวศึกษา)

## เนื้อหาสาระของหน่วยที่ 3

## 1) ปริมาณเชิงซ้อน

1. เลขจำนวนจริง
2. เลขจำนวนจินตภาพ
3. แกนแนวระนาบของเลขจำนวนจริง
4. แกนแนวระนาบของเลขจำนวนจินตภาพ
5. จุดรวมของจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพ

## 2) Rectangular form ของปริมาณเชิงซ้อน

## 3) Polar form ของปริมาณเชิงซ้อน

## 4) Trigonometric form ของปริมาณเชิงซ้อน

## 5) Exponential form ปริมาณเชิงซ้อน

## 6) การเปลี่ยน Form ของปริมาณเชิงซ้อน

## 7) การ Conjugate

## 8) การบวก,ลบ,คูณและหารปริมาณเชิงซ้อน

## (2) การเสนอเนื้อหา

## 1. บทนำ

## 2. จัดแบ่งเนื้อหาให้เป็นไปตามลำดับความสำคัญ

และความยากง่ายเป็นหลักพร้อมรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่น่าสนใจต่อการเรียนรู้

## 3. กำหนดกิจกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่นำเสนอ

ในแต่ละตอน

## 4. กำหนดภาพกราฟิกที่ใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา

## 5. กำหนดสีและขนาดของตัวอักษรที่เหมาะสม

กับการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ใช้ข้อความตัวอักษรให้กระชับรัดชัดเจน รูปแบบ

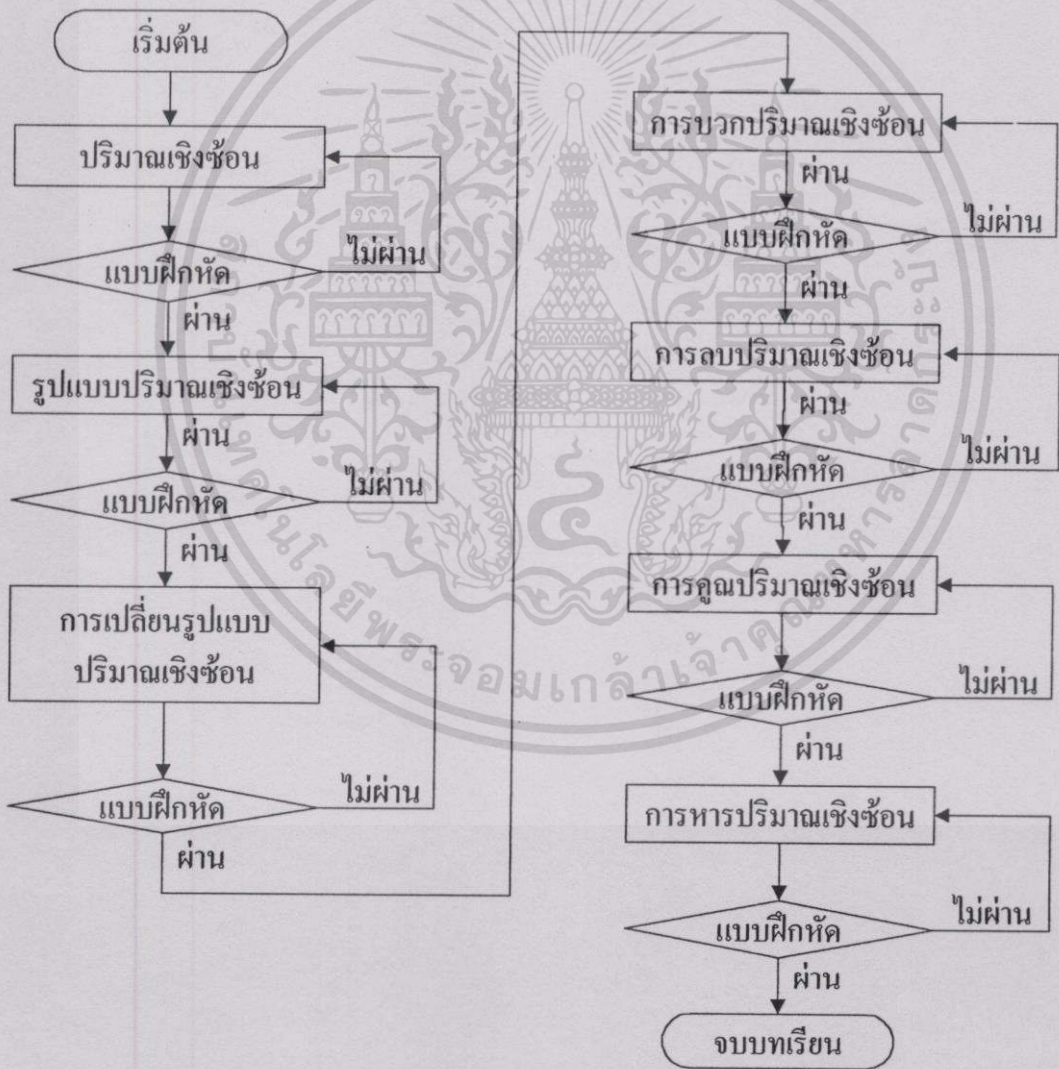
ตัวอักษรง่ายต่อการอ่าน

## 7. กำหนดตำแหน่งขอความช่วยเหลือการออกจาก

โปรแกรมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถขอความช่วยเหลือหรือออกจากโปรแกรมได้ตลอดเวลา

## (3) การเขียนผังงาน (Layout content)

การเขียนผังงานเป็นการแสดงจุดเริ่มต้นและจุดจบของเนื้อหา และยังแสดงถึงการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ของบทเรียนนอกจากนี้ยังแสดงการปฏิสัมพันธ์ของเฟรมต่างๆ ในบทเรียนตลอดจนการแสดงวิธีการนำเสนอเนื้อหากิจกรรมและรูปแบบของบทเรียน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ผังงานแสดงรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) นำเนื้อหาที่เตรียมไว้มาทำเป็นสตอรีบอร์ดแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ฉ ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา วัตถุประสงค์ ความเหมาะสม ความต่อเนื่องและสำนวนภาษาของกรอบแต่ละกรอบ จากนั้นนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

(5) นำสตอรีบอร์ดที่แก้ไขแล้วมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากนั้นนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ โดยแบ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อและผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ ใช้แบบประเมินสื่อของ บุญเลิศ ทัดดอกไม้ (2539: 251-252, 254-255) โดยให้คะแนนดังเกณฑ์

ดีมาก = 5 คะแนน

ดี = 4 คะแนน

ปานกลาง = 3 คะแนน

พอใช้ = 2 คะแนน

ต้องปรับปรุง = 1 คะแนน

และกำหนดให้เกณฑ์การประเมินจากการหาค่าเฉลี่ยดังนี้ (ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2533: 138)

1.00-1.49 น้อยที่สุด (คุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด)

ต้องปรับปรุง)

1.50-2.49 น้อย (คุณภาพอยู่ในระดับพอใช้)

2.50-3.49 ดีปานกลาง (คุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง)

3.50-4.49 ดี (คุณภาพอยู่ในระดับดี)

4.50-5.00 ดีมาก (คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก)

โดยผลการประเมินต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไปในแต่ละหัวข้อ

จึงจะใช้ได้ ถ้าต่ำกว่า 3.5 ต้องแก้ไขและให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบ

ค่าเฉลี่ยจากการประเมินด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน

3 ท่านมีค่าเท่ากับ 4.576 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีเนื้อหาเหมาะสมสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยได้

สิ่งที่ปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. แก้ไขคำผิดเช่น ตัวสะกด
2. เพิ่มการอธิบายการหามุมภายในของสามเหลี่ยม

มุมฉาก

3. แก้ไขตัวอักษรที่เป็นตัวแปรให้เป็นตัวเอียง

ค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านมีค่าเท่ากับ 4.167 ดังรายละเอียด  
ในภาคผนวก ก แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านสื่อมีความเหมาะสมสามารถใช้เป็น  
เครื่องมือในการวิจัยได้

สิ่งที่ปรับปรุงจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ

1. ปรับปรุงตัวอักษรให้เป็นตัวหนาเพื่อเน้นข้อความ
2. เพิ่มกราฟิกในช่วงรอคำตอบ

3.3.4 การทดสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2  
เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) มีขั้นตอนดังนี้

3.3.4.1 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการประเมินคุณภาพแล้ว  
ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง  
โดยเลือกแบบเจาะจง จำนวน 3 คน โดยเลือกจากนักศึกษาที่เรียนเก่ง 1 คน, เรียนปานกลาง 1 คน,  
และเรียนอ่อน 1 คน ขณะทดลองผู้วิจัยบันทึกปัญหาในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
ความชัดเจนของคำอธิบาย คำสั่ง ลำดับของกรอบ เวลาที่ใช้ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน  
กับบทเรียนเสร็จแล้วนำข้อบกพร่องไปปรับปรุงแก้ไข

สิ่งที่ปรับปรุงแก้ไข

1. เปลี่ยนเพลงบรรเลงในเมนูหลัก
2. ปรับปรุงการบันทึกคะแนนของผู้เรียนที่ได้ในแต่ละครั้ง
3. เพิ่มแบบฝึกหัดการใช้เครื่องคิดเลข
4. เพิ่มแบบฝึกหัดการบวก,ลบ,คูณและหารตามเครื่องหมาย

ที่นักเรียนออกจากแบบฝึกหัด

พีชคณิต

3.3.4.2 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว  
ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง  
โดยเลือกแบบเจาะจงจำนวน 9 คน โดยเลือกจากนักศึกษาที่เรียนเก่ง 3 คน,เรียนปานกลาง 3 คน,  
และเรียนอ่อน 3 คนนำผลการทดลองมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย  
ก่อนเรียนและหลังเรียนเสร็จแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลและข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขจะได้

$E_1/E_2 = 86.54/77.77$  ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

สิ่งที่ปรับปรุงแก้ไข

1. เพิ่มตัวชี้บอก “ ใช้เมาส์ กดเลือกข้อถูกเพียงข้อเดียว ” โดย  
กำหนดให้แสดงเพียงครั้งเดียว
2. เพิ่มเครื่องหมายกรอบสี่เหลี่ยมสีแดงล้อมรอบคำตอบข้อ ก.,ข.,

ค.และข้อ ง. เพื่อเน้นข้อที่นักเรียนตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปรับปรุงตัวชี้บ่งบอก “ ใ้้เมาส์ คลิกปุ่มด้านล่างเพื่อเรียนหน้าต่อไป ” เมื่อจบการบรรยายในแต่ละหน้า

3.3.4.3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน โดยการสุ่มอย่างง่ายนำผลการทดลองมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนและเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน เก็บรวบรวมข้อมูลและข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขจะได้  $E_1/E_2 = 86.92/80.13$  ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

สิ่งที่ปรับปรุงแก้ไข

1. เพิ่มตัวชี้บ่งบอกที่เมนูหลักของโปรแกรม เพื่อบอกนักเรียนว่าเรียนถึงหน่วยใด
2. เพิ่มการรายงานผลการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนที่ทำได้ในแต่ละแบบฝึกหัดเมื่อเข้าสู่หน่วยการเรียนรู้และก่อนจะออกจากหน่วยการเรียนรู้
3. เพิ่มปุ่ม เพิ่มและลดเสียง
4. เพิ่มคำบรรยายเพื่อบอกหน้าที่ของปุ่มต่างๆ เมื่อวางเมาส์อยู่เหนือปุ่มในบทเรียน

### 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยสลับข้อถูกของแบบทดสอบไม่ให้เหมือนกับข้อสอบหลังเรียน
2. เปรียบเทียบคะแนนทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test เพื่อศึกษาความเท่าเทียมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางวิเคราะห์ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก โดยใช้โปรแกรม Excel ช่วยคำนวณพบว่าค่า F ที่คำนวณเท่ากับ 1.301 ค่า F วิฤตมีค่าเท่ากับ 2.719 แสดงว่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 จากนั้นใช้สูตรคำนวณค่า t ที่มีความแปรปรวนเท่ากัน ผลการคำนวณได้ค่า t เท่ากับ 1.513 ค่า t วิฤตมีค่าเท่ากับ 2.012 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

3. เริ่มการทดลองโดยให้กลุ่มควบคุมเรียนกับอาจารย์ผู้สอนตามปกติ ส่วนกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ก่อนเรียนผู้วิจัยอธิบายการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์รวมทั้งการใช้เมนูบทเรียนให้นักเรียนเข้าใจ โดยให้นักเรียนมีโอกาสในการออกมาสาธิตการใช้โปรแกรมจนเข้าใจทุกคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ให้ผู้เรียนศึกษาบทเรียน 1 คนต่อ 1 เครื่อง พร้อมหูฟัง จะได้ไม่เป็นการรบกวนเพื่อนๆ โดยผู้วิจัยคอยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตลอดเวลา

5. หลังจากนักเรียนศึกษาจบทุกหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดสรุปการเรียนรู้อีกครั้งหนึ่ง ถ้านักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ไม่ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ต้องกลับไปศึกษาบทเรียนอีกครั้ง เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดผ่านทุกคนแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนพร้อมกัน

6. เมื่อกลุ่มควบคุมศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับกลุ่มทดลอง

7. เปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t-test เพื่อศึกษาความเท่าเทียมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจากตารางวิเคราะห์ที่แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก โดยใช้โปรแกรม Excel ช่วยคำนวณพบว่าค่า F ที่คำนวณเท่ากับ 1.070 ค่า F วิฤตมีค่าเท่ากับ 2.719 แสดงว่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .01 จากนั้นใช้สูตรคำนวณค่า t ที่มีความแปรปรวนเท่ากันผลการคำนวณได้ค่า t เท่ากับ 5.331 ค่า t วิฤตมีค่าเท่ากับ 2.012 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05

### 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. ติดต่อขอรับหนังสืออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยจากบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ขอความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทราเพื่อขออนุญาตในการทดลองและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยในวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
3. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้กับกลุ่มทดลองจำนวน 24 คน ส่วนกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คนเรียนกับอาจารย์ผู้สอนตามปกติ
4. ก่อนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
5. หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจบแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
6. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของการสอบจากแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน
7. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 วิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเนื้อหาวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

#### 3.6.1 คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ดัชนีความยาก (p)
2. อำนาจจำแนก (r)
3. สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

ตารางที่ 3.2 แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (r)	การประเมินคุณภาพ
0.40 ขึ้นไป	ดีมาก
0.30 - 0.39	ดี
0.20 - 0.29	พอใช้ ควรมีการปรับปรุงตัวเลือกบางตัว
0.19 ลงมา	ไม่ดี ควรตัดทิ้งหรือแก้ไขใหม่

ตารางที่ 3.3 แสดงเกณฑ์ในการพิจารณาค่าดัชนีความยาก

ดัชนีความยาก(p)	การประเมินคุณภาพ
0.81 ขึ้นไป	ง่ายมาก
0.2 - 0.8	ความยากพอเหมาะ
0.19 ลงมา	ยากมาก

ตารางที่ 3.4 แสดงเกณฑ์พิจารณาค่าความเชื่อมั่น

ค่าความเชื่อมั่น	ความหมาย
0.01 - 0.40	มีความเชื่อมั่นต่ำ
0.41 - 0.70	มีความเชื่อมั่นปานกลาง
0.71 - 0.90	มีความเชื่อมั่นสูง
0.91 - 1.00	มีความเชื่อมั่นสูงมาก

### 3.6.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. การหาค่าเฉลี่ยของแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากผู้ทรงคุณวุฒิ
2. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

### 3.6.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

## 3.7 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีทางสถิติในการวิเคราะห์เครื่องมือและข้อมูลดังนี้

### 3.7.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

(บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ. 2535 : 215-216)

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

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

เมื่อ

$$\sum X = \text{ผลรวมของคะแนนทุกตัว}$$

$$\sum X^2 = \text{ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวกำลังสอง}$$

$$n = \text{จำนวนคะแนน}$$

2. ดัชนีความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ.

2535 : 143)

$$p = \frac{P + P}{H + L}$$

$$r = \frac{P - P}{H - L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

- $p$  = คำนีความยากของแบบทดสอบ  
 $r$  = ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ  
 $p_H$  = จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง  
 $p_L$  = จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ  
 $n$  = จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

### 3. สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson

(บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ. 2535 : 172)

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

เมื่อ

- $r_{tt}$  = สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
 $k$  = จำนวนข้อสอบ  
 $\sum$  = ผลรวม  
 $p$  = สัดส่วนของผู้ตอบถูก  
 $q$  = สัดส่วนของผู้ตอบผิด (1-p)

3.7.2 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ 80/80 (จันทร์ฉาย เดมิยาการ. 2533 : 90)

80 ตัวแรกหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนหน่วยย่อย ซึ่งคำนวณจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบย่อยหลังการเรียนรู้ในแต่ละเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

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

เมื่อ

- $E_1$  = ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X$  = คะแนนรวมของแบบฝึกหัดและงาน  
 $A$  = คะแนนเก็บของแบบฝึกหัดและงานทุกชิ้น  
 $N$  = จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

80 ตัวหลังหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมดซึ่งคำนวณจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนเนื้อหาครบทุกเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

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

เมื่อ

- $E_2$  = ประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์  
 $\sum F$  = คะแนนรวมของผลสัมฤทธิ์หลังเรียน  
 $B$  = คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน  
 $N$  = จำนวนผู้เรียน

3.7.3 สถิติที่ใช้ทดสอบความแปรปรวนของคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ F - test (บุญชม ศรีสะอาด, 2541 : 231) ดังสูตร

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{เมื่อ } S_1^2 \text{ มากกว่า } S_2^2$$

โดยใช้  $df_1 = N_1 - 1$ ,  $df_2 = N_2 - 1$

- เมื่อ  $F$  = แทน ค่าสถิติเปรียบเทียบค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ F  
 $S_1^2$  = แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่ามากกว่า  
 $S_2^2$  = แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าน้อยกว่า

$$S^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

3.7.4 สถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test (บุญชม ศรีสะอาด. 2541 : 218) ดังสูตร

1. ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มเท่ากัน

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2 \left( \frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2} \right)}{(N_1 + N_2 - 2)}}$$

$\bar{X}_1$  = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{X}_2$  = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

$N_1$  = จำนวนนักเรียนของกลุ่มทดลอง

$N_2$  = จำนวนนักเรียนของกลุ่มควบคุม

$S_1^2$  = ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มทดลอง

$S_2^2$  = ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มควบคุม

2. ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน

(บุญชม ศรีสะอาด. 2541 : 223) ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

โดยใช้ Degree of freedom เป็น

$$df = \frac{\left( \frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2} \right)^2}{\frac{\left( \frac{S_1^2}{N_1} \right)^2}{(N_1 - 1)} + \frac{\left( \frac{S_2^2}{N_2} \right)^2}{(N_2 - 1)}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตจากการแจกแจงแบบ t เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
$\bar{x}_1, \bar{x}_2$		แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
$S_1^2, S_2^2$		แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
$N_1, N_2$		แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องปริมาณเชิงซ้อน สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยเสนอผลสรุปการทดลองดังต่อไปนี้

1. ผลการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน สำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยใช้ สถิติ t-test ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

#### 4.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ 80/80 กับกลุ่มทดลองจำนวน 24 คนผลการทดลองตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน

ผลการทดลอง	คะแนนเต็ม	ร้อยละ
คะแนนแบบฝึกหัด	570	86.92
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	30	80.13

จากตารางที่ 4.1 แสดงว่าผลการวิจัยที่นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์คิดเป็นร้อยละ 86.92/80.13 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยใช้สถิติ t-test ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการทดลอง	N	$\bar{X}$	$S^2$	t
กลุ่มทดลอง	24	23.625	22.940	5.331*
กลุ่มควบคุม	24	16.125	24.548	

$P \leq 0.05$

\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $\alpha = .05$ ,  $df = 46$ ,  $t = 2.012$ )

จากตารางที่ 4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 รหัส (21041003) เรื่องปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนหลักสูตรชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

- 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย
- 5.2 สมมติฐานของการวิจัย
- 5.3 วิธีดำเนินการวิจัย
- 5.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
- 5.5 สรุปผลการวิจัย
- 5.6 อภิปรายผลการวิจัย
- 5.7 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2538
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน

### 5.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

## 5.3 วิธีดำเนินการวิจัย

### 5.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดจะเชิงเทรา ที่ยังไม่ได้เรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาก่อนจำนวน 96 คน

#### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังวิทยาลัยเทคนิคจะเชิงเทราจำนวน 72 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มประชากรจำนวน 96 คน เพื่อแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพจำนวน 24 คนกลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คนและกลุ่มที่ 3 ใช้สำหรับการเรียนการสอนปกติเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 24 คน

### 5.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่าย ( $p$ ) ตั้งแต่ 0.275-0.875 ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.200-0.700 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) เท่ากับ 0.976

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อนสำหรับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเนื้อหา (Tutorial) โดยมีโครงสร้างของโปรแกรม 300 กรอบ ผู้เรียนจะใช้เวลาในการศึกษาโดยเฉลี่ย 10 ชั่วโมงและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 86.92/80.13

## 5.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. หาค่าความยากง่ายของข้อสอบ( $p$ ) เลือกใช้ข้อสอบที่มีค่าระหว่าง 0.2-0.8
2. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ( $r$ ) เลือกใช้ข้อสอบที่มีค่า 0.2 ขึ้นไป
3. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับที่มีค่า 0.8 ขึ้นไป
4. หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )ของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินมีค่า 3.5 ขึ้นไป

5. คำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร  $E_1/E_2$  กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80

6. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติ t-test กำหนดให้มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 (แบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน)

## 5.5 สรุปผลการวิจัย

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้ผลการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการหาประสิทธิภาพและผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 5.5.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้ทดลอง 3 ชั้นตอนเพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพดังนี้

1. การทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่งเป็นการทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนนำไปทดลองแบบกลุ่มเล็ก
2. การทดลองแบบกลุ่มเล็กเป็นการทดลองเพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนนำไปทดลองภาคสนามในการทดลองแบบกลุ่มเล็กได้ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 86.54/77.77 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก
3. การทดลองภาคสนามเป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนนำไปใช้งานจริงโดยการทดลองภาคสนามได้ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 86.92/80.13 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

### 5.5.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 (21041003) เรื่องปริมาณเชิงซ้อน โดยใช้สถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05 คำนวณได้ค่า  $t = 5.331$  ส่วนค่า  $t$  จากตารางจะได้ค่า  $t = 2.012$  หมายความว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

## 5.6 อภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องปริมาณเชิงซ้อนมีประสิทธิภาพ  $E_1 = 86.92$  และ  $E_2 = 80.13$  โดย  $E_1$  ที่ได้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 อาจเป็นเพราะในระหว่างที่นักเรียนศึกษาบทเรียน ถ้านักเรียนทำแบบฝึกหัดได้ไม่ถึงเกณฑ์ 80 เปอร์เซนต์นักเรียนสามารถ

กลับไปศึกษาบทเรียนได้อีกเมื่อศึกษาเข้าใจเนื้อหาดีแล้วจึงกลับมาทำแบบฝึกหัดอีกครั้งหนึ่งทำให้นักเรียนสามารถทำคะแนนในแบบฝึกหัดได้ดี ส่วน  $E_2$  ที่ได้มีค่าตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่จะมีค่าน้อยกว่า  $E_1$  เพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 หน่วยย่อยดังนั้นในการทำแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนทั้ง 7 หน่วยจึงทำให้  $E_2$  มีค่าน้อยกว่า  $E_1$  สอดคล้องกับผลการวิจัยของประเสริฐ เดิศขันธ์

(2540 : 55) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมเรื่องการแยกแรงแรงและการหาแรงลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.12/80.67 จริยา โภธิสาร (2543 : 72) ได้วิจัยเรื่องการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาศิลปะประดิษฐ์เรื่องความรู้พื้นฐานงานมาลัย ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 89.83/87.83

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเป็นเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ผ่านกระบวนการสร้างที่มีผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านสื่อตรวจสอบตามขั้นตอนและผลการประเมินสื่อจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในเกณฑ์ดีและในการศึกษาบทเรียนนักเรียนต้องเรียนเนื้อหาไปที่ละหน่วยตามลำดับโดยที่หน่วยการเรียนใดนักเรียนทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนนั้นไม่ถึง 80 เปอร์เซ็นต์นักเรียนต้องเรียนซ้ำหรือทำแบบฝึกหัดเพื่อให้มีความรู้ผ่านเกณฑ์ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเรียนข้ามขั้นตอนนี้หรือข้ามแบบฝึกหัดได้เพราะบทเรียนจะมีการตรวจสอบว่าแบบฝึกหัดใดนักเรียนยังไม่ได้ทำในตอนนี้ออกจากหน่วยการเรียนนั้น นักเรียนที่มีความสามารถสูงสามารถเรียนจบบทเรียนได้โดยใช้เวลาน้อยกว่าเวลาเฉลี่ยของกลุ่มทำให้นักเรียนสามารถใช้ความสามารถของตนเองในการเรียนได้อย่างเต็มที่นักเรียนสามารถเรียนบทเรียนได้ตลอดเวลาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ 1 คนต่อ 1 เครื่องผลการเรียนในแต่ละครั้งบทเรียนจะเก็บบันทึกไว้และแจ้งให้นักเรียนทราบทุกครั้งเมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดแต่ละแบบฝึกหัดและเมื่อนักเรียนกลับเข้ามาเรียนแต่ละครั้ง บทเรียนจะรายงานผลการเรียนให้นักเรียนทราบว่านักเรียนได้เรียนไปถึงหน่วยใดและหน่วยการเรียนใดยังไม่ได้เรียนทำให้นักเรียนไม่ต้องกังวลกับการจดจำบทเรียน เมื่อนักเรียนได้เรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้วถ้านักเรียนยังไม่มั่นใจนักเรียนสามารถกลับไปศึกษาได้อีกตามความต้องการของนักเรียนแต่ละคนและก่อนที่นักเรียนจะทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนต้องผ่านการทำแบบฝึกหัดสรุปบทเรียนทั้งหมดจากผู้วิจัยให้ได้ตามเกณฑ์ 80 เปอร์เซ็นต์เพื่อเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปเนื้อหาให้กับนักเรียนเพราะบทเรียนแบ่งออกเป็นหลายหน่วยหลังจากนั้นจึงให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนจากผู้วิจัยทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องปริมาณเชิงซ้อนสูงกว่ากลุ่มที่เรียน โดยปกติสอดคล้องกับผลการวิจัยของเบญจวรรณ โรจน์พานิช (2540 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องสินในน้ำผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.00/80.05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ชัยรัตน์ บุญมี (2542 : 63) ได้วิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องน้ำเพื่อชีวิตและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สุดา คำรงโกภักดิ์ (2543 : 71) ได้วิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องกลไกมนุษย์หน่วยย่อยการหมุนเวียนของเลือดและก๊าซระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มที่เรียนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน ( $P = 0.000$ ) แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยทำให้นักเรียนได้ความรู้เพิ่มขึ้น

## 5.7 ข้อเสนอแนะ

### 5.7.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ควรวางแผนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของนักเรียนตั้งแต่การจัดการตารางสอนเพราะผู้วิจัยต้องมีชั่วโมงว่างให้กับนักเรียนด้วย
2. ถ้าเป็นไปได้ควรนัดหมายให้นักเรียนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวันว่างเช่นวันเสาร์-อาทิตย์จะทำให้นักเรียนมีสมาธิในการเรียนดีขึ้นและไม่กังวล
3. ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 1 คนต่อ 1 เครื่องจะทำให้นักเรียนใช้ความสามารถของตนเองได้อย่างเต็มที่
4. นักเรียนที่มีผลการเรียนอ่อนต้องพยายามช่วยเหลือให้มีความอดทนในการเรียนแม้ว่าจะเรียนหลายๆ ครั้งก็ตามและให้เพื่อนนักเรียนที่เรียนเก่งและสอบผ่านแล้วคอยช่วยเป็นที่ปรึกษาจะทำให้การเรียนของนักเรียนดีขึ้น
5. ควรแนะนำการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์รวมทั้งการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยครูสาธิตให้นักเรียนดูพร้อมๆ กันก่อนที่จะให้นักเรียนได้ทดลองเรียนและให้นักเรียนออกมาช่วยครูสาธิตการใช้โปรแกรมในบางตอนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนมีพื้นฐานเรื่องการใช้คอมพิวเตอร์ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.7.2 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องปริมาณเชิงซ้อนสามารถนำไปใช้เพื่อเป็นสื่อเสริมหรือเรียนด้วยตนเองได้เป็นอย่างดีเพราะบทเรียนมีประสิทธิภาพทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และบทเรียนสามารถรายงานผลการเรียนของนักเรียนได้ทุกขั้นตอนทำให้ครูผู้สอนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างต่อเนื่อง และจากการสังเกตพบว่านักเรียนสนใจที่จะเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะในระหว่างการเรียนรู้ที่เมนูหลักของโปรแกรมจะมีเพลงบรรเลงให้นักเรียนผ่อนคลายความเครียดเนื่องจากบทเรียนที่สร้างขึ้นเป็นรายวิชาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องใช้ความคิดในการศึกษาตลอดเวลา

2. ถึงแม้ว่าบทเรียนจะมีประสิทธิภาพเพียงใดแต่ก็เป็นเพียงสื่อที่เป็นเครื่องมือของครูผู้สอนที่จะพิจารณาว่านักเรียนคนใดเหมาะที่จะเรียนด้วยสื่อนี้ สำหรับนักเรียนที่ไม่มีวินัยในตัวเองอาจจะไม่ชอบเรียนวิธีนี้เพราะดูเหมือนว่าเขาเรียนอยู่คนเดียวและบรรยากาศไม่เหมือนกับการเรียนในห้องเรียนที่มีเพื่อนๆพูดคุยกัน

### 5.7.3 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาอื่นๆ เพื่อใช้เป็นสื่อเสริมการเรียนให้กับนักเรียนเพิ่มมากขึ้นเพราะในระหว่างการศึกษาทดลองได้มีนักเรียนในชั้นเรียนอื่นเข้ามาซักถามและขอศึกษาบทเรียน เมื่อนักเรียนได้ศึกษาบทเรียนจบแล้วเขาได้บอกกับผู้วิจัยว่าเขามีความรู้เพิ่มขึ้นทำให้เขาเกิดความเข้าใจ

2. ควรศึกษาความคงทนในการจำที่เกิดกับนักเรียนหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มที่เรียนตามปกติว่าจะมีผลแตกต่างกันหรือไม่

## บรรณานุกรม

กรมอาชีวศึกษา. แผนการสอนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538

ประเภทช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง(เล่มที่ 2). ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีวศึกษา. หน่วยศึกษานิเทศก์.

กรອງทอง ตริอาภรณ์. 2540. "พัฒนาบทเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องกำหนดเชิงเส้นโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกรุงเทพมหานคร." ปรินญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.

กังวล เทียนกนต์เทศน์. 2540. การวัดการวิเคราะห์การประเมินทางการศึกษาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

กัลยานี ปฎิมาพรเทพ. 2539. "นวัตกรรมการปฏิรูปการศึกษาไทย." สารพัฒนาหลักสูตร. 15(125) : 6-10.

กิดานันท์ มลิทอง. 2540. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. 2541. "นักบริหารการอาชีวศึกษายุคใหม่ในภาวะวิกฤต." วารสารพัฒนาครูอาชีวศึกษา. 7(17) : 9.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2540. ทักษะไอที. กรุงเทพมหานคร : กองบริการสื่อสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

จริยา โพธิสาร. 2543. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องความรู้พื้นฐานงานมาลัย." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จักรภพ ศรีงาม. 2539. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดสมการและอสมการ." ปรินญาวิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

จันทร์ฉาย เตมียาการ. 2533. การเลือกใช้สื่อทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม. 2541. วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น2 (วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ). กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

ฉลอง ทับศรี. 2536. "การพัฒนา CAI ด้วยมัลติมีเดีย." ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา. เอกสารอัดสำเนา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฉลอง ทับศรี. 2541. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน." กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.
- ชลียา ลิ้มปิยากร. 2536. **เทคโนโลยีการศึกษา**. ฝ่ายเอกสารตำราสำนักส่งเสริมวิชาการสถาบันราชภัฏธนบุรี.
- ชัยรัตน์ บุญมี. 2542. "การพัฒนาและประเมินผลคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องน้ำเพื่อชีวิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ) สาขาวิชาเอกการจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย**. กรุงเทพฯ : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีการสอน:การออกแบบและพัฒนา**. กรุงเทพมหานคร : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- ฉนอมพร(ต้นพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. กรุงเทพฯ : วงกลมโปรดักชั่นจำกัด.
- ทักษิณา สนวนานนท์. 2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ครูสภาลาดพร้าว.
- ฉวิชชัย งามสันติวงศ์. 2540. **มัลติมีเดีย ToolBook หลักการพัฒนางานคอมพิวเตอร์ระบบมัลติมีเดีย**. กรุงเทพฯ : 21เซ็นจูรี่.
- ฉีรัชัย ปุณฺโณชิต. 2532. **การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป : เส้นทางสู่อาจารย์ 3**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉีรพงศ์ อ่อนอก. 2541. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน." กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.
- ฉนงนุช ภัทราดร. 2538. **สถิติการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ฉนิพนธ์ ศุขปริดี. **สถิติศนศึกษา**. 2528. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทยสัมพันธ์.
- ฉบุญชม ศรีสะอาด. 2540. **การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ฉบุญชม ศรีสะอาด. 2537. **การพัฒนาการสอน**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ฉบุญชม ศรีสะอาด. 2537. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัยเล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 2**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ฉบุญชม ศรีสะอาด. 2535. **การวิจัยเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

- บุญช่วย พิษณุวิวัฒน์. 2542. "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ว 032 เรื่องตารางธาตุที่สอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครู." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุญธรรม กิจปริดาบริสุทธ์. 2535. **คู่มืออาจารย์การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : การพิมพ์พระนคร.
- บุญธรรม กิจปริดาบริสุทธ์. 2535. **การเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : B&B Publishing.
- บุญมี พันธุ์ไทย. 2542. **การวิจัยในชั้นเรียน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. 2539. **การวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : พี.เอ็น. การพิมพ์.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. 2539. **สถิติวิจัย I.** กรุงเทพฯ : พี.เอ็น. การพิมพ์.
- บุญเลิศ ทัดดอกไม้. 2539. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดวิชาการถ่ายภาพเบื้องต้น." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- บุญสืบ พันธุ์ดี. 2537. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- บุปผชาติ ทัพทิกกรณ์. 2535. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับอินเทอร์เน็ต." **วารสารสถาบันพัฒนาครูอาชีวศึกษา,** 5(11) : 22-23.
- บุปผชาติ ทัพทิกกรณ์. 2538. "คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน." เอกสารประกอบการฝึกอบรมมัลติมีเดีย CAI, 20-26 มี.ค. เอกสารจัดสำเนา.
- เบ็ญจวรรณ โจรณ์พานิช. 2540. "ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้ภาพจำลองสถานการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2." วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุรณะ สมชัย. 2538. **การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI).** กรุงเทพมหานคร : หจก. เม็ดทรายพริ้นติ้ง.
- ปิยะวัฒน์ หวังอารี. 2533. "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบค้นพบและแบบบอกให้รู้." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ประเสริฐ เลิศชัยนดี. 2540. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ช่วงอุตสาหกรรมเรื่อง การแยกแยะและการหาแรงลัพธ์." วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์- การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรชัย จันทร์อานวยชัย. 2540. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเพื่อสอนซ่อมเสริมนักเรียน" วิทยานิพนธ์การศึกษา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2538. การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนระดับ **อุดมศึกษา**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พีระพล ศิริวงศ์. 2540. **คณิตศาสตร์สำหรับคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ : พิสิกส์เซ็นเตอร์.
- เพิ่มเกียรติ ขมวัดมณา, (ผู้รวบรวม) 2532. **สู่เส้นทางใหม่ทางการศึกษา-คอมพิวเตอร์ กับการศึกษา**. กรุงเทพฯ : โครงการตำราและเอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพบูลย์ เทวรักษ์. 2540. **จิตวิทยาการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ : เอส.ดี.เพรส.
- ภัทรา นิคมานนท์. 2539. **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัย**. กรุงเทพฯ : อักษราพิพัฒน์.
- มงคล ทองสงคราม. 2540. **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 2**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : วิ.เจ.พรินติ้ง.
- มาลินี จุฑะรพ. 2539. **จิตวิทยาการเรียนการสอน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ทิพย์พิสุทธิ์.
- ไมตรี วรุดมิจรยากุล. 2540. **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเล่ม 4**. ศูนย์การพิมพ์พลชัย.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2536. **วิธีวิจัยการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540. **วิจัยการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วารินทร์ รัศมีพรหม. 2531. **คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร : ชวนพิมพ์.
- วีระ ไทยพานิช. 2534. **การออกแบบและพัฒนาระบบการสอน**. ภาควิชาสัตตทัศน์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศิริพงศ์ พยอมแย้ม. 2533. **การเลือกและการใช้สื่อการเรียนการสอน**. กรุงเทพฯ : โอเอสพรินติ้งเฮาส์.
- ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. 2539. **เทคโนโลยีไฟฟ้ากระแสสลับเล่ม 2 : ระบบไฟฟ้า 3 เฟส**. กรุงเทพฯ : ประชาชนจำกัด.

- สมควร ศรีภูสิตโต. 2539. "ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซ่อมเสริมวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 โดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายบุคคล และแบบร่วมมือ." ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สมนึก ภัททิพยธนี. 2541. การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กทม.ลินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สาคร พลราชม. 2529. ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ. กรุงเทพฯ: พัทธกิจอักษร.
- सानนท์ ฉายเจริญ. 2533. โปรแกรมประยุกต์ด้านการศึกษา(ภาษา BASIC)การวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบ การตัดเกรด การสร้างบทเรียนโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ไอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- สิทธิพร บุญญานูวัตร. 2540. "สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการสอนและฝึกอบรม." วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา. 9(24): 23-26.
- สุดา ดำรงโภคภณท์. 2543. "ผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการสอนตามคู่มือครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องกลไกมนุษย์หน่วยย่อยการหมุนเวียนของเลือดและก๊าซ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุพิทย์ กาญจนพันธ์. 2541. รวมศัพท์เทคโนโลยีและสื่อสาร เพื่อการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: เอช. เอ็น. กรุ๊ป จำกัด.
- เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. 2538. เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อนูรัตน์ ชันธวิธิ. 2540. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์สอนเสริมวิชาคณิตศาสตร์สำหรับ นักศึกษาวิทยาลัยเทคนิค." ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา.
- อุทุมพร(ทองอุไทย) จามรमान. 2532. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะเฉพาะผู้เรียน. กรุงเทพฯ: ฟีนีพับลิชชิ่ง.
- อุทุมพร(ทองอุไทย) จามรमान. 2530. การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนระดับ-อุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: ฟีนีพับลิชชิ่ง.
- อุ้นใจ ลิมตระกูล. 2538. คณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ภูมิบัญญัติ
- เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์. 2538. การวิจัยเทคโนโลยีการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hurlock, Richard E. 1971. "Development and Evaluation of Computer Assisted Instruction for Navy Electronics Training. Two, Inductance."

ERIC\_NO : ED049651.

Liu, His-Chiu. 1975. "Computer-Assisted Instruction in Teaching College Physics."

**Dissertation Abstracts International 42.** March : 1411-A-1412-A.

Thompson, Richard A. 1990. "The Relative Effectiveness of Computer Assisted Instruction (CAI) for Teaching Students To Read English."

ERIC\_NO : ED322479.

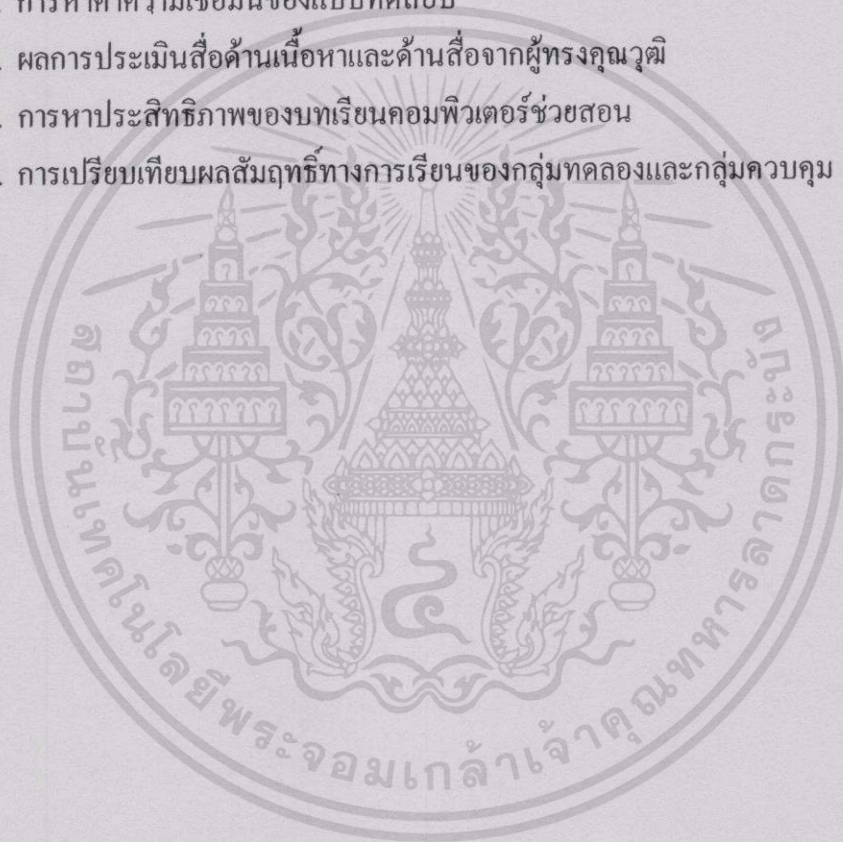


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### การคำนวณทางสถิติ

1. การหาค่า IOC ของข้อสอบ
2. การหาค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r)
3. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
4. ผลการประเมินสื่อค้นหาและค้นหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ
5. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
6. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



ตารางที่ 6.1 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (IOC)  
โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ ที่	ผลการประเมิน			ค่า IOC
		สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
1. นักเรียนสามารถบอกความหมายของ ปริมาณเชิงซ้อนได้	1	//	/	-	0.67
	2	//	/	-	0.67
	3	///	-	-	1.00
	4	///	-	-	1.00
	4	///	-	-	1.00
	6	///	-	-	1.00
	7	///	-	-	1.00
2. นักเรียนสามารถเขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ ในรูปแบบของ Rectangular ได้	8	///	-	-	1.00
3. นักเรียนสามารถเขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ ในรูปแบบของ Polar ได้	9	///	-	-	1.00
4. นักเรียนสามารถเขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ ในรูปแบบของ Trigonometric ได้	10	///	-	-	1.00
5. นักเรียนสามารถเขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ ในรูปแบบของ Exponential ได้	11	///	-	-	1.00
6. นักเรียนสามารถเปลี่ยนรูปแบบปริมาณ เชิงซ้อนได้	12	///	-	-	1.00
	13	///	-	-	1.00
	14	///	-	-	1.00
	15	///	-	-	1.00
7. นักเรียนสามารถบวกปริมาณเชิงซ้อนได้	16	///	-	-	1.00
	17	///	-	-	1.00
	18	///	-	-	1.00
	19	///	-	-	1.00
	20	///	-	-	1.00

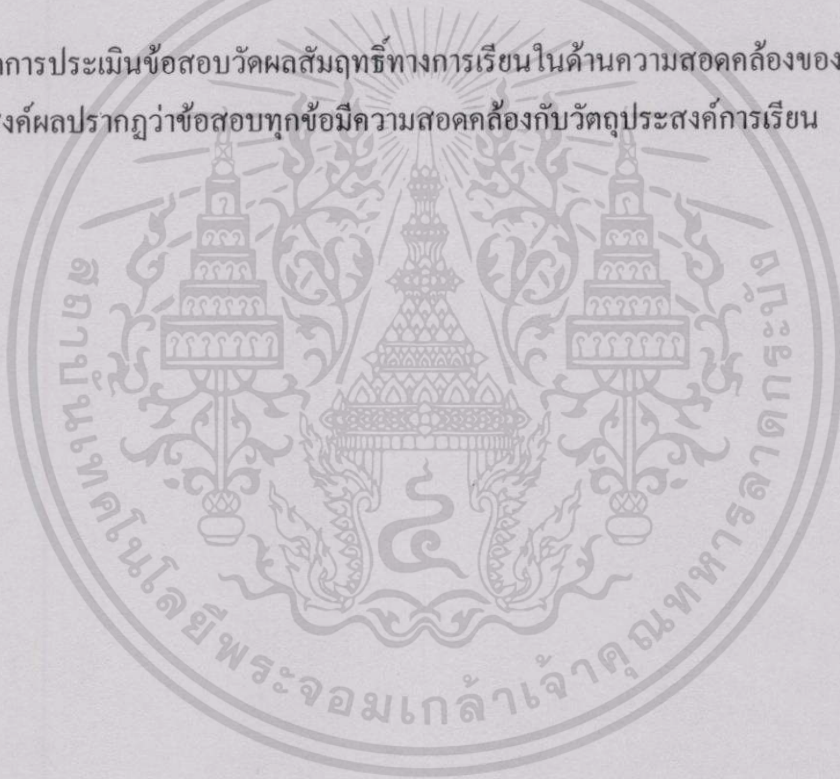
ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ ที่	ผลการประเมิน			ค่า IOC
		สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
8. นักเรียนสามารถลบปริมาณเชิงซ้อนได้	21	///	-	-	1.00
	22	///	-	-	1.00
	23	///	-	-	1.00
	24	///	-	-	1.00
	25	///	-	-	1.00
9. นักเรียนสามารถคูณปริมาณเชิงซ้อนได้	26	///	-	-	1.00
	27	///	-	-	1.00
	28	///	-	-	1.00
	29	///	-	-	1.00
	30	///	-	-	1.00
10. นักเรียนสามารถหารปริมาณเชิงซ้อนได้	31	///	-	-	1.00
	32	///	-	-	1.00
	33	///	-	-	1.00
	34	///	-	-	1.00
	35	///	-	-	1.00
11. นักเรียนสามารถคูณปริมาณเชิงซ้อนแบบ เชิงซ้อนได้	36	///	-	-	1.00
	37	///	-	-	1.00
	38	///	-	-	1.00
	39	///	-	-	1.00
	40	///	-	-	1.00
12. นักเรียนสามารถหารปริมาณเชิงซ้อนรูป เชิงซ้อนได้	41	///	-	-	1.00
	42	///	-	-	1.00
	43	///	-	-	1.00
	44	///	-	-	1.00
	45	///	-	-	1.00

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ ที่	ผลการประเมิน			ค่า IOC
		สอดคล้อง (+1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่สอดคล้อง (-1)	
13.นักเรียนสามารถคูณและหารปริมาณ เชิงซ้อนรูปเชิงขั้วได้	46	///	-	-	1.00
	47	///	-	-	1.00
	48	///	-	-	1.00
	49	///	-	-	1.00
	50	///	-	-	1.00

ผลการประเมินข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านความสอดคล้องของข้อสอบ  
กับวัตถุประสงค์ผลปรากฏว่าข้อสอบทุกข้อมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้



ตารางที่ 6.2 แสดงคะแนนสอบของนักเรียนที่ผ่านการเรียนวิชาทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 มาแล้ว  
จำนวน 40 คน

คนที่	คะแนน	คนที่	คะแนน
1.	49	21.	30
2.	48	22.	30
3.	47	23.	24
4.	46	24.	24
5.	43	25.	23
6.	40	26.	23
7.	39	27.	23
8.	39	28.	23
9.	39	29.	23
10.	37	30.	22
11.	36	31.	20
12.	36	32.	20
13.	36	33.	19
14.	34	34.	18
15.	34	35.	16
16.	34	36.	16
17.	33	37.	15
18.	32	38.	15
19.	32	39.	14
20.	30	40.	11

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบจำนวน 50 ข้อ

ข้อ ที่	กลุ่ม สูง	กลุ่ม ต่ำ	p	r	q	pq	ข้อ ที่	กลุ่ม สูง	กลุ่ม ต่ำ	p	r	q	pq
1.	16	7	0.575	0.450	0.425	0.244	26.	7	5	0.300	0.100	0.700	0.210
2.	16	8	0.600	0.400	0.400	0.240	27.	10	1	0.275	0.450	0.725	0.199
3.	15	11	0.650	0.200	0.350	0.228	28.	10	3	0.325	0.350	0.675	0.219
4.	14	13	0.425	0.550	0.575	0.244	29.	4	1	0.125	0.150	0.875	0.109
5.	18	7	0.625	0.550	0.375	0.234	30.	13	8	0.525	0.250	0.475	0.249
6.	20	15	0.875	0.250	0.125	0.109	31.	10	4	0.350	0.300	0.650	0.228
7.	16	13	0.725	0.150	0.275	0.199	32.	13	6	0.475	0.350	0.525	0.249
8.	18	11	0.725	0.350	0.275	0.199	33.	9	3	0.300	0.300	0.700	0.210
9.	19	12	0.775	0.350	0.225	0.174	34.	14	11	0.625	0.150	0.375	0.234
10.	19	13	0.800	0.300	0.200	0.160	35.	9	5	0.350	0.200	0.650	0.228
11.	19	15	0.850	0.200	0.150	0.128	36.	20	17	0.925	0.150	0.075	0.069
12.	2	1	0.075	0.050	0.925	0.069	37.	20	13	0.825	0.350	0.175	0.144
13.	15	10	0.625	0.250	0.375	0.234	38.	19	16	0.875	0.150	0.125	0.109
14.	8	7	0.375	0.050	0.625	0.234	39.	20	6	0.650	0.700	0.350	0.228
15.	15	9	0.600	0.300	0.400	0.240	40.	11	2	0.325	0.450	0.675	0.219
16.	20	13	0.825	0.350	0.175	0.144	41.	18	13	0.775	0.250	0.255	0.174
17.	19	16	0.875	0.150	0.125	0.109	42.	18	4	0.550	0.700	0.450	0.248
18.	16	12	0.700	0.200	0.300	0.210	43.	15	6	0.525	0.450	0.475	0.249
19.	20	17	0.925	0.150	0.075	0.069	44.	15	4	0.475	0.550	0.525	0.249
20.	19	8	0.675	0.550	0.325	0.219	45.	16	3	0.475	0.650	0.525	0.249
21.	20	11	0.775	0.450	0.225	0.174	46.	12	3	0.375	0.450	0.625	0.234
22.	19	11	0.750	0.400	0.250	0.188	47.	20	8	0.700	0.600	0.300	0.210
23.	20	9	0.725	0.550	0.275	0.199	48.	19	5	0.600	0.700	0.400	0.240
24.	18	4	0.550	0.700	0.450	0.248	49.	12	3	0.375	0.450	0.625	0.234
25.	17	10	0.675	0.350	0.325	0.219	50.	12	5	0.425	0.035	0.575	0.244

$$K = 50$$

$$\sum pq = 9.950$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 แสดงคะแนนสอบ(X),(X)<sup>2</sup>ของนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องปริมาณเชิงซ้อนมาแล้วจำนวน 40 คน คะแนนเต็ม 50 คะแนน

คนที่	คะแนน(X)	(X) <sup>2</sup>	คนที่	คะแนน(X)	(X) <sup>2</sup>
1	49	2,401	21	30	900
2	48	2,304	22	30	900
3	47	2,209	23	24	576
4	46	2,116	24	24	576
5	43	1,849	25	23	529
6	40	1,600	26	23	529
7	39	1,521	27	23	529
8	39	1,521	28	23	529
9	39	1,521	29	23	529
10	37	1,369	30	22	484
11	36	1,296	31	20	400
12	36	1,296	32	20	400
13	36	1,296	33	19	361
14	34	1,156	34	18	324
15	34	1,156	35	16	256
16	34	1,156	36	16	256
17	33	1,089	37	15	225
18	32	1,024	38	15	225
19	32	1,024	39	14	196
20	30	900	40	11	121
รวม	764	29,804	รวม	409	8,845
N = 40		$\sum X = 1,173$			$\sum X^2 = 38,649$

ตารางที่ 6.5 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	p	r	q	pq	ข้อที่	p	r	q	pq
1.	0.575	0.450	0.425	0.244	16.	0.775	0.450	0.225	0.174
2.	0.600	0.400	0.400	0.240	17.	0.750	0.400	0.250	0.188
3.	0.650	0.200	0.350	0.228	18.	0.725	0.550	0.275	0.199
4.	0.425	0.550	0.575	0.244	19.	0.275	0.450	0.725	0.199
5.	0.625	0.550	0.375	0.234	20.	0.525	0.250	0.475	0.249
6.	0.875	0.250	0.125	0.109	21.	0.350	0.300	0.650	0.228
7.	0.725	0.350	0.275	0.199	22.	0.475	0.350	0.525	0.249
8.	0.775	0.350	0.225	0.174	23.	0.825	0.350	0.175	0.144
9.	0.800	0.300	0.200	0.160	24.	0.650	0.700	0.350	0.228
10.	0.850	0.200	0.150	0.128	25.	0.325	0.450	0.675	0.219
11.	0.625	0.250	0.375	0.234	26.	0.800	0.200	0.200	0.160
12.	0.600	0.300	0.400	0.240	27.	0.550	0.700	0.450	0.248
13.	0.825	0.350	0.175	0.144	28.	0.375	0.450	0.625	0.234
14.	0.700	0.200	0.300	0.210	29.	0.700	0.600	0.300	0.210
15.	0.675	0.550	0.325	0.219	30.	0.600	0.700	0.400	0.240

K = 30

 $\sum pq = 6.176$ 

คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และครอบคลุมเนื้อหา (บุญธรรม กิจปริดาปริสุทธิ. 2535 : 143) โดยใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จากตารางจะได้ข้อสอบสำหรับใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.275-0.875 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.200-0.700

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของ KR - 20 ของ Kuder - Richardson  
(บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ์. 2535 : 172)

$$N = 40$$

$$K = 30$$

$$\sum X = 1,173$$

$$\sum X^2 = 38,649$$

$$\sum pq = 6.176$$

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{40(38,649) - (1,173)^2}{40(40-1)}$$

$$S_t^2 = 108.994$$

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

$$r_{tt} = \frac{30}{30-1} \left( 1 - \frac{6.176}{108.994} \right)$$

$$r_{tt} = 0.976$$

ได้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีค่าความเชื่อมั่น  
เท่ากับ 0.976

ตารางที่ 6.6 แสดงผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ  
จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง			
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	5.000	0.000	ดีมาก
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.000	1.000	ดี
- ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	5.000	0.000	ดีมาก
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.330	0.577	ดี
- ความถูกต้องของเนื้อหา	4.670	0.577	ดี
- ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.000	0.000	ดีมาก
- ความเหมาะสมของการสรุปเนื้อหา	4.330	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของกิจกรรม	4.330	1.156	ดี
2. สคริปต์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
- ความเหมาะสมของเนื้อหาในบทเรียน	5.000	0.000	ดีมาก
- ความเหมาะสมของจำนวนกรอบภาพ	4.330	1.156	ดี
- เหมาะสมของการออกแบบกรอบภาพ	4.330	0.577	ดี
รวม	4.576	-	-

ค่าเฉลี่ยรวมจากแบบประเมินสื่อในด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านมีค่า 4.576  
มีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 6.7 แสดงผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านสื่อ) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ  
จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ผลการวิเคราะห์		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง			
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	4.670	0.577	ดีมาก
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.000	0.000	ดี
- ความเหมาะสมของรูปแบบหรือวิธีการนำเสนอ	4.000	1.000	ดี
- ความเหมาะสมของการสรุปเนื้อหา	3.670	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของแบบฝึกหัด	4.000	0.000	ดี
2. ภาษา			
- ความเหมาะสมของภาษา	4.330	0.577	ดี
- ความถูกต้องของหลักภาษา	4.330	0.577	ดี
3. กราฟิก			
- ความเหมาะสมของแบบตัวอักษร	4.000	1.000	ดี
- ความชัดของตัวอักษร	3.670	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.330	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของการเลือกใช้ สีตัวอักษรและสีพื้น	4.670	0.577	ดีมาก
- ความเหมาะสมของการใช้รูปภาพและภาพกราฟิกประกอบเนื้อหา	4.670	0.577	ดีมาก
4. โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอบทเรียน	4.330	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของเนื้อหาในบทเรียน	4.670	0.577	ดีมาก
- ความเหมาะสมของจำนวนกรอบภาพ	3.670	0.577	ดี
- ความเหมาะสมของการออกแบบกรอบภาพ	3.670	0.577	ดี
รวม	4.167	-	-

ค่าเฉลี่ยรวมจากแบบประเมินด้านสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านมีค่า 4.167 มีระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 6.8 แสดงคะแนนการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนจำนวน 9 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัด (X) 570 คะแนน	คะแนนแบบทดสอบ (F) 30 คะแนน
1.	536	30
2.	475	22
3.	487	22
4.	480	22
5.	477	19
6.	468	19
7.	522	29
8.	485	19
9.	510	28
N = 9	$\sum X = 4,440$	$\sum F = 210$
	$E_1 = 86.54$	$E_2 = 77.77$

$$E_1 = \frac{4,440}{570} \times 100$$

$$E_1 = 86.54 \%$$

$$E_2 = \frac{210}{30} \times 100$$

$$E_2 = 77.77 \%$$

จากตารางเมื่อทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนจำนวน 9 คนจะได้  $E_1/E_2 = 86.54/77.77$

ตารางที่ 6.9 แสดงคะแนนการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียน  
จำนวน 24 คนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัด (X) 570 คะแนน	คะแนนแบบทดสอบ (F) 30 คะแนน
1.	458	28
2.	490	25
3.	465	19
4.	453	25
5.	526	22
6.	495	29
7.	481	22
8.	458	22
9.	488	26
10.	511	29
11.	483	20
12.	504	23
13.	487	28
14.	514	29
15.	517	20
16.	525	30
17.	537	24
18.	502	20
19.	478	23
20.	530	28
21.	496	24
22.	497	23
23.	486	21
24.	510	26
N = 24	$\sum X = 11,891$	$\sum F = 577$
	$E_1 = 86.92$	$E_2 = 80.13$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_1 = \frac{\frac{11891}{24}}{570} \times 100$$

$$E_1 = 86.92 \%$$

$$E_2 = \frac{\frac{577}{24}}{30} \times 100$$

$$E_2 = 80.13 \%$$

เมื่อทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนจำนวน 24 คน  
จะได้  $E_1/E_2 = 86.92/80.13$

80 ตัวแรกหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนหน่วยย่อย ซึ่งคำนวณจาก  
ค่าคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบย่อยหลังการเรียนรู้ในแต่ละเรื่อง โดยคิด  
เป็นร้อยละแล้วได้ 80 หรือสูงกว่า

80 ตัวหลังหมายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมดซึ่งคำนวณจากค่าคะแนนเฉลี่ยที่  
นักเรียนตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนเนื้อหาครบทุกเรื่อง โดยคิดเป็นร้อยละแล้วได้  
80 หรือสูงกว่า

ตารางที่ 6.10 แสดงการเปรียบเทียบความแปรปรวน (F-test) และค่าเฉลี่ยเลขคณิต (t-test) จาก  
คะแนนทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคะแนนเต็ม 30 คะแนน

ลำดับที่	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel		
1	10	7	F-Test Two-Sample for Variances		
2	10	8			
3	9	5		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
4	9	9	Mean	7.583333333	8.625
5	5	8	Variance	6.427536232	4.940217391
6	14	5	Observations	24	24
7	9	13	df	23	23
8	9	9	F	1.30106344	
9	12	8	P(F<=f) one-tail	0.266517283	
10	9	9	F Critical one-tail	2.719076519	
11	5	3			
12	6	5	t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
13	7	14		กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
14	7	9	Mean	8.625	7.583333333
15	8	7	Variance	4.940217391	6.427536232
16	8	10	Observations	24	24
17	8	5	Pooled Variance	5.683876812	
18	8	5	Hypothesized	0	
19	6	7	Mean Difference		
20	13	7	df	46	
21	8	8	t Stat	1.513551008	
22	10	8	P(T<=t) one-tail	0.068490429	
23	8	8	t Critical one-tail	1.678658919	
24	9	5	P(T<=t) two-tail	0.136980857	
			t Critical two-tail	2.012893674	

ตารางที่ 6.11 แสดงการเปรียบเทียบความแปรปรวน (F-test) และค่าเฉลี่ยเลขคณิต (t-test) จาก  
คะแนนทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคะแนนเต็ม30 คะแนน

ลำดับที่	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม Excel		
1	26	26	F-Test Two-Sample for Variances		
2	26	17		กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
3	26	16	Mean	16.125	23.625
4	26	18	Variance	24.54891304	22.94021739
5	27	8	Observations	24	24
6	25	17	df	23	23
7	30	18	F	1.070125563	
8	29	13	P(F<=f) one-tail	0.436145356	
9	29	13	F Critical one-tail	2.719076519	
10	22	19	t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
11	15	15		กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
12	26	21	Mean	23.625	16.125
13	22	29	Variance	22.94021739	24.54891304
14	15	13	Observations	24	24
15	15	10	Pooled Variance	23.74456522	
16	23	13	Hypothesized Mean Difference	0	
17	30	19	df	46	
18	21	17	t Stat	5.331749975	
19	22	10	P(T<=t) one-tail	1.43254E-06	
20	26	18	t Critical one-tail	1.678658919	
21	18	10	P(T<=t) two-tail	2.86508E-06	
22	27	14	t Critical two-tail	2.012893674	
23	25	13			
24	16	20			

## ภาคผนวก ข

### เนื้อหาวิชาเรื่องปริมาตรเชิงซ้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการสอนทฤษฎีวิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 หน่วยที่ 3 ชื่อหน่วยปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number) ใช้เวลาสอนครั้งที่ 5-6 จำนวน 4 คาบ

**หัวข้อเรื่อง** หน่วยที่ 3 ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องต่อไปนี้

1. Complex Number
2. Rectangular form
3. Polar form
4. Trigonometric form
5. Exponential form
6. การเปลี่ยน Form ของ Complex Number
7. การ Conjugate
8. การบวก,ลบ,คูณ,หาร Complex Number

### สาระสำคัญ

ปริมาณเชิงซ้อนเป็นผลรวมของแกนในแนวราบกับแนวตั้งฉากทำให้เกิดมุมเป็นตัวประกอบมุมฉาก ปริมาณเชิงซ้อนสามารถเขียนและแปลงให้อยู่ในรูปแบบต่างๆ ได้ 4 รูปแบบ และนำมาบวก,ลบ,คูณและหารกันได้

### จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป  
เพื่อให้ผู้ที่มาของปริมาณเชิงซ้อน รู้จักรูปแบบปริมาณเชิงซ้อน เข้าใจการเปลี่ยนรูปแบบปริมาณเชิงซ้อนจากรูปแบบหนึ่ง ไปเป็นรูปแบบต่างๆ และรู้จักวิธีบวก,ลบ,คูณและหารปริมาณเชิงซ้อน

### 2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากศึกษาหน่วยที่ 3 แล้ว นักเรียนสามารถ

- 2.1 บอกความหมายของปริมาณเชิงซ้อนได้
- 2.2 เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Rectangular ได้
- 2.3 เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Polar ได้
- 2.4 เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Trigonometric ได้
- 2.5 เขียนปริมาณเชิงซ้อนให้อยู่ในรูปแบบของ Exponential ได้
- 2.6 เปลี่ยนรูปแบบของปริมาณเชิงซ้อนได้
- 2.7 บวก,ลบ,คูณ,และหารปริมาณเชิงซ้อนได้

## เนื้อหาสาระ

1. ปริมาณเชิงซ้อน
2. เลขจำนวนจริง
3. เลขจำนวนจินตภาพ
4. แกนแนวระนาบของเลขจำนวนจริง
5. แกนแนวระนาบของเลขจำนวนจินตภาพ
6. จุดรวมของจำนวนจริงกับจำนวนจินตภาพ
7. Rectangular form ของปริมาณเชิงซ้อน
8. Polar form ของปริมาณเชิงซ้อน
9. Trigonometric form ของปริมาณเชิงซ้อน
10. Exponential form ของปริมาณเชิงซ้อน
11. การเปลี่ยน Form ของปริมาณเชิงซ้อน
12. การ Conjugate
13. การบวก,ลบ,คูณและหารเลขเชิงซ้อน

### 1. ปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number)

1.1 เลขจำนวนจริง (Real Number) คือ จำนวนเลขที่เราสามารถทราบค่าได้ว่ามีมากหรือน้อยเพียงใดเลขจำนวนจริงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

#### 1.1.1 จำนวนตรรกยะ (Rational Number)

จำนวนตรรกยะ คือ เลขที่อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม , เศษส่วน , หรือเลขทศนิยมที่หาค่าได้ถูกต้องแน่นอน เช่น  $-2, -1, 0, 1, 2, 9/2, 0.2$

#### 1.1.2 จำนวนอตรรกยะ (Irration Number)

จำนวนอตรรกยะ คือ เลขจำนวนที่ไม่สามารถหาค่าได้ถูกต้องแน่นอน เช่น

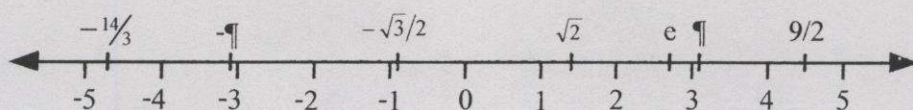
$$10/3 = 3.33333.....$$

$$\sqrt{2} = 1.4142136.....$$

$$\pi = 3.1415926.....$$

$$e = 2.71828.....$$

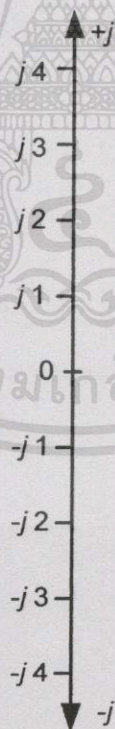
จะเห็นว่าจำนวนตรรกยะและอตรรกยะ ต่างก็เป็นเลขจำนวนจริง แต่ค่าของมันจะแน่นอนหรือไม่เท่านั้น เราสามารถกำหนดค่าของเลขจำนวนจริงต่าง ๆ ลงบนแกนเส้นตรงได้และเราเรียกเส้นตรงนี้ว่า “เส้นจำนวนจริง (Real Number Line)”



รูปที่ 6.1 เส้นจำนวนจริง (Real Number Line)

## 2. จำนวนจินตภาพ (Imaginary Number)

ค่ารากที่สองของเลขจำนวนจริงที่เป็นบวก เช่น  $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{64}$  สามารถหาค่าได้และค่าที่ได้ก็กำหนดลงในเส้นจำนวนจริงได้ แต่มีเลขอีกจำนวนหนึ่งซึ่งมีค่าเป็นลบและเราไม่สามารถหาค่ารากที่สองของจำนวนจริงลบได้ เช่น  $\sqrt{-1}, \sqrt{-2}, \sqrt{-5}, \sqrt{-16}$  เมื่อหาค่าไม่ได้ก็ไม่นับเป็นเลขจำนวนจริง แต่นักคณิตศาสตร์ได้จัดระบบตัวเลขดังกล่าวเสียใหม่เรียกว่า “จำนวนจินตภาพ” และกำหนดให้ค่ารากที่สองของจำนวนจริงที่เป็นลบเหล่านี้เขียนลงในแกนจินตภาพหรือเส้นจำนวนจินตภาพ (Imaginary Number Line)



รูปที่ 6.2 เส้นจำนวนจินตภาพ (Imaginary Number Line)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเราจะเห็นว่าจะใช้ ตัวอักษร  $j$  แทนจำนวนจินตภาพแต่ในวิชาคณิตศาสตร์จะใช้ ตัวอักษร  $i$  ในวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ตัว  $i$  หมายถึง ค่าของกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเราจึงเปลี่ยนจาก ตัวอักษร  $i$  เป็น  $j$  และมีค่าเท่ากับ  $\sqrt{-1}$  ทำให้เราสามารถเขียนรากที่สองของจำนวนจริงที่มีค่า เลขใดๆ ได้

$$\text{เมื่อ } j = \sqrt{-1} \text{ และ } j^2 = (\sqrt{-1})^2 = -1$$

$$\text{ดังนั้น } \sqrt{-16} = \sqrt{(-1)(4)(4)}$$

$$= 4\sqrt{-1}$$

$$= j4$$

$$-\sqrt{-4} = -\sqrt{(-1)4}$$

$$= -2\sqrt{-1}$$

$$= -j2$$

$$j^3 = (j^2)(j)$$

$$= (-1)(j)$$

$$= -j$$

$$j^4 = (j^2)(j^2)$$

$$= (-1)(-1)$$

$$= 1$$

$$j^5 = (j^4)(j)$$

$$= (1)(j^2)(j)$$

$$= (-1)(-1)(j)$$

$$= j$$

สรุป เลขที่เขียนด้วยหน่วยจินตภาพ ( $j$ ) และจำนวนอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปของ  $j$  เช่น  $j4$ ,  $j5$ ,  $-j3/4$  เรียกว่าจำนวนจินตภาพ

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\sqrt{-32}$ ,  $j^8$

$$\sqrt{-32} = \sqrt{(-1)(4)(4)(2)}$$

$$= 4\sqrt{(-1)(2)}$$

$$= j4\sqrt{2}$$

$$j^8 = (j^4)(j^4)$$

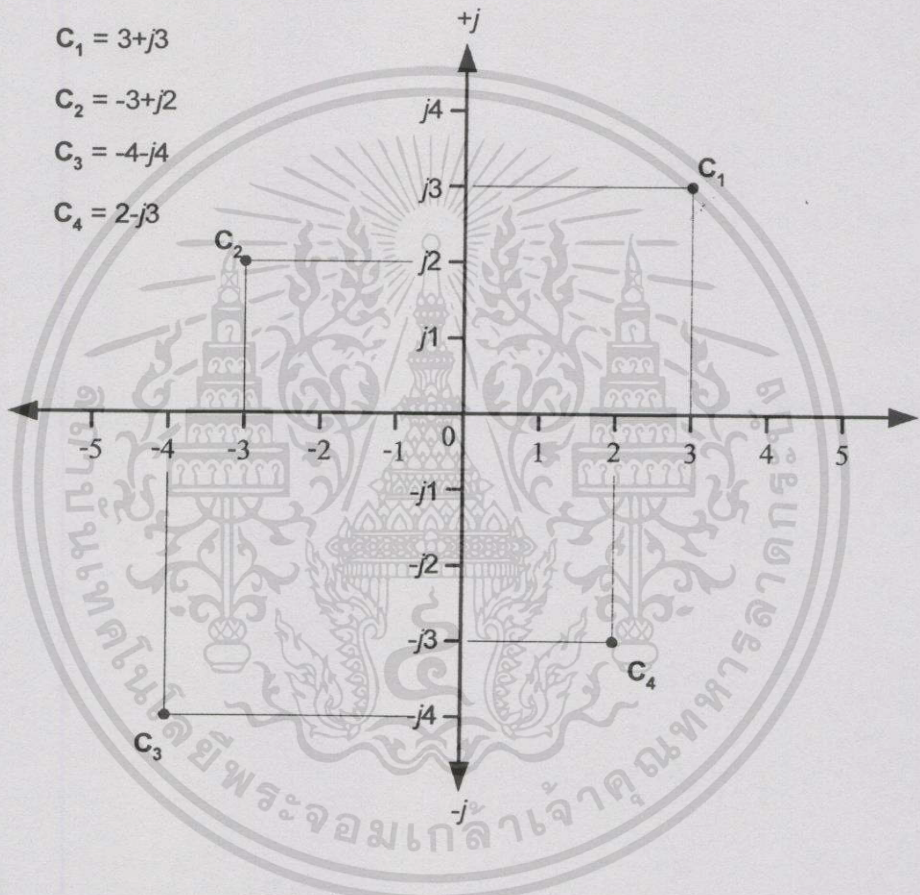
$$= (1)(1)$$

$$= 1$$

### 3. จำนวนเชิงซ้อน (Complex Number)

เลขจำนวนเชิงซ้อนใด ๆ ที่เขียนให้อยู่ในรูปของ  $a+jb$  เมื่อ  $a$  และ  $b$  เป็นเลขจำนวนจริงใด ๆ โดยเรียกส่วนของ  $a$  ว่าส่วนจริง (Real Part) และส่วนของ  $b$  ว่าส่วนจินตภาพ (Imaginary part) และเรียกตัว  $j$  ว่าหน่วยจินตภาพมีค่าเท่ากับ  $\sqrt{-1}$  เลขจำนวนดังกล่าวนี้เรียกว่าจำนวนเชิงซ้อน

เมื่อกำหนดให้แกนจริง (Real axis) ตั้งฉากกับแกนจินตภาพ (Imaginary axis) เราสามารถกำหนดจำนวนเชิงซ้อนลงไปบนพื้นที่ระหว่าง 2 แกน (Complex Plane) ได้ดังรูป

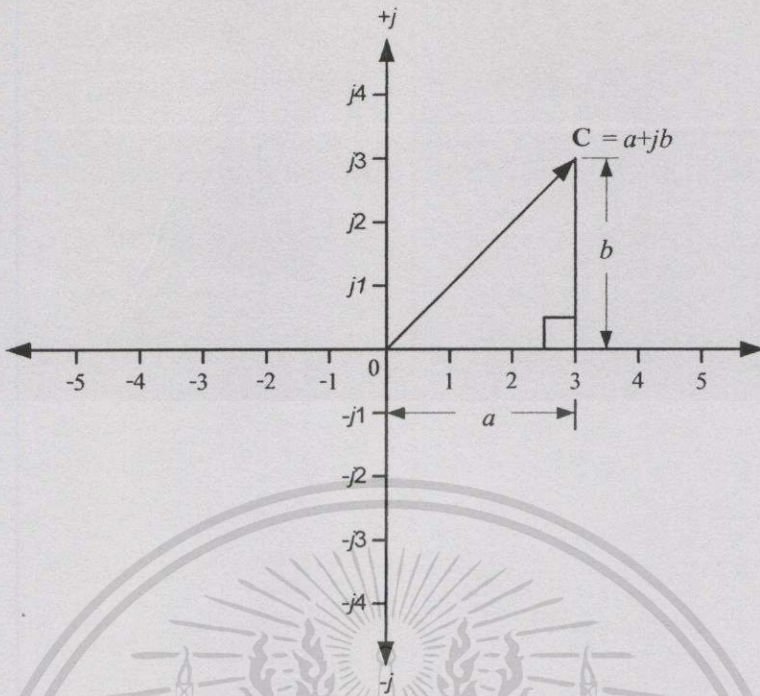


รูปที่ 6.3 แสดงค่าของจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดลงใน Complex Plane

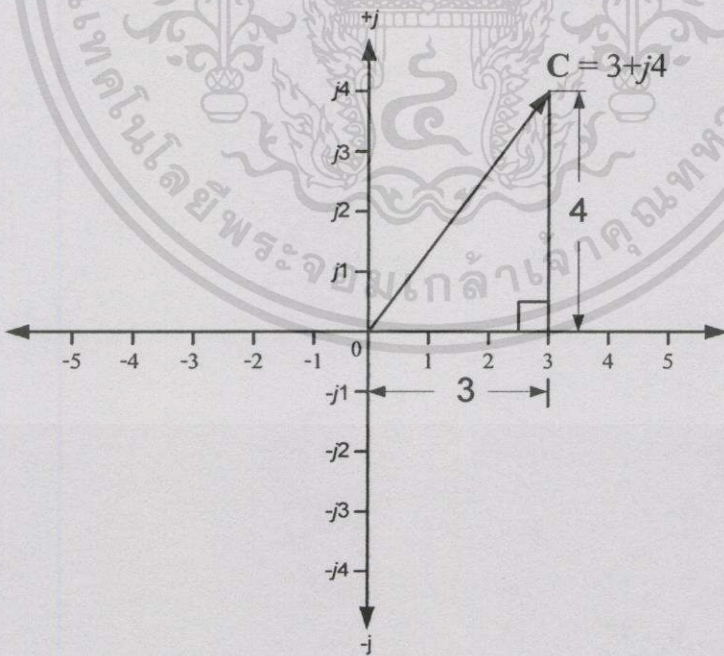
### 4. รูปแบบของปริมาณเชิงซ้อน

#### 4.1 จำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก (Rectangular Form)

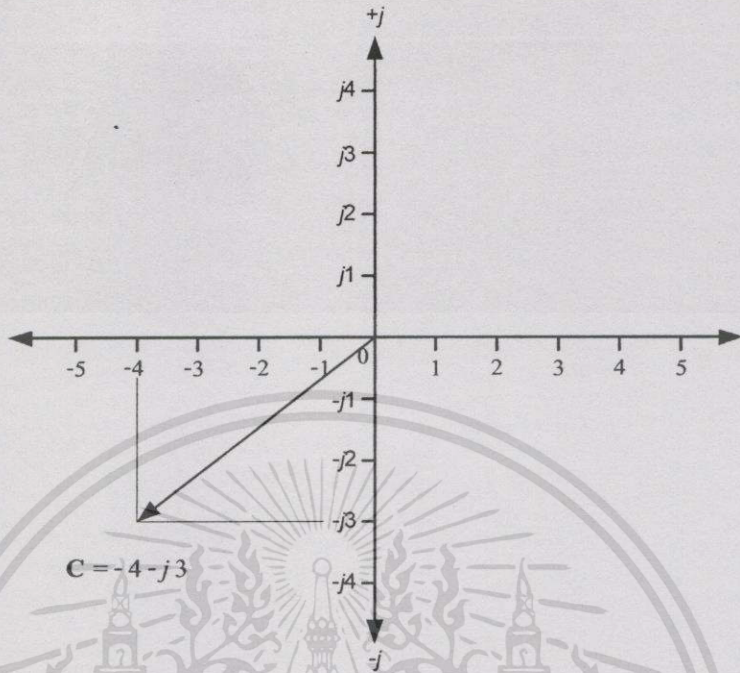
จำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก (Rectangular Form) คือ รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนที่เขียนในรูปของ  $C = a+jb$  เมื่อนำไปเขียนลงในแนวแกนระนาบเชิงซ้อน (Complex Plane) ตำแหน่งของจำนวนเชิงซ้อนจะบอกได้โดยขนาดของด้านทั้งสองของสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือขนาดของส่วนจริงและส่วนจินตภาพดังรูป



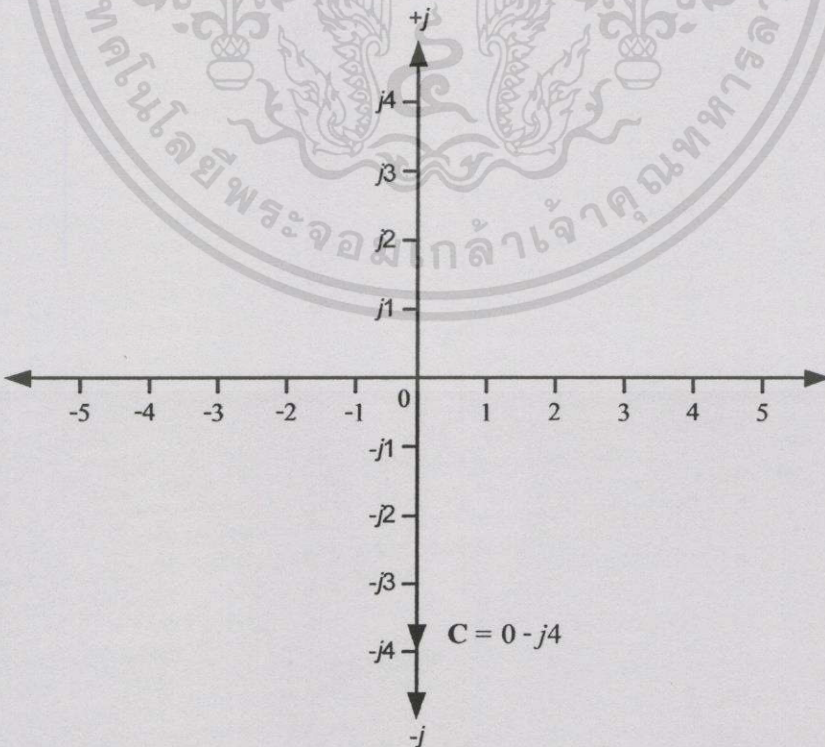
ตัวอย่าง จงเขียนเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อน  $C = 3 + j4$  ในแนวแกนระนาบเชิงซ้อน



ตัวอย่าง จงเขียนภาพเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อน  $C = -4 - j3$  ลงในแนวแกนระนาบเชิงซ้อน

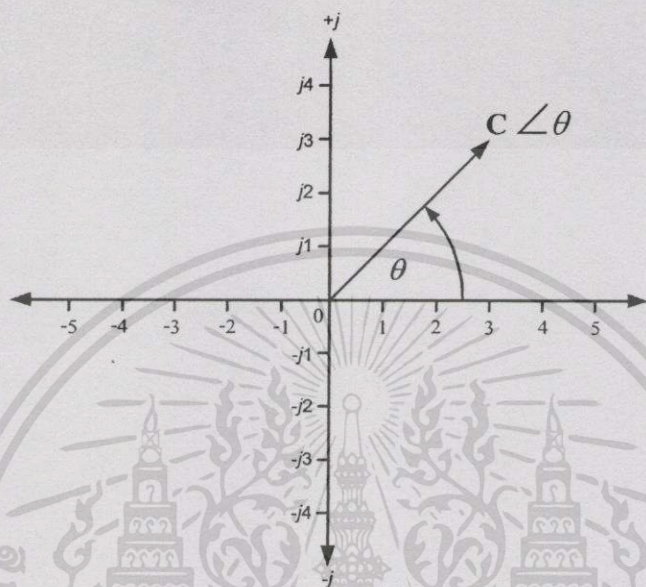


ตัวอย่าง จงเขียนภาพเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อน  $C = 0 - j4$  ลงในแนวแกนระนาบเชิงซ้อน

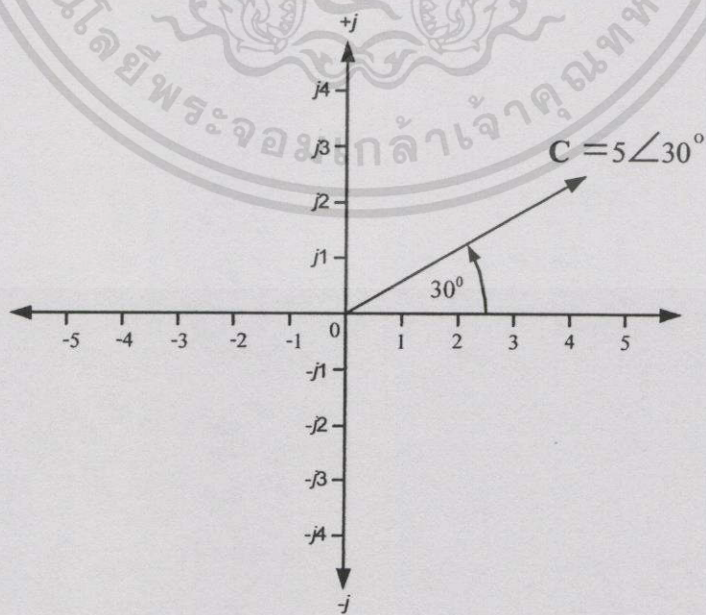


#### 4.2 จำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว (Polar form)

จำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว (Polar form) เขียนอยู่ในรูปของ  $C = C \angle \theta$  โดยค่าของ  $C$  เรียกว่าค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ของ  $C$  และมุม  $\theta$  คือมุมที่บอกทิศทางของ  $C$  โดยนับที่แกนจำนวนจริงเป็น  $\theta = 0$  องศา และมีค่าเป็นบวกเมื่อแกนของ  $C$  เคลื่อนทวนเข็มนาฬิกา

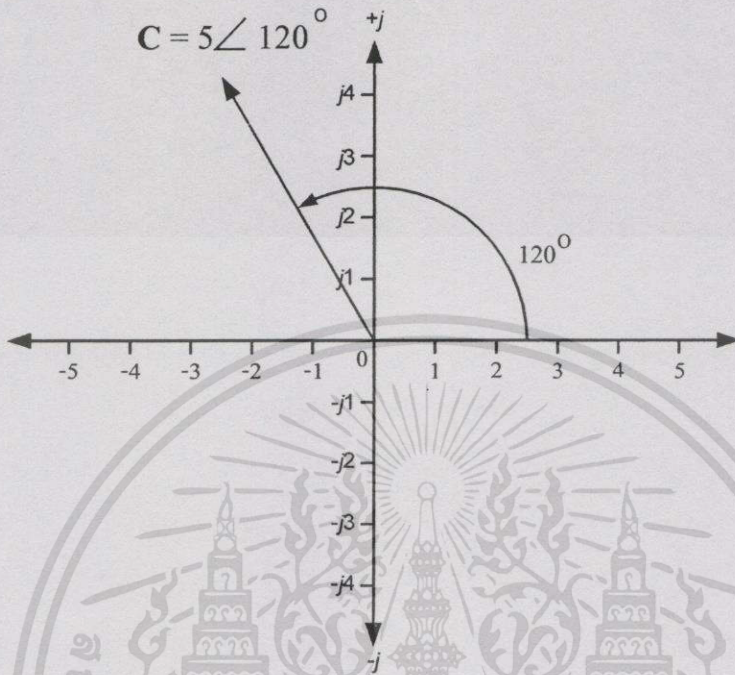


ตัวอย่าง จงเขียนภาพเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว (Polar form)  $C = 5 \angle 30^\circ$  ลงในแนวระนาบเชิงซ้อน

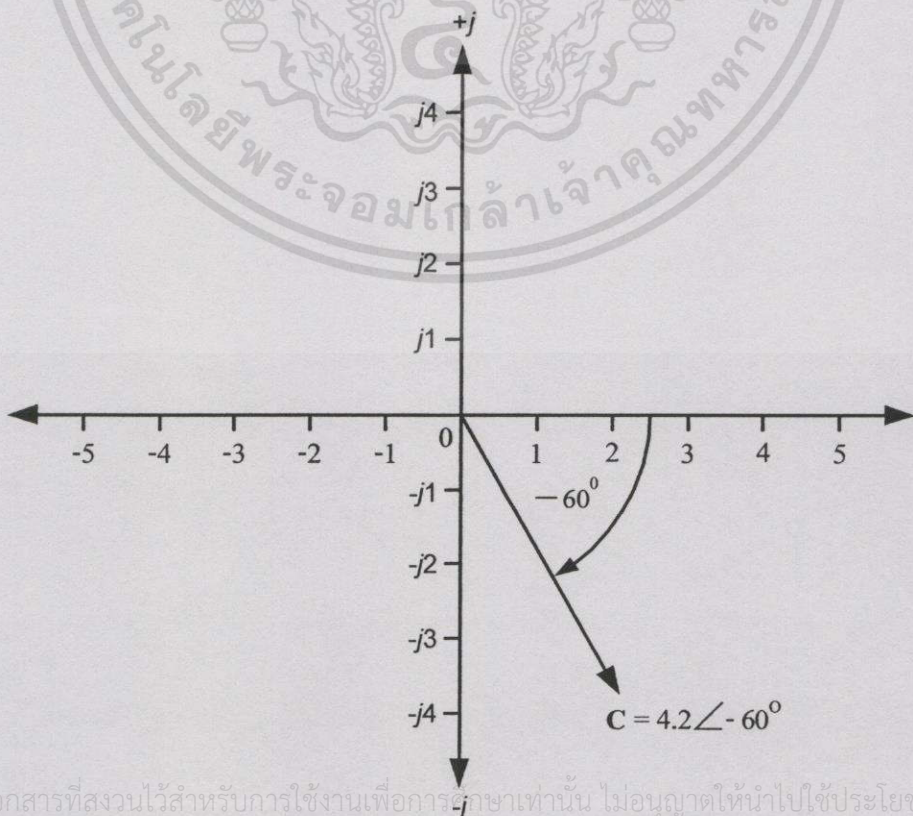


ตัวอย่าง จงเขียนเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว (Polar form)  $C = 5 \angle 120^\circ$

ลงในแนวแกนระนาบ



ตัวอย่าง จงเขียนภาพเวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว (Polar form)  $C = 4.2 \angle -60^\circ$



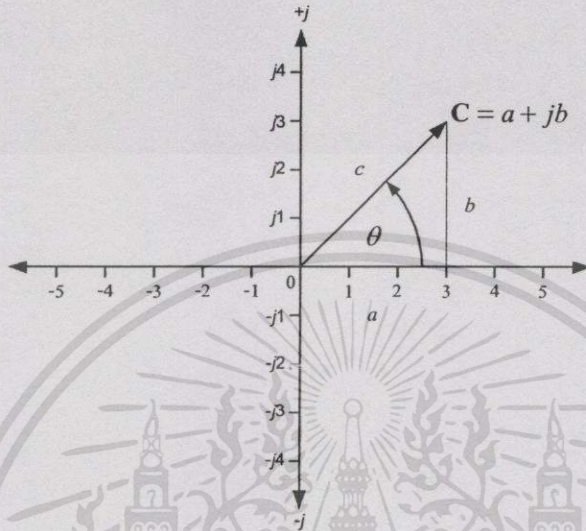
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 จำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ (Trigonometric form)

จำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ (Trigonometric form) คือ รูปแบบของจำนวนเชิงซ้อนที่

เขียนในรูปของ  $C = C (\cos \theta + j \sin \theta)$

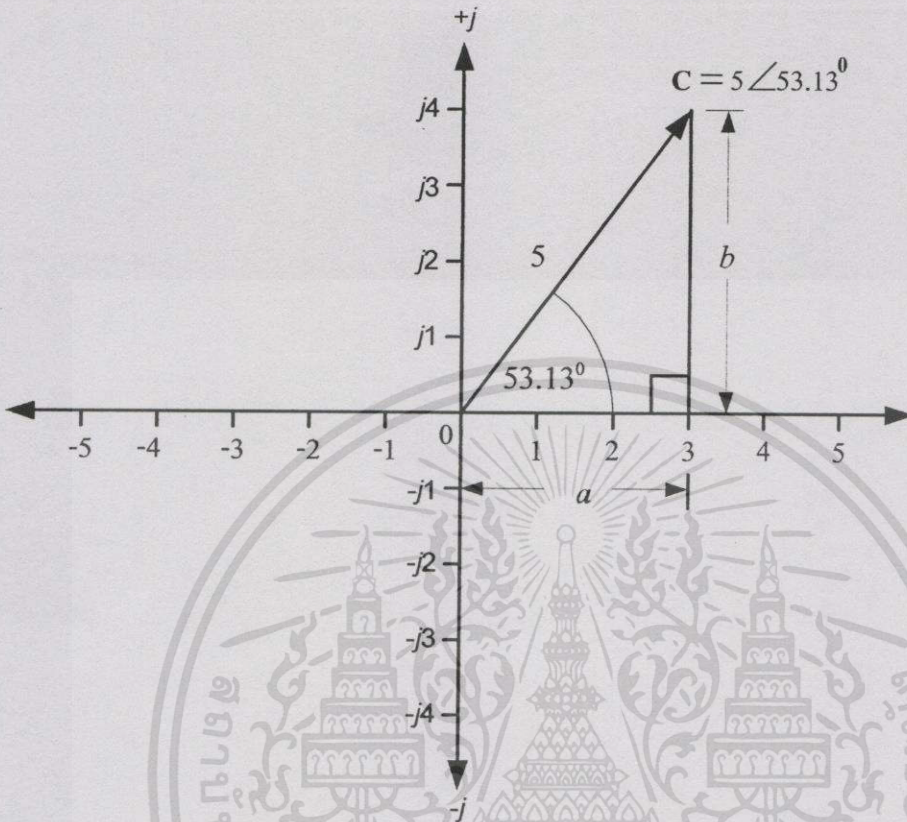
พิจารณารูปสามเหลี่ยมมุมฉากจะได้



$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก}} \\ \cos \theta &= \frac{\text{ด้านประชิดมุม}}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก}} \\ \tan \theta &= \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ด้าน } a &= C \cos \theta \\ &= C \left( \frac{a}{c} \right) \\ &= a \\ \text{ด้าน } b &= C \sin \theta \\ &= C \left( \frac{b}{c} \right) \\ &= b \\ \text{ด้าน } C &= a + jb \\ &= (C \cos \theta) + j(C \sin \theta) \\ &= C (\cos \theta + j \sin \theta) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง เวกเตอร์จำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว  $5\angle 53.13^\circ$  หน่วยจะมีจำนวนจริงและส่วนจินตภาพ เป็นกี่หน่วย



วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{ส่วนจริง } a &= C \cos \theta \\
 &= 5 \cos (53.13^\circ) \\
 &= 5 (0.6) \\
 &= 3 \text{ หน่วย} \\
 \text{ส่วนจินตภาพ } b &= C \sin \theta \\
 &= 5 \sin (53.13^\circ) \\
 &= 5 (0.8) \\
 &= 4 \text{ หน่วย}
 \end{aligned}$$

#### 4.4 จำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential form)

จำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล ( Exponential form) คือ รูปแบบจำนวนเชิงซ้อนที่เขียนในรูปของ  $C = C e^{+j\theta}$  เนื่องจาก  $e^{+j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$

พิจารณาเวกเตอร์เชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ  $C = C (\cos\theta + j\sin\theta)$

เราจะได้  $C = C e^{+j\theta}$

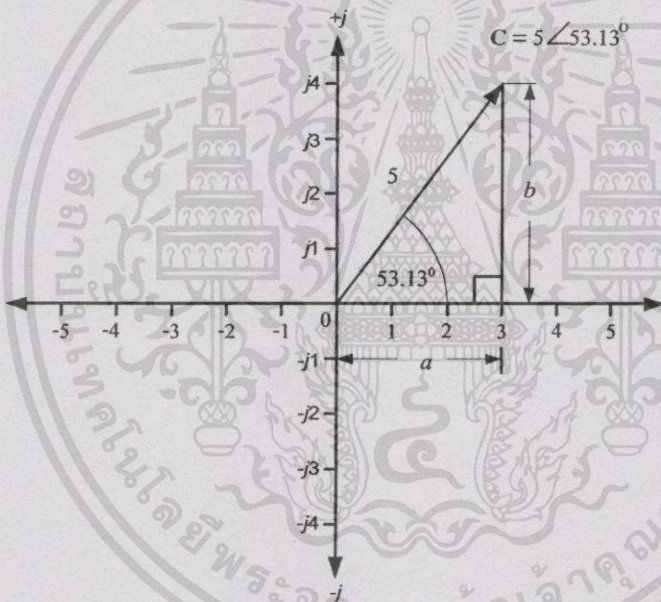
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. การเปลี่ยนรูปแบบปริมาณเชิงซ้อน

การเปลี่ยนรูปแบบปริมาณเชิงซ้อน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้ในวงจรไฟฟ้า รูปแบบปริมาณเชิงซ้อนที่สามารถบวกหรือลบกันได้คือจำนวนเชิงซ้อนรูปแบบแกนมุมฉาก (Rectangular form) ถ้าเราต้องการบวกหรือลบเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์เข้าด้วยกัน เราจำเป็นต้องทำให้เวกเตอร์ทั้ง 2 เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแบบแกนมุมฉากทั้ง 2 เวกเตอร์ รูปแบบปริมาณเชิงซ้อนที่สามารถคูณหรือหารกันได้ คือ จำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว (Polar form) ถ้าเราต้องการคูณหรือหารเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ เราต้องทำให้เวกเตอร์ทั้ง 2 เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว

### 5.1 การแปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วเป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแบบแกนมุมฉาก

จากรูปเวกเตอร์  $C = 5 \angle 53.13^\circ$  หน่วย เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว เราสามารถเปลี่ยนเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแบบแกนมุมฉาก  $C = a + jb$  โดย



$$\begin{aligned} \text{ด้าน } a &= C \cos 53.13^\circ \\ &= 5 \cos 53.13^\circ \\ &= 5(0.6) \\ &= 3 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ด้าน } b &= C \sin 53.13^\circ \\ &= 5 \sin 53.13^\circ \\ &= 5(0.8) \\ &= 4 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น ด้าน } C = 3 + j4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 5\angle 53.3^\circ$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก  
วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จาก } C &= 5\angle 53.13^\circ \\ a &= C \cos 53.13^\circ \\ &= 5(0.6) \\ &= 3 \text{ หน่วย} \\ b &= C \sin 53.13^\circ \\ &= 5(0.8) \\ &= 4 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$5\angle 53.13^\circ = 3 + j4$$

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 5\angle 126.87^\circ$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนในรูปแกนมุมฉาก  
วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จาก } C &= 5\angle 126.87^\circ \\ a &= C \cos 126.87^\circ \\ &= 5(-0.6) \\ &= -3 \text{ หน่วย} \\ b &= C \sin 126.87^\circ \\ &= 5(0.8) \\ &= 4 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$5\angle 126.87^\circ = -3 + j4$$

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 5\angle 233.1^\circ$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก  
วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5\angle 233.1^\circ \\ a &= C \cos 233.1^\circ \\ &= 5(-0.6) \\ &= -3 \text{ หน่วย} \\ b &= C \sin 233.1^\circ \\ &= 5(-0.8) \\ &= -4 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$5\angle 233.1^\circ = -3 - j4$$

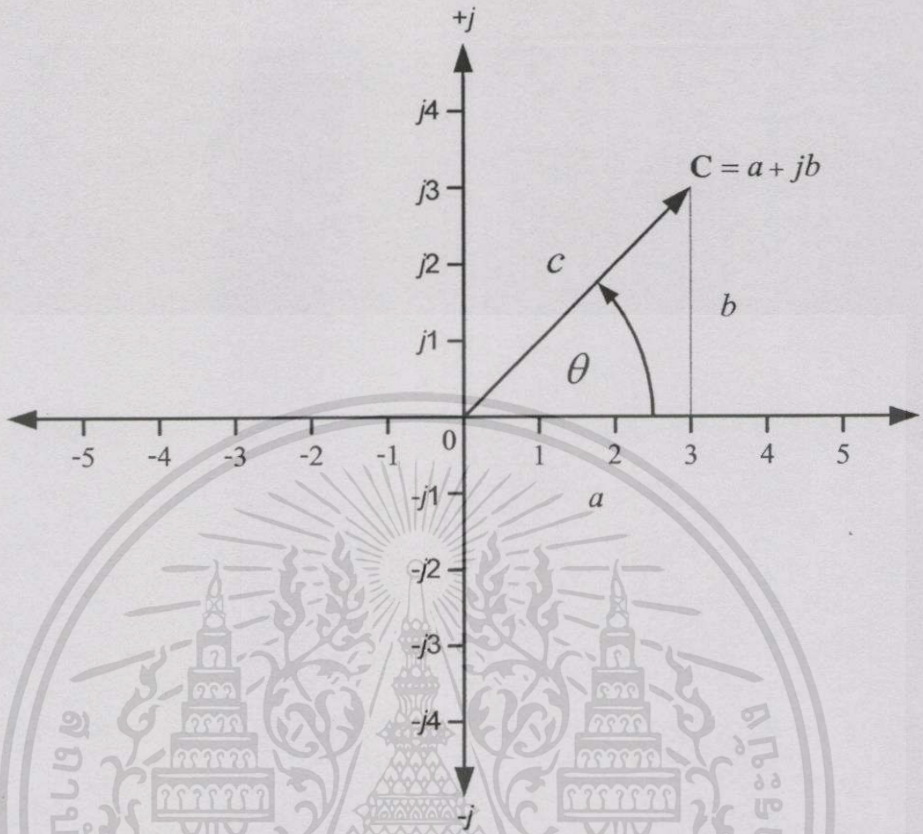
ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 5 \angle 306.87^\circ$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก  
วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5 \angle 306.87^\circ \\ a &= C \cos 306.87^\circ \\ &= 5(0.6) \\ &= 3 \text{ หน่วย} \\ b &= C \sin 306.87^\circ \\ &= 5(-0.8) \\ &= -4 \\ 5 \angle 306.87^\circ &= 3 - j4 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 5 \angle 306.87^\circ$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก  
วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5 \angle 306.87^\circ \\ a &= C \cos 306.87^\circ \\ &= 5(0.6) \\ &= 3 \text{ หน่วย} \\ b &= C \sin 306.87^\circ \\ &= 5(-0.8) \\ &= -4 \\ 5 \angle 306.87^\circ &= 3 - j4 \end{aligned}$$

## 5.2 การแปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก เป็นจำนวนเชิงซ้อนเชิงขั้วจากรูป



ขนาดของ  $C = \sqrt{a^2 + b^2}$

มุม  $\beta = \tan^{-1} \frac{b}{a}$

มุม  $\theta$  คือมุมที่ตัดจากแกน X ทวนเข็มนาฬิกามาถึงเวกเตอร์ที่เราพิจารณา

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 3 + j4$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนเชิงขั้ว

วิธีทำ

$$C = \sqrt{3^2 + 4^2}$$

$$= \sqrt{9 + 16}$$

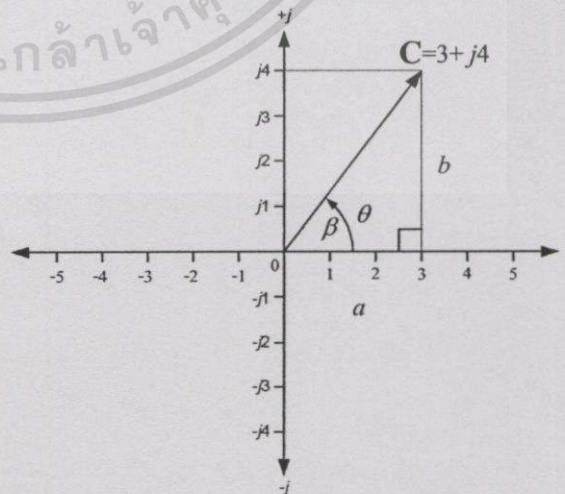
$$= \sqrt{25}$$

$$= 5$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{+4}{+3}$$

$$= 53.13^\circ$$

$$\theta = 53.13^\circ$$



ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = -3 + j4$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนเชิงขั้ว

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{(-3)^2 + (4)^2} \\ &= \sqrt{9 + 16} \\ &= \sqrt{25} \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{4}{3} \\ &= 53.13^\circ \end{aligned}$$

$$\theta = 180^\circ - 53.13^\circ = 126.87^\circ$$

มุม  $\theta$  มุมนี้วัดจากแนวแกน  $X = 0$  ทวนเข็มนาฬิกามาถึงเวกเตอร์ที่เราพิจารณา จากรูป

$$\theta = 180^\circ - 53.13^\circ = 126.87^\circ$$

ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = -3 - j4$  หน่วย ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนเชิงขั้ว

วิธีทำ

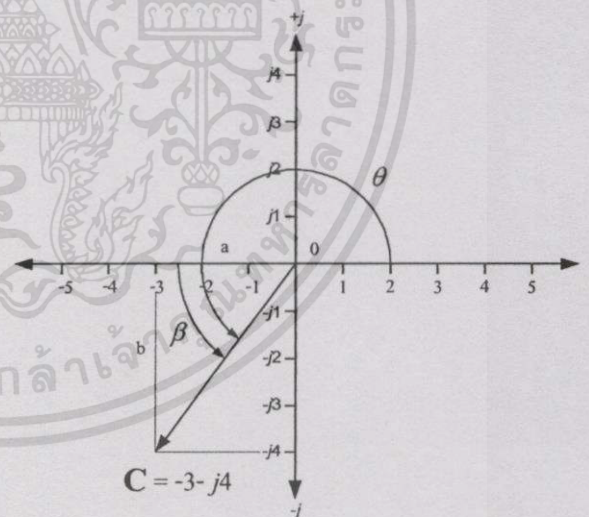
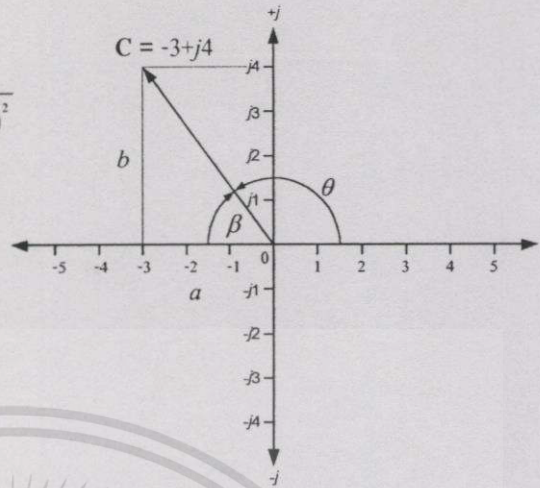
$$\begin{aligned} C &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{(-3)^2 + (-4)^2} \\ &= \sqrt{9 + 16} \\ &= \sqrt{25} \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{4}{3} \\ &= 53.13^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= 180^\circ + 53.13^\circ \\ &= 233.13^\circ \end{aligned}$$

จากรูป  $\theta$  คือมุมนี้วัดจากแนวแกน  $X = 0$  ทวนเข็มนาฬิกามาถึงเวกเตอร์ที่เรากำหนด

$$\text{จากรูป } \theta = 180^\circ + 53.13^\circ = 233.13^\circ$$



ตัวอย่าง จงเปลี่ยนเวกเตอร์  $C = 3 - j4$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนเชิงขั้ว

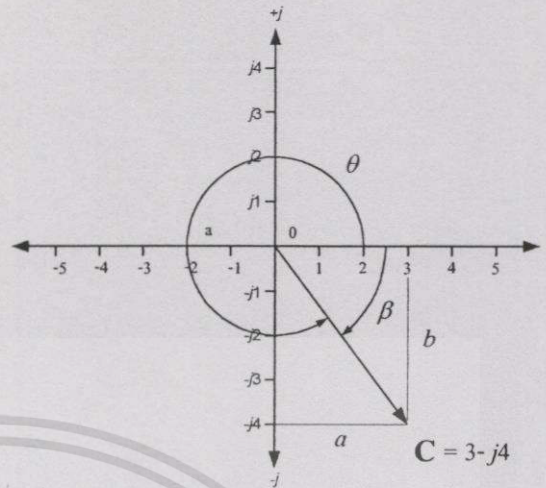
วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= \sqrt{a^2 + b^2} \\ &= \sqrt{(3)^2 + (-4)^2} \\ &= \sqrt{9 + 16} \\ &= \sqrt{25} \\ &= 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \tan^{-1} \frac{b}{a} \\ &= \tan^{-1} \frac{4}{3} \\ &= 53.13^\circ \end{aligned}$$

$$\theta = 360^\circ - 53.13^\circ = 306.87^\circ$$

จากรูป  $C = 5 \angle 360^\circ - 53.13^\circ = 5 \angle 306.87^\circ$  หรือ  $C = 5 \angle -53.13^\circ$



### 5.3 การแปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วเป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ

$$C = C \angle \theta = C (\cos \theta + j \sin \theta)$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 53.13^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= C \angle \theta \\ &= 5 \angle 53.13^\circ \\ &= 5 (\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j0.8) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 126.87^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5 \angle 126.87^\circ \\ &= 5 (\cos 126.87^\circ + j \sin 126.87^\circ) \\ &= 5 (-0.6 + j0.8) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 233.1^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5 \angle 233.1^\circ \\ &= 5 (\cos 233.1^\circ + j \sin 233.1^\circ) \\ &= 5 (-0.6 - j0.8) \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 306.87^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปตรีโกณมิติ

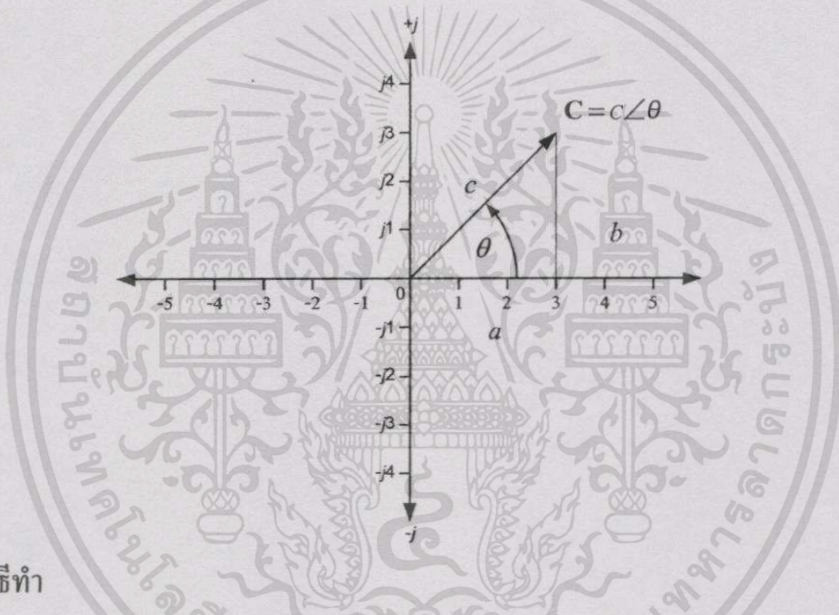
วิธีทำ

$$\begin{aligned} C &= 5 \angle 306.87^\circ \\ &= 5 (\cos 306.87^\circ + j \sin 306.87^\circ) \\ &= 5 (-0.6 - j0.8) \end{aligned}$$

5.4 การแปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วเป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

$$\begin{aligned} C \angle \theta &= C (\cos \theta + j \sin \theta) \\ &= C e^{j\theta} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 53.13^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล



วิธีทำ

$$5 \angle 53.13^\circ = 5 e^{j53.13}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 126.87^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

วิธีทำ

$$5 \angle 126.87^\circ = 5 e^{j126.87}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 233.1^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

วิธีทำ

$$5 \angle 233.1^\circ = 5 e^{j233.1}$$

ตัวอย่าง จงแปลงเวกเตอร์  $C = 5 \angle 306.87^\circ$  หน่วยให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

วิธีทำ

$$5 \angle 306.87^\circ = 5 e^{j306.87}$$

## 6. การบวกจำนวนเชิงซ้อน

การบวกจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวนเข้าด้วยกันนิยมใช้รูปแบบปริมาณเชิงซ้อนแบบรูป  
แกนมุมฉาก  $C = a \pm jb$  ถ้าเวกเตอร์เป็นรูปแบบอื่นต้องเปลี่ยนรูปเสียก่อนจากนั้นนำส่วนของ  
จำนวนเข้าบวกกับจำนวนจริง และส่วนของจำนวนจินตภาพบวกกับจำนวนจินตภาพ เช่น

$$C_1 = a_1 + jb_1$$

$$C_2 = a_2 + jb_2$$

$$C_1 + C_2 = (a_1 + a_2) + j(b_1 + b_2)$$

$$C_1 = a_1 - jb_1$$

$$C_2 = a_2 - jb_2$$

$$C_1 + C_2 = (a_1 + a_2) + j(-b_1 - b_2)$$

$$C_1 = -a_1 + jb_1$$

$$C_2 = -a_2 + jb_2$$

$$C_1 + C_2 = [(-a_1) + (-a_2) + j(b_1 + b_2)]$$

$$C_1 = -a_1 - jb_1$$

$$C_2 = -a_2 - jb_2$$

$$C_1 + C_2 = [(-a_1) + (-a_2) + j(-b_1 - b_2)]$$

รูปแบบโดยทั่วไป

$$C_1 + C_2 = (\pm a_1 \pm a_2) + j(\pm b_1 \pm b_2)$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 2 + j4, C_2 = 3 + j1$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 + C_2 &= (2+3) + j(4+1) \\ &= 5 + j5 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 2 - j4, C_2 = 3 - j1$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 + C_2 &= (2+3) + j(-4 + (-1)) \\ &= 5 + j(-5) \\ &= 5 - j5 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = -2 + j4, C_2 = -3 + j1$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 + C_2 &= (-2 + (-3)) + j(4 + 1) \\ &= -5 + j5 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = -2 - j4, C_2 = -3 - j1$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 + C_2 &= (-2 + (-3)) + j(-4 + (-1)) \\ &= -5 - j5 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 5 \angle 53.13^\circ, C_2 = 5 \angle -53.13^\circ$$

วิธีทำ

แปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉากโดยใช้รูปแบบ

ตรีโกณมิติ

$$\begin{aligned} 5 \angle 53.13^\circ &= 5 (\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j 0.8) \\ &= (3 + j4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \angle -53.13^\circ &= 5 (\cos -53.13^\circ + j \sin -53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j(-0.8)) \\ &= 5 (0.6 - j 0.8) \\ &= 3 - j4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \angle 53.13^\circ + 5 \angle -53.13^\circ &= (3 + j4) + (3 - j4) \\ &= (3 + 3) + j(4 + (-4)) \\ &= 6 + j0 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงบวกจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 5 e^{j53.13}, C_2 = 5 e^{-j53.13}$$

วิธีทำ

แปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียลให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉากโดยใช้รูปแบบตรีโกณมิติ

$$\begin{aligned} 5 e^{j53.13} &= 5 (\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j 0.8) \\ &= 3 + j4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5 e^{-j53.13} &= 5 (\cos -53.13^\circ + j \sin -53.13^\circ) \\
 &= 5 (0.6 + j -0.8) \\
 &= 5 (0.6 - j 0.8) \\
 &= 0.3 - j4 \\
 5 e^{j53.13} + 5 e^{-j53.13} &= (3+j4) + (3-j4) \\
 &= (3+3) + j(4-4) \\
 &= 6+j0
 \end{aligned}$$

## 7. การลบจำนวนเชิงซ้อน

การลบจำนวนเชิงซ้อน ใช้หลักการเดียวกันกับวิธีการบวก ถ้าเวกเตอร์เป็นรูปแบบอื่น ต้องเปลี่ยนรูปเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก  $C = a \pm jb$  จากนั้นให้นำส่วนของจำนวนจริงลบกับจำนวนจริง และส่วนของจำนวนจินตภาพ ลบกับส่วนของจำนวนจินตภาพ เช่น

$$C_1 = \pm a_1 \pm jb_1$$

$$C_2 = \pm a_2 \pm jb_2$$

$$C_1 - C_2 = [(\pm a_1 - (\pm a_2))] + j[(\pm b_1 - (\pm b_2))]$$

อย่าลืม หน้าเครื่องหมายวงเล็บเป็นเครื่องหมายลบต้องเปลี่ยนเครื่องหมายในวงเล็บเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม

ตัวอย่าง จงลบจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 2 + j4, C_2 = 3 + j1$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 C_1 - C_2 &= (2-3) + j(4-1) \\
 &= -1 + j3
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงลบจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 2 - j4, C_2 = 3 - j1$$

$$\begin{aligned}
 \text{วิธีทำ } C_1 - C_2 &= (2-3) + j(-4-(-1)) \\
 &= -1 + j(-3) \\
 &= -1 - j3
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงลบจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = -2 + j4, \quad C_2 = -3 + j1$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C_1 - C_2 &= ((-2) - (-3)) + j(4 - 1) \\ &= (-2 + 3) + j(3) = -1 + j3 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงลบจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = -2 - j4, \quad C_2 = -3 - j1$$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} C_1 - C_2 &= ((-2) - (-3)) + j((-4) - (-1)) \\ &= (-2 + 3) + j(-4 + 1) \\ &= 1 + j(-3) \\ &= 1 - j3 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงลบจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 5 \angle 53.13^\circ, \quad C_2 = 5 \angle -53.13^\circ$$

วิธีทำ แปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉากโดยใช้รูป

ตรีโกณมิติ

$$\begin{aligned} 5 \angle 53.13^\circ &= 5 (\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j0.8) \\ &= 3 + j4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \angle -53.13^\circ &= 5 (\cos -53.13^\circ + j \sin -53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j(-0.8)) \\ &= 5 (0.6 - j0.8) \\ &= 3 - j4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 \angle 53.13^\circ - 5 \angle -53.13^\circ &= (3 + j4) - (3 - j4) \\ &= (3 - 3) + j(4 - (-4)) \\ &= 0 + j(4 + 4) \\ &= 0 + j8 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงลดจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้

$$C_1 = 5 e^{j53.13}, C_2 = 5 e^{-j53.13}$$

วิธีทำ แปลงจำนวนเชิงซ้อนรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล ให้เป็นจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉากโดยใช้รูปแบบตรีโกณมิติ

$$\begin{aligned} 5 e^{j53.13} &= 5 (\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ) \\ &= 5 (0.6 + j 0.8) \\ &= 3 + j4 \\ 5 e^{-j53.13} &= 5 (\cos -53.13^\circ + j \sin -53.13^\circ) \\ &= 5 ((0.6) + j(-0.8)) \\ &= 5 (0.6 - j 0.8) \\ 5 e^{j53.13} + 5 e^{-j53.13} &= (3+j4) - (3-j4) \\ &= (3-3) + j[4-(-4)] \\ &= 0 + j8 \end{aligned}$$

## 8. การคูณจำนวนเชิงซ้อน

การคูณจำนวนเชิงซ้อนทำได้ทั้งกรณีจำนวนเชิงซ้อนอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วและอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก

### 8.1 การคูณปริมาณเชิงซ้อนในรูปแกนมุมฉาก

$$\begin{aligned} C_1 &= a_1 + jb_1 \\ C_2 &= a_2 + jb_2 \\ C_1 + C_2 &= (a_1 + jb_1) + (a_2 + jb_2) \\ &= (a_1 + a_2) + (ja_1b_2 + ja_2b_1) + j(b_1b_2) \\ &= a_1a_2 + j(a_1b_2 + a_2b_1) + ((-1))(b_1b_2) \\ &= (a_1a_2) + j(a_1a_2 + a_2b_1) - (b_1b_2) \\ &= ((a_1a_2) - (b_1b_2)) + j(a_1b_2 + a_2b_1) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคูณจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวน ต่อไปนี้

$$C_1 = 2 + j3, C_2 = 5 + j10$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 C_2 &= (2+j5)(5+j10) \\ &= 10 + j20 + j15 + j^230 \\ &= 10 + j(20+15) + (-1 \times 30) \\ &= 10 + j35 - 30 \\ &= -20 + j35 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงคูณจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวน ต่อไปนี้

$$C_1 = 2 - j3, C_2 = 5 - j10$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 C_2 &= (2 - j3)(5 - j10) \\ &= 10 - j20 - j15 + j^2 30 \\ &= 10 - j(20 + 15) + (-1 \times 30) \\ &= 10 - 30 - j35 \\ &= -20 - j35 \end{aligned}$$

## 8.2 การคูณปริมาณเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว

จากตัวอย่างการคูณปริมาณเชิงซ้อนในรูปปริมาณเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก จะมีปัญหาเรื่องเครื่องหมายการคูณตัวเลขอาจทำให้คุณคิดได้ง่ายดังนั้นในการคูณ นิยมใช้ปริมาณเชิงซ้อนดังนี้

$$\begin{aligned} C_1 &= C_1 \angle \theta_1 \\ C_2 &= C_2 \angle \theta_2 \\ C_1 C_2 &= C_1 C_2 \angle (\theta_1 + \theta_2) \end{aligned}$$

ถ้าหากปริมาณเชิงซ้อนเป็นรูปแบบอื่นต้องเปลี่ยนมาเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วเสียก่อน  
ตัวอย่าง จงคูณจำนวนรูปเชิงขั้ว 2 จำนวน ต่อไปนี้

$$C_1 = 2 + j3, C_2 = 5 + j10$$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } C_1 &= 2 + j3 = C_1 \angle \theta_1 \\ C_1 &= \sqrt{2^2 + 3^2} \\ &= \sqrt{4 + 9} \\ &= \sqrt{13} \\ &= 3.61 \text{ หน่วย} \\ \beta = \theta &= \tan^{-1} \frac{3}{2} \\ &= 56.3^\circ \\ C_2 &= 5 + j10 = C_2 \angle \theta_2 \\ C_2 &= \sqrt{5^2 + 10^2} \\ &= \sqrt{25 + 100} \\ &= \sqrt{125} \\ &= 11.18 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta = \theta &= \tan^{-1} \frac{10}{5} \\
 &= 63.43^\circ \\
 \beta = \theta &= \tan^{-1} \frac{10}{5} \\
 C_1 C_2 &= 3.61 \angle 56.3^\circ \times 11.18 \angle 63.43^\circ \\
 &= 3.61 \times 11.18 \angle 56.3^\circ + 63.43^\circ \\
 &= 40.36 \angle 119.73^\circ \\
 &= 40.36 (\cos 119.73^\circ + j \sin 119.73^\circ) \\
 &= 40.36 (-0.496 + j0.868) \\
 &= -20 + j35
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคูณจำนวนรูปเชิงขั้ว 2 จำนวน ต่อไปนี้  $C_1 = 2-j3$  ,  $C_2 = 5-j10$

วิธีทำ  $C_1 = 2-j3 = C_1 \angle \theta_1$

$$C_1 = \sqrt{2^2 + 3^2}$$

$$= \sqrt{4 + 9}$$

$$= \sqrt{13}$$

$$= 3.61 \text{ หน่วย}$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{3}{2}$$

$$= 56.3^\circ$$

$$\theta = 360^\circ - 56.3^\circ$$

$$= 303.7^\circ$$

$$C_1 = 3.61 \angle 303.7^\circ$$

$$C_2 = 5-j10$$

$$= C_2 \angle \theta_2$$

ขนาดของ  $C_2 = \sqrt{5^2 + 10^2}$

$$= \sqrt{25 + 100}$$

$$= \sqrt{125}$$

$$= 11.18 \text{ หน่วย}$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{10}{5}$$

$$= 63.43^\circ$$

$$\theta = 360^\circ - 63.43^\circ$$

$$= 296.57^\circ$$

$$\begin{aligned}
 C_2 &= 11.18 \angle 296.57^\circ \\
 C_1 C_2 &= 3.61 \angle 303.7^\circ \times 11.18 \angle 296.57^\circ \\
 &= 3.61 \times 11.18 \angle 303.7^\circ + 296.57^\circ \\
 &= 40.36 \angle 600.27^\circ \\
 &= 40.36 (\cos 600.27^\circ + j \sin 600.27^\circ) \\
 &= 40.36 (-0.496 + j(-0.968)) \\
 &= 40.36 (-0.496 - j 0.968) \\
 &= -20 - j35.324
 \end{aligned}$$

### 8.3 การคูณปริมาณเชิงซ้อนในรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

$$\begin{aligned}
 C_1 &= C_1 e^{j\theta_1} \\
 C_2 &= C_2 e^{j\theta_2} \\
 C_1 C_2 &= C_1 C_2 e^{j(\theta_1 + \theta_2)}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคูณจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวน ต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 3.6 e^{j56.3} \\
 C_2 &= 11.18 e^{j63.43} \\
 C_1 C_2 &= 3.61 \times 11.18 e^{j(56.3+63.43)} \\
 &= 40.368 e^{j119.73} \\
 &= 40.368 (\cos 119.73^\circ + j \sin 119.73^\circ) \\
 &= 40.368 (-0.496 + j(0.868)) \\
 &= 40.368 (-0.496 + j 0.868) \\
 &= -20 + j 35
 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงคูณจำนวนเลขเชิงซ้อน 2 จำนวนต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 3.61 e^{j303.7} \\
 C_2 &= 11.18 e^{j296.57} \\
 C_1 C_2 &= 3.61 \times 11.18 e^{j296.57} \\
 &= 3.61 \times 11.18 e^{j(303.7+296.57)} \\
 &= 40.368 e^{j600.27} \\
 &= 40.36 (\cos 600.27^\circ + j \sin 600.27^\circ) \\
 &= 40.36 (-0.496 + j(0.868)) \\
 &= 40.36 (-0.496 - j 0.868) = -20 - j 35
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. การหารจำนวนเชิงซ้อน

การหารจำนวนเชิงซ้อนทำได้ทั้งกรณีจำนวนเชิงซ้อนอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนรูปเชิงขั้ว และอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนรูปแกนมุมฉาก

9.1 การหารปริมาณเชิงซ้อนในรูปแกนมุมฉาก ก่อนที่จะใช้การหารต้องทำส่วนของปริมาณเชิงซ้อนให้เป็นเลขจำนวนเต็ม เราเรียกวิธีการคอนจูเกต (Conjugate) การคอนจูเกตจะเปลี่ยนเครื่องหมายหน้าตัว  $j$  ของตัวส่วนเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม เช่น  $\frac{(2+j3)}{(3+j4)}$  ตัวเศษคือ  $(2+j3)$  ตัวส่วน คือ  $(3+j4)$  ค่าคอนจูเกตของ  $(3+j4)$  คือ  $3-j4$  ถ้าตัวส่วนเป็น  $(-2-j7)$  ค่าคอนจูเกตของ  $(-2-j7)$  คือ  $(-2+j7)$

การที่ตัวส่วนคูณด้วยตัวคอนจูเกตจะทำให้ตัวส่วนเป็นจำนวนเต็ม เช่น  $(3+j4)(3-j4)$

$$\begin{aligned} &= 9-j12+j12-j^216 \\ &= 9-(-1 \times 16) \\ &= 9+16 \\ &= 25 \end{aligned}$$

การหารปริมาณเชิงซ้อนเราต้องใช้ตัวคอนจูเกตคูณทั้งเศษและส่วน

ถ้า  $C_1 = a_1 + jb_1$

$C_2 = a_2 + jb_2$

โดยทั่วไป  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{(a_1 + jb_1)(a_2 - jb_2)}{(a_2 + jb_2)(a_2 - jb_2)}$

$$= \frac{(a_1 a_2) - j(a_1 b_2) + j a_2 b_1 - j b_1 b_2}{a^2 + b^2}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{(a_1 a_2) + (b_1 b_2)}{a^2 + b^2} + j \frac{(a_2 b_1 - a_1 b_2)}{a^2 + b^2}$$

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\frac{C_1}{C_2}$  ถ้า  $C_1 = 1+j4$  และ  $C_2 = 4+j5$

วิธีทำ  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{(1+j4)}{(4+j5)}$

ตัวส่วนคือ  $(4+j5)$

ตัวคอนจูเกตคือ  $(4-j5)$

ใช้ตัวคอนจูเกตคูณทั้งตัวแปรและตัวส่วน จะได้

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{(1+j4)(4-j5)}{(4+j5)(4-j5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคูณทั้งเศษและส่วนด้วยตัวคอนจูเกตจะไม่ทำให้สมการเปลี่ยนไป

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{C_2} &= \frac{(1+j4)(4-j5)}{(4+j5)(4-j5)} \\ &= \frac{4-j5+j16-j^220}{4^2+5^2} \\ &= \frac{4+j11-(-1 \times 20)}{16+25} \\ &= \frac{(4+20)+j11}{41} \\ &= \frac{24+j11}{41} \\ &= \frac{24}{41} + j\frac{11}{41} \\ &= 0.59 + j0.27 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\frac{C_1}{C_2}$  ถ้า  $C_1 = 3 - j4$  และ  $C_2 = -3 + j4$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{C_2} &= \frac{(3-j4)}{(-3+j4)} \\ &= \frac{(3-j4)(-3-j4)}{(-3+j4)(-3-j4)} \\ &= \frac{-9-j12+j12+j^216}{(-3)^2+(4)^2} \\ &= \frac{-9+(-1 \times 16)}{9+16} \\ &= \frac{-9-16}{25} \\ &= -\frac{25}{25} \\ &= -1 \end{aligned}$$

## 9.2 การหารปริมาณเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว

การหารปริมาณเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว สามารถทำได้สะดวกดังนี้ ถ้า

$$C_1 = C_1 \angle \theta_1$$

$$C_2 = C_2 \angle \theta_2$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_1 \angle \theta_1}{C_2 \angle \theta_2}$$

ถ้าหารปริมาณเชิงซ้อนเป็นรูปแบบอื่นต้องเปลี่ยนเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปเชิงขั้วเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\frac{C_1}{C_2}$  ถ้า  $C_1 = 4.123 \angle 75.96^\circ$  และ  $C_2 = 6.4 \angle 51.34^\circ$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{C_2} &= \frac{4.123 \angle 75.96^\circ}{6.4 \angle 51.34^\circ} \\ &= 0.644 \angle 24.32^\circ \\ &= 0.644 (\cos 24.62^\circ + j \sin 24.62^\circ) \\ &= 0.644(0.91 + j0.42) \\ &= 0.59 + j0.27 \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\frac{C_1}{C_2}$  ถ้า  $C_1 = 5 \angle 53.13^\circ$  และ  $C_2 = 5 \angle 126.86^\circ$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{C_2} &= \frac{5 \angle 53.13^\circ}{5 \angle 126.86^\circ} \\ &= 1 \angle -53.13^\circ - 126.86^\circ \\ &= 1 \angle -180^\circ \\ &= 1 (\cos -180^\circ + j \sin -180^\circ) \\ &= 1(-1 + j(0)) = -1 + j0 \end{aligned}$$

### 9.3 การหารปริมาณเชิงซ้อนในรูปเอ็กซ์โพเนนเชียล

ถ้า

$$\begin{aligned} C_1 &= C_1 e^{j\theta_1} \\ C_2 &= C_2 e^{j\theta_2} \\ \frac{C_1}{C_2} &= \frac{C_1}{C_2} e^{j(\theta_1 - \theta_2)} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จงหาค่าของ  $\frac{C_1}{C_2}$  ถ้า  $C_1 = 4.123 e^{j 75.96}$  และ  $C_2 = 6.4 e^{j 51.34}$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \frac{C_1}{C_2} &= \frac{4.123 e^{j 75.96}}{6.4 e^{j 51.34}} \\ &= \frac{4.123}{6.4} e^{j(75.96 - 51.34)} \\ &= 0.644 e^{j 24.62} \\ &= 0.644 \cos(24.62^\circ) + j \sin 24.62^\circ \\ &= 0.644(0.91 + j0.42) = 0.59 + j0.27 \end{aligned}$$

## ภาคผนวก ค

### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number)

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. เลขจำนวนตรรกยะคือข้อใด ?

ก.  $\sqrt{2}$

ข.  $\frac{5}{2}$

ค.  $\frac{22}{7}$

ง.  $\frac{10}{3}$

2. เลขจำนวนอตรรกยะคือข้อใด ?

ก.  $\frac{10}{3}$

ข.  $\frac{5}{2}$

ค.  $\frac{10}{4}$

ง.  $\frac{9}{3}$

3. ปริมาณเชิงซ้อนหมายถึงข้อใด?

ก. ตัวเลขที่ประกอบด้วยค่าจริง

ข. ตัวเลขที่ประกอบด้วยค่าตรรกยะ

ค. ตัวเลขที่ประกอบด้วยค่าจินตภาพ

ง. ตัวเลขที่ประกอบด้วยค่าจริงกับค่าจินตภาพ

4. ค่าของ  $j^2$  ในเรื่องปริมาณเชิงซ้อนมีค่าดังข้อใด ?

ก.  $-1$

ข.  $1$

ค.  $\sqrt{-1}$

ง.  $-\sqrt{-1}$

5. ค่า  $j$  ในเรื่องปริมาณเชิงซ้อนมีค่าในข้อใด ?

ก.  $-1$

ข.  $1$

ค.  $\sqrt{1}$

ง.  $\sqrt{-1}$

6. ค่า  $j$  ในเรื่องปริมาณเชิงซ้อนคือข้อใด ?

- ก. ค่าจำนวนจริง
- ข. ค่าจำนวนจินตภาพ
- ค. ค่าจำนวนตรรกยะ
- ง. ค่าจำนวนอตรรกยะ

7. ข้อใดเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแบบแกนมุมฉาก (Rectangular form) ?

- ก.  $5e^{j53.13}$
- ข.  $5\angle 53.13^\circ$
- ค.  $5(\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ)$
- ง.  $3 + j4$

8. ข้อใดเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแบบเชิงขั้ว (Polar form) ?

- ก.  $5e^{j53.13}$
- ข.  $5\angle 53.13^\circ$
- ค.  $5(\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ)$
- ง.  $3 + j4$

9. ข้อใดเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแบบตรีโกณมิติ (Trigonometric form) ?

- ก.  $5e^{j53.13}$
- ข.  $5\angle 53.13^\circ$
- ค.  $5(\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ)$
- ง.  $3 + j4$

10. ข้อใดเป็นปริมาณเชิงซ้อนรูปแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential form) ?

- ก.  $5e^{j53.13}$
- ข.  $5\angle 53.13^\circ$
- ค.  $5(\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ)$
- ง.  $3 + j4$

11.  $(15\angle -60^\circ)$  เปลี่ยนเป็นรูปแบบตรีโกณมิติได้ ดังข้อใด ?

- ก.  $15 (\cos 60^\circ - j \sin 60^\circ)$
- ข.  $15 (\cos -60^\circ - j \sin 60^\circ)$
- ค.  $15 (\cos 60^\circ - j \sin -60^\circ)$
- ง.  $15 (\cos -60^\circ + j \sin -60^\circ)$

12.  $10e^{j-53.13}$  เปลี่ยนเป็นรูปแบบตรีโกณมิติได้ดังข้อใด ?

- ก.  $-10(\cos 53.13^\circ + j \sin 53.13^\circ)$
- ข.  $10(\cos -53.13^\circ - j \sin -53.13^\circ)$
- ค.  $-10(\cos 53.13^\circ - j \sin 53.13^\circ)$
- ง.  $10(\cos -53.13^\circ + j \sin -53.13^\circ)$

13.  $(15 - j25) + (20 + j120)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $35 + j95$
- ข.  $35 - j95$
- ค.  $35 + j145$
- ง.  $35 - j145$

14.  $(103 + j400) + (-41 - j53)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $62 + j347$
- ข.  $62 + j453$
- ค.  $144 - j53$
- ง.  $144 + j453$

15.  $(-73 - j4) + (-4 - j83)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $69 - j79$
- ข.  $-69 - j79$
- ค.  $-77 + j87$
- ง.  $-77 - j87$

16.  $(6 + j8) - (7 - j7)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $-1 + j15$
- ข.  $1 + j1$
- ค.  $13 - j15$
- ง.  $13 + j15$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17.  $(6 + j8) - (7 + j7)$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $-1 + j15$

ข.  $-1 + j1$

ค.  $13 - j15$

ง.  $13 + j15$

18.  $(6 + j8) - (-7 + j7)$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $-1 + j5$

ข.  $1 + j1$

ค.  $13 - j15$

ง.  $13 + j1$

19.  $(20 + j10)(60 - j33)$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $870 + j60$

ข.  $1,200 + j600$

ค.  $1,200 - j660$

ง.  $1,530 - j60$

20.  $(20 + j10)(-5 + j10)$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $50 + j200$

ข.  $-200 + j150$

ค.  $200 + j100$

ง.  $200 - j100$

21.  $(3 + j4) \div (4 + j3)$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $\frac{24 + j12}{12}$

ข.  $\frac{24 + j7}{25}$

ค.  $\frac{24 + j16}{30}$

ง.  $\frac{24 + j12}{35}$

22.  $(3 + j4) \div (4 - j3)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $0 + j1$
- ข.  $7 + j7$
- ค.  $7 - j7$
- ง.  $12 - j12$

23.  $(25 \angle 53.13^\circ)(5 \angle -36.87^\circ)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $125 \angle -16.26^\circ$
- ข.  $125 \angle 16.26^\circ$
- ค.  $125 \angle 53.13^\circ$
- ง.  $125 \angle 90^\circ$

24.  $(25 \angle -53.13^\circ)(50 \angle -36.87^\circ)$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $1,250 \angle -16.26^\circ$
- ข.  $1,250 \angle 16.26^\circ$
- ค.  $1,250 \angle -90^\circ$
- ง.  $1,250 \angle 90^\circ$

25.  $(20 \angle 60^\circ)^3$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $40 \angle 3,600^\circ$
- ข.  $120 \angle 120^\circ$
- ค.  $400 \angle 120^\circ$
- ง.  $400 \angle 3,600^\circ$

26.  $55 \angle 53.13^\circ \div 11 \angle 36.87^\circ$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $5 \angle -16.26^\circ$
- ข.  $5 \angle 16.26^\circ$
- ค.  $5 \angle 53.13^\circ$
- ง.  $5 \angle 90^\circ$

27.  $25 \angle 53.13^\circ \div 5 \angle -36.87^\circ$  มีค่าดังข้อใด ?

- ก.  $5 \angle 16.26^\circ$
- ข.  $5 \angle -16.26^\circ$
- ค.  $5 \angle -90^\circ$
- ง.  $5 \angle 90^\circ$

28.  $15\angle - 53.13^\circ \div 3\angle 36.87^\circ$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $5\angle 16.26^\circ$

ข.  $5\angle -16.26^\circ$

ค.  $5\angle -90^\circ$

ง.  $5\angle 90^\circ$

29.  $\frac{(20\angle -10^\circ)(3\angle 60^\circ)}{15\angle -30^\circ}$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $4\angle -20^\circ$

ข.  $4\angle -40^\circ$

ค.  $4\angle 40^\circ$

ง.  $4\angle 80^\circ$

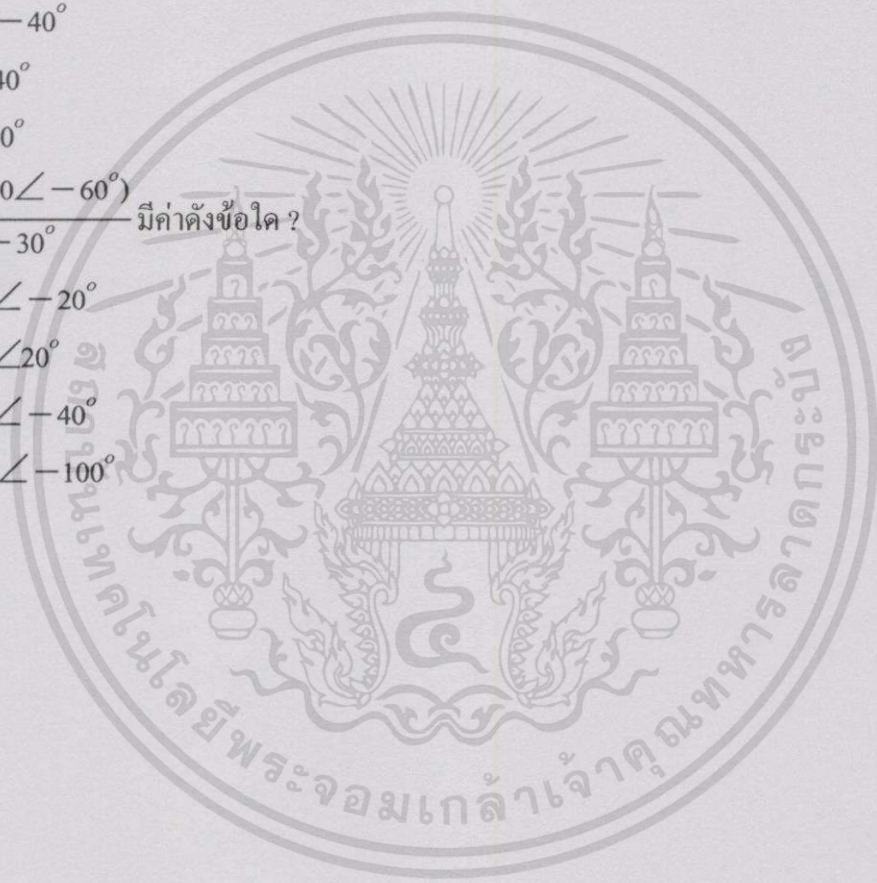
30.  $\frac{(100\angle 10^\circ)(10\angle -60^\circ)}{50\angle -30^\circ}$  มีค่าดังข้อใด ?

ก.  $20\angle -20^\circ$

ข.  $20\angle 20^\circ$

ค.  $20\angle -40^\circ$

ง.  $20\angle -100^\circ$



เฉลยข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบที่	ข้อถูก	ข้อสอบที่	ข้อถูก	ข้อสอบที่	ข้อถูก
1	ข	11	ง	21	ข
2	ก	12	ง	22	ก
3	ง	13	ก	23	ข
4	ก	14	ก	24	ค
5	ง	15	ง	25	ค
6	ข	16	ก	26	ข
7	ง	17	ข	27	ง
8	ข	18	ง	28	ค
9	ค	19	ง	29	ง
10	ก	20	ข	30	ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

## แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### แบบประเมินสื่อการสอน (ด้านเนื้อหา)

วิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number)

ประเภทสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ท่านกำลังประเมินอยู่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด

โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็น

เรื่องที่ประเมิน	ความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ต้องปรับปรุง 1
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง					
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย เชิงพฤติกรรม					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
- ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหา ตามขั้นตอน					
- ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
- ความถูกต้องของเนื้อหา					
- ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
- ความเหมาะสมของการสรุปเนื้อหา					
- ความเหมาะสมของกิจกรรม					
2. สคริปต์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน					
- ความเหมาะสมของเนื้อหาในบทเรียน					
- ความเหมาะสมของจำนวนกรอบภาพ					
- ความเหมาะสมของการออกแบบ กรอบภาพ					

ความคิดเห็นอื่นๆ .....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)

แบบประเมินสื่อการสอน (บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน)

วิชาวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2 เรื่องปริมาณเชิงซ้อน (Complex Number)

ประเภทสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ท่านกำลังประเมินอยู่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ใด

โปรดกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมินตามความคิดเห็น

เรื่องที่ประเมิน	ความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ต้องปรับปรุง 1
1. เนื้อหาและการดำเนินเรื่อง					
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย เชิงพฤติกรรม					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
- ความเหมาะสมของรูปแบบหรือ วิธีการนำเสนอ					
- ความเหมาะสมของการสรุปเนื้อหา					
- ความเหมาะสมของแบบฝึกหัด					
2. ภาษา					
- ความเหมาะสมของภาษา					
- ความถูกต้องของหลักภาษา					
3. กราฟิก					
- ความเหมาะสมของแบบตัวอักษร					
- ความชัดของตัวอักษร					
- ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
- ความเหมาะสมของการเลือกใช้ สีตัว อักษร และสีพื้น					
- ความเหมาะสมของการใช้รูปภาพ และภาพกราฟิกประกอบเนื้อหา					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องที่ประเมิน	ความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ต้องปรับปรุง 1
4. โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน					
- ความเหมาะสมของเทคนิค การนำเสนอบทเรียน					
- ความเหมาะสมของเนื้อหาใน บทเรียน					
- ความเหมาะสมของจำนวนกรอบภาพ					
- ความเหมาะสมของการออกแบบ กรอบภาพ					

ความคิดเห็นอื่นๆ .....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญชาติได้เห็นาเบใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

### คู่มือการใช้โปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### ความต้องการของระบบ

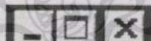
- คอมพิวเตอร์เพนเทียมมีหน่วยความจำ 16 เมกะไบต์ ขึ้นไป
- มีการ์ดการ์ด (Sound Gard) พร้อมลำโพง หรือ หูฟัง
- มีระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98

### การใช้งาน

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เข้าสู่ระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98
2. เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เข้าสู่ระบบปฏิบัติการเรียบร้อยแล้วเปิดช่องขับ CD-ROM
3. นำแผ่นโปรแกรม CAI ใส่ในช่องขับ CD-ROM
4. โปรแกรมจะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ (Auto Run)
5. พิมพ์รหัสประจำตัวเป็นตัวเลข เสร็จแล้วกดแป้นเอนเตอร์ (ENTER)
6. พิมพ์ชื่อเป็นภาษาไทยโดยไม่ต้องมีนาย,นางสวณำหน้าเสร็จแล้วกดแป้นเอนเตอร์ (ENTER)
7. โปรแกรมจะเข้าสู่การใช้เมนูบทเรียน

### ปุ่มต่างๆในบทเรียน



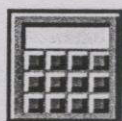
- เป็นปุ่มเพื่อใช้ในการปรับความดังของเสียงเมื่อเลิกใช้แล้วคลิกเมาส์ที่เครื่องหมาย  X



- สัญลักษณ์รูปมือปรากฏที่ใดแสดงว่าพื้นที่ตรงนั้นสามารถคลิกเมาส์เพื่อทำงานได้

Quit

- เป็นปุ่มสำหรับออกจากบทเรียน CAI โดยจะให้ท่าน ยืนยันการออกจากโปรแกรม ถ้าท่านตอบว่า “ตกลง ” โปรแกรมจะออกไปยังวินโดว์ ถ้าท่านตอบ “ยกเลิก ” โปรแกรมจะกลับไปยังเมนูหลัก



- เป็นปุ่มเพื่อเรียกใช้เครื่องคิดเลขใช้เสร็จแล้วคลิกเมาส์ที่เครื่องหมาย X 

1

- เป็นปุ่มแสดงบทเรียนตั้งแต่หน่วยที่ 1-หน่วยที่ 7 ตอนเริ่มเรียนจะสามารถใช้ได้เฉพาะปุ่มที่ 1 เท่านั้น ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนผ่าน 80 % ท่านจะสามารถผ่านเข้าไปเรียนยังหน่วยการเรียนที่ 2 ได้และจะเป็นเช่นนี้ตลอดไปจนครบทั้ง 7 หน่วยการเรียน

⏪

- โปรแกรมจะนำท่านไปยังหน้าแรกของบทเรียน

⏩

- โปรแกรมจะนำท่านไปยังหน้าต่อไปของบทเรียน

⏭

- โปรแกรมจะนำท่านไปยังหน้าสุดท้ายของบทเรียน

Help

- โปรแกรมจะอธิบายการใช้บทเรียนให้กับท่านปุ่มนี้สามารถคลิกดูได้ตลอดเวลา

1/27

- เป็นการแสดงเลขหน้าของบทเรียน เลขตัวหน้าแสดงว่าท่านกำลังเรียนอยู่ที่หน้านั้นส่วนเลขตัวหลังแสดงจำนวนหน้าของบทเรียนนั้น ท่านควรเรียนให้ครบทุกหน้า

⏪

- โปรแกรมจะนำท่านย้อนกลับ 1 หน้าของบทเรียน

Post Test

- ปุ่มนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อท่านเรียนผ่านบทเรียนที่ 1 – 7 แล้วเท่านั้นและปุ่มนี้จะใช้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

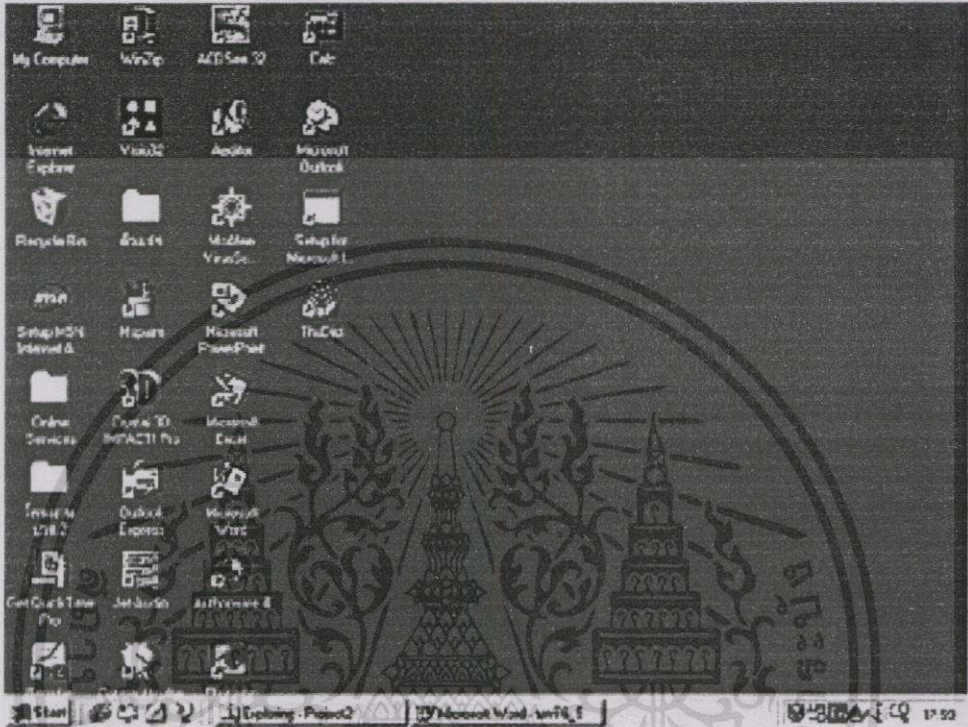
Exit

- เป็นปุ่มสำหรับออกจากบทเรียนนั้นเพื่อกลับมายังเมนูหลัก

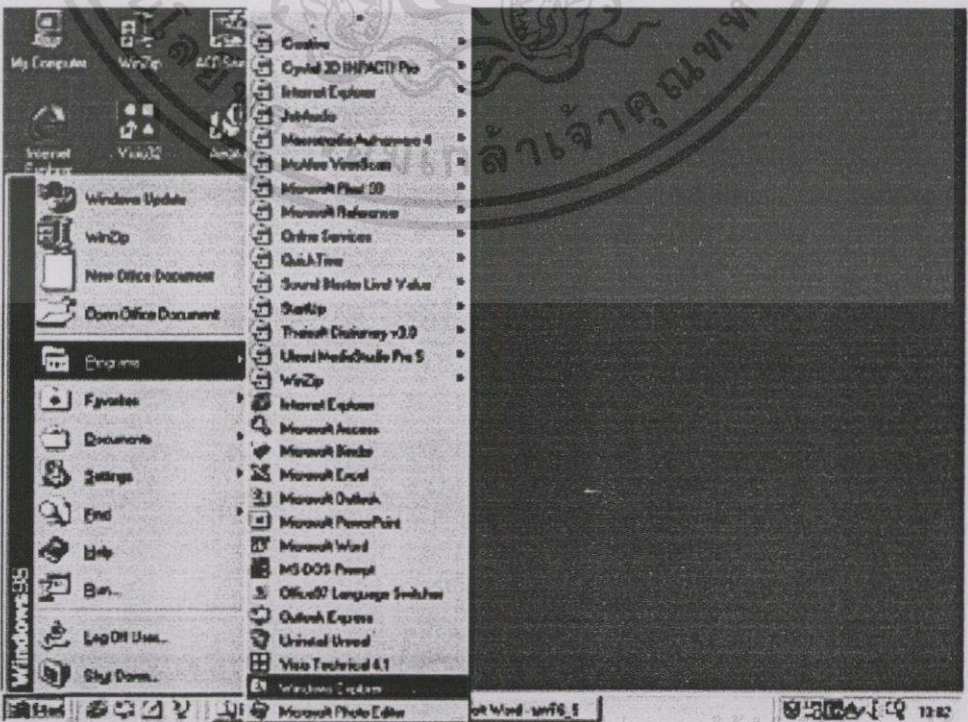
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การเข้าไปดูข้อมูลของผู้เรียน

### 1. คลิกเมาส์ที่ Start ตรงมุมล่างซ้ายมือ

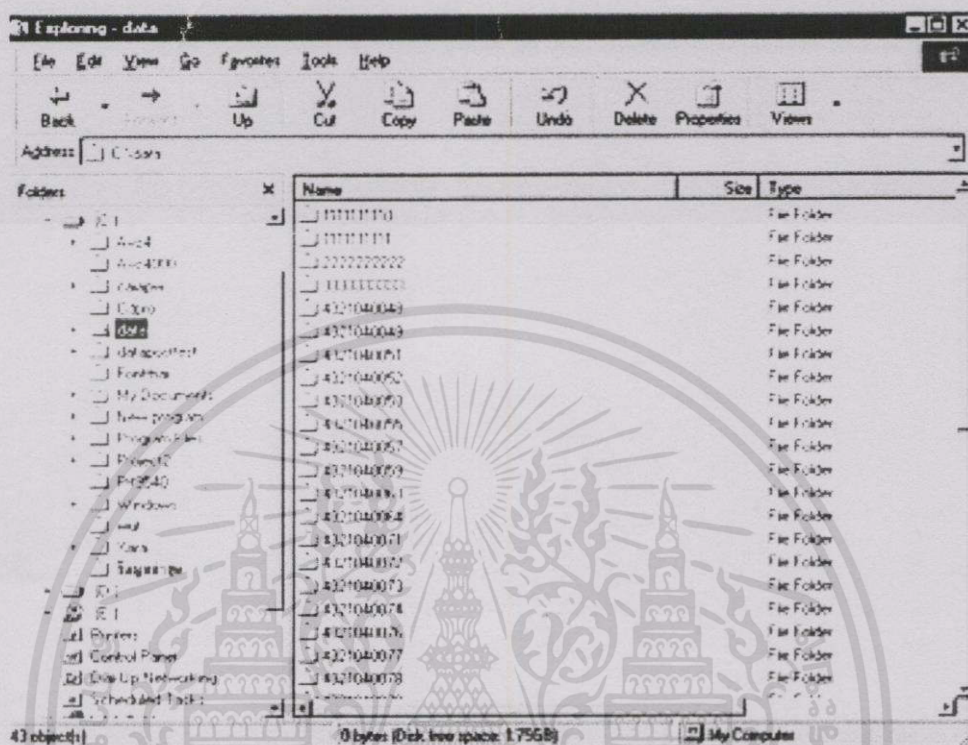


### 2. ไปที่ Program → Windows Explorer คลิกเมาส์ 1 ครั้ง

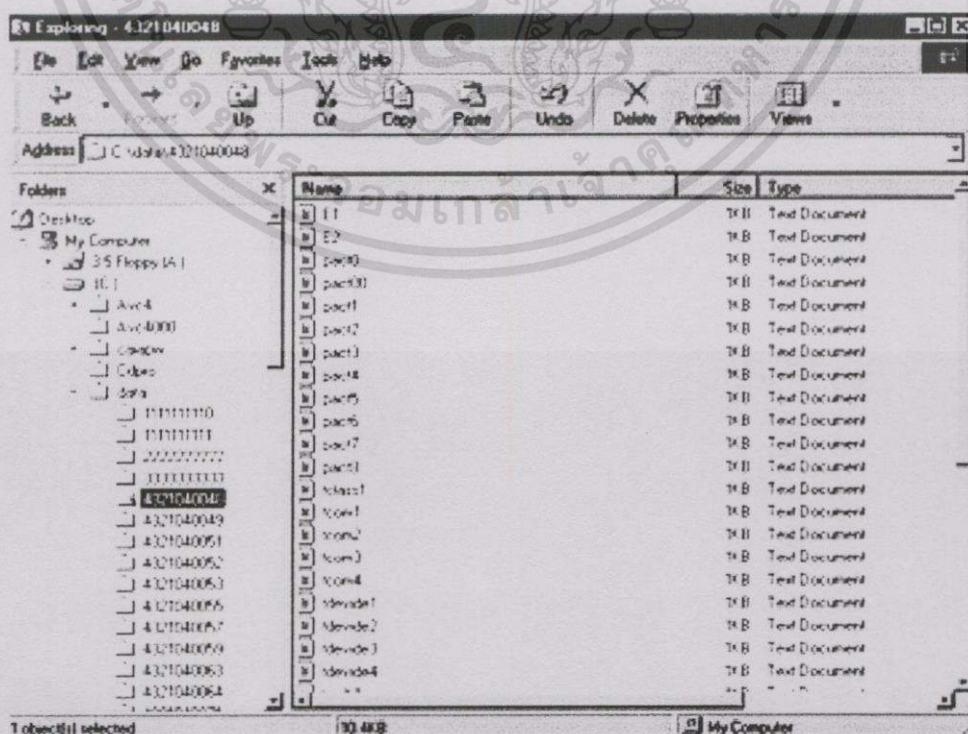


เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อมูลของนักเรียนจะถูกเก็บอยู่ที่ไคลเอนต์เครื่อง C:\data คัดเบิ้ลคลิกที่ data



4. เลือกคลิกเมาส์ที่เป็นรหัสของนักเรียนด้านซ้ายมือจะปรากฏข้อมูลทางด้านขวามือ

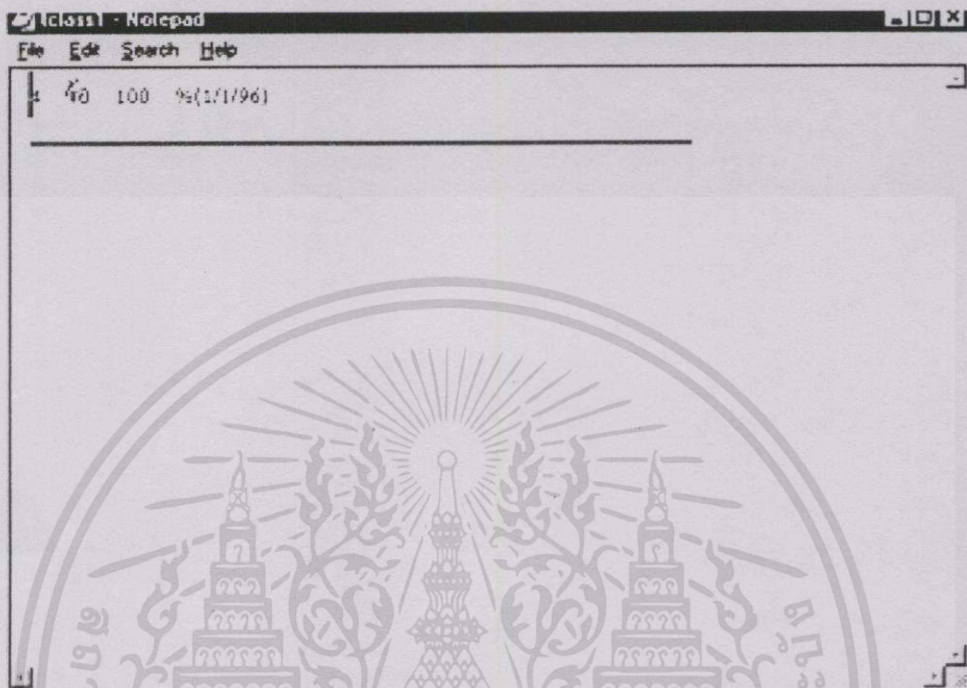


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

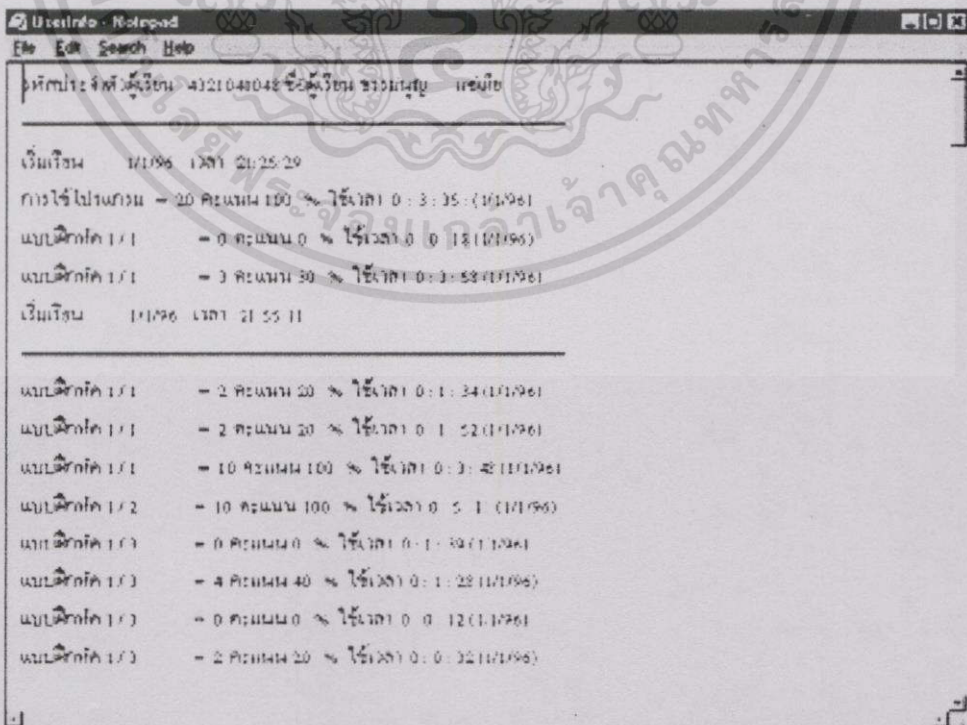
## 5. ความหมายของแฟ้มข้อมูล

ชื่อไฟล์	ความหมาย	ชื่อไฟล์	ความหมาย
E1	คะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียน	Tdivide2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่7
E2	คะแนนสอบหลังเรียน	Tdivide3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่7
Pact0	คะแนนพื้นฐานก่อนเรียน	Tdivide4	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 4 หน่วยที่7
Pact00	คะแนนการใช้บทเรียน	Tmulti1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่6
Pact1	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่1	Tmulti2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่6
Pact2	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่2	Tmulti3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่6
Pact3	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่3	Tsub1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่5
Pact4	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่4	Tsub2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่5
Pact5	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่5	Tsub3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่5
Pact6	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่6	Tsub4	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 4 หน่วยที่5
Pact7	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่7	Tsum1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่4
Pact8	เปอร์เซ็นต์รวมแบบฝึกหัดที่8	Tsum2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่4
Tclass1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดหน่วยที่2	Tsum3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่4
Tcom1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่3	Ttrans1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่3
Tcom2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่3	Ttrans2	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 2 หน่วยที่3
Tcom3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่3	Ttrans3	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 3 หน่วยที่3
Tcom4	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 4 หน่วยที่3	Ttrans4	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 4 หน่วยที่3
Tdivide1	เปอร์เซ็นต์แบบฝึกหัดที่ 1 หน่วยที่7	UserInfo	รายงานผลการเรียนของนักเรียน แต่ละครั้งที่เรียน

6. ตัวอย่างเพิ่มข้อมูลเมื่อดับเบิลคลิกที่เพิ่มข้อมูล tclass1.txt



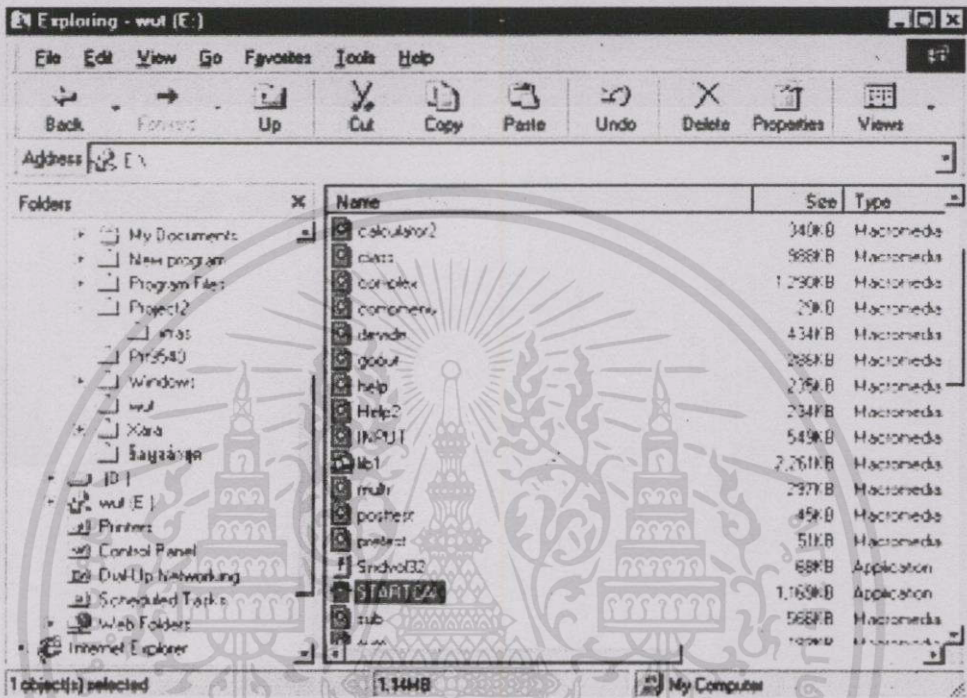
7. ตัวอย่างเพิ่มข้อมูลเมื่อดับเบิลคลิกที่เพิ่มข้อมูล UserInfo.txt



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการเปิดโปรแกรมแบบปกติ

1. ไปที่ Program → Windows Explorer คลิกเมาส์ 1 ครั้ง
2. คลิกเมาส์ที่ช่อง CD-ROM ด้านซ้ายมือจากรูปเป็น Wut(E:) 1 ครั้ง



3. ทางด้านขวามือจะปรากฏเพิ่มข้อมูลขึ้น ใช้เมาส์ดับเบิลคลิกที่เพิ่มข้อมูล STARTCAI โปรแกรมจะเริ่มทำงาน
4. ปฏิบัติตามคำแนะนำของโปรแกรม

## ภาคผนวก ฉ

## ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

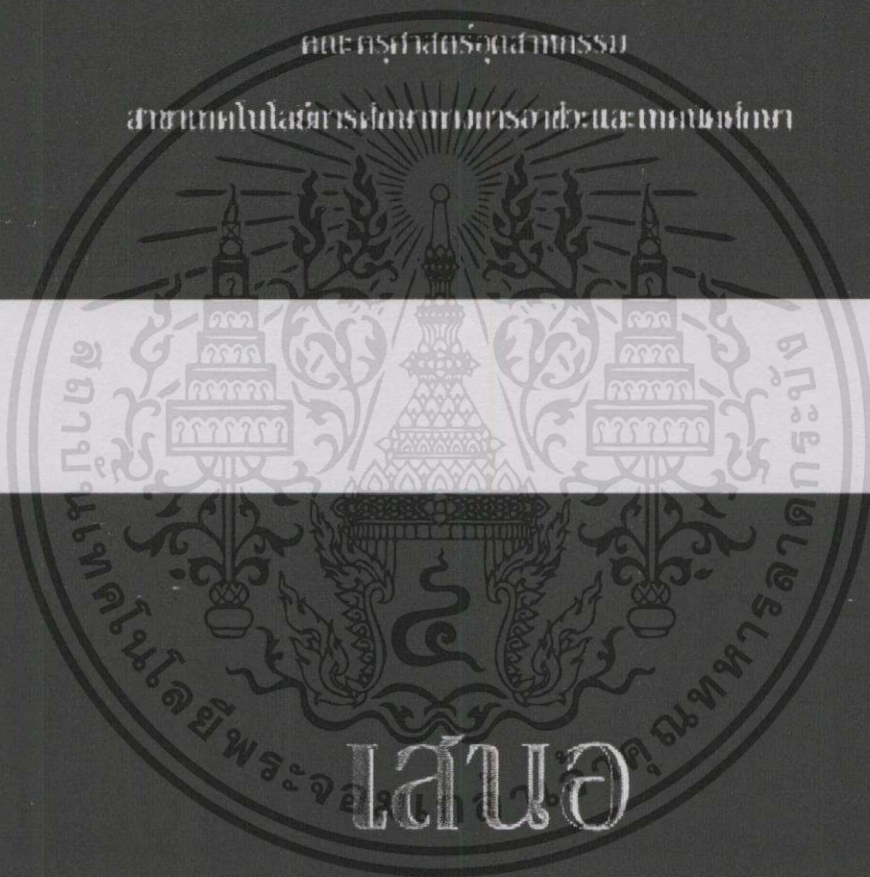


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าพระยาพระรามศรีบึง

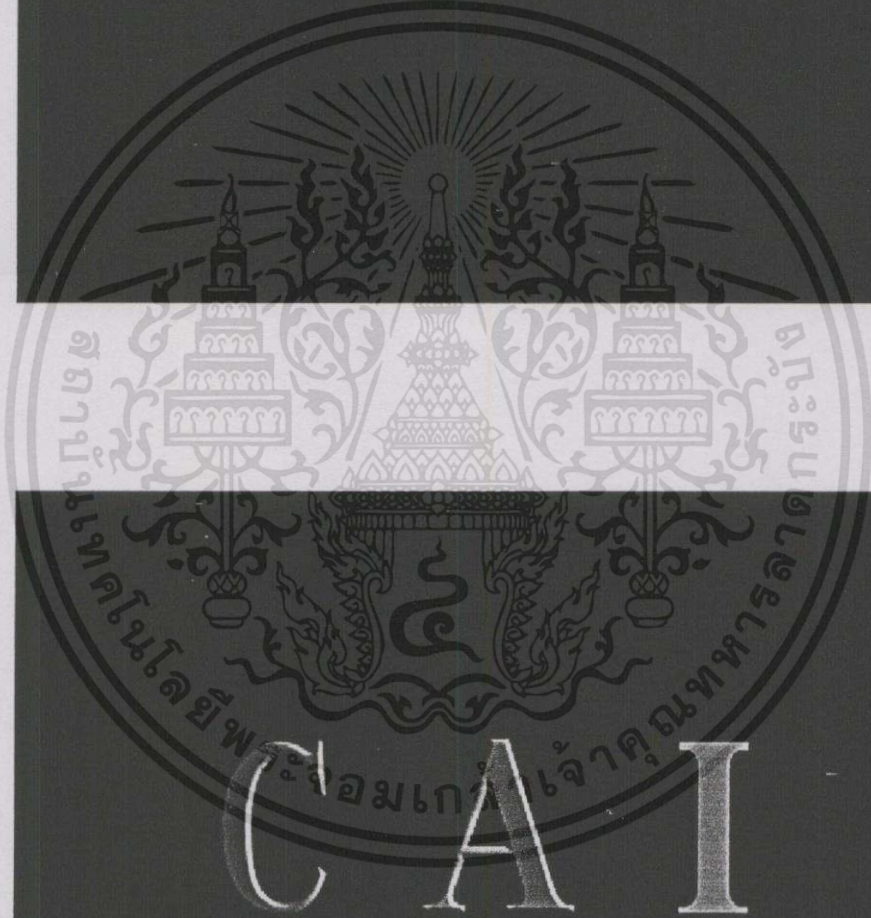
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สาขาเทคโนโลยีการพิมพ์ทางคอมพิวเตอร์และเทคนิคกราฟิก



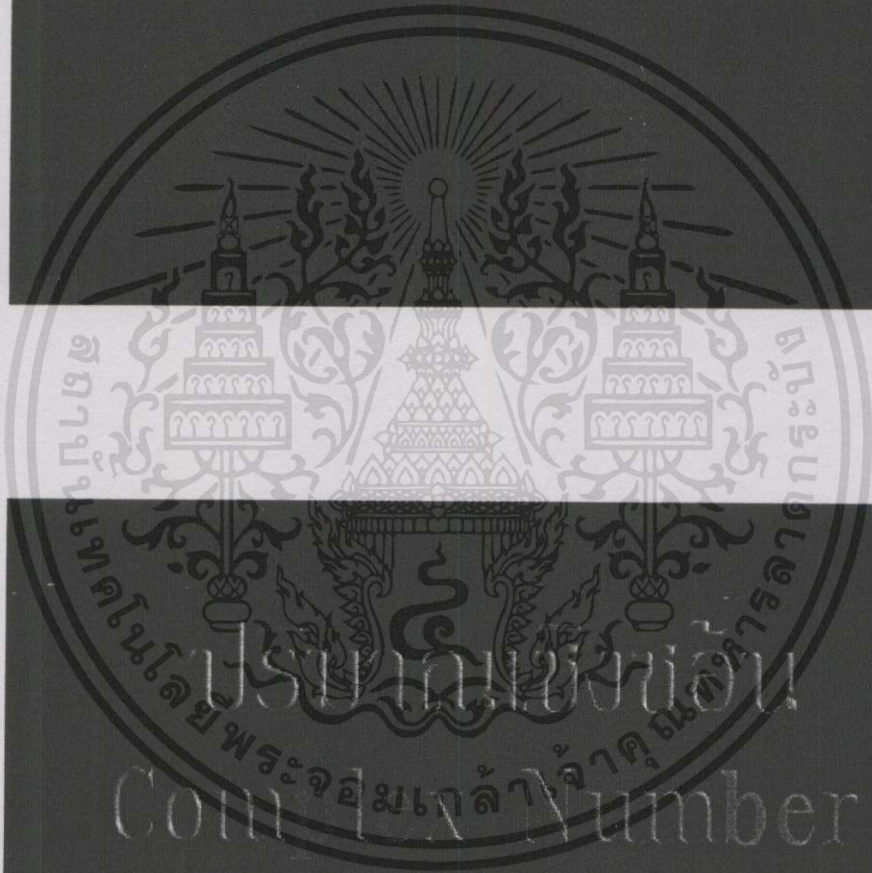
เล่ม ๑

# บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เรื่อง



เปรียบเทียบข้อ  
Content Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ยินดีต้อนรับ

วันที่ 11/11/11

คุณ

ขอให้สนุกกับการเรียน

ออกโปรแกรม

ต่อไป>>



ปริมาณเชิงซ้อน

คุณทได้ 85.71 เปอร์เซนต์

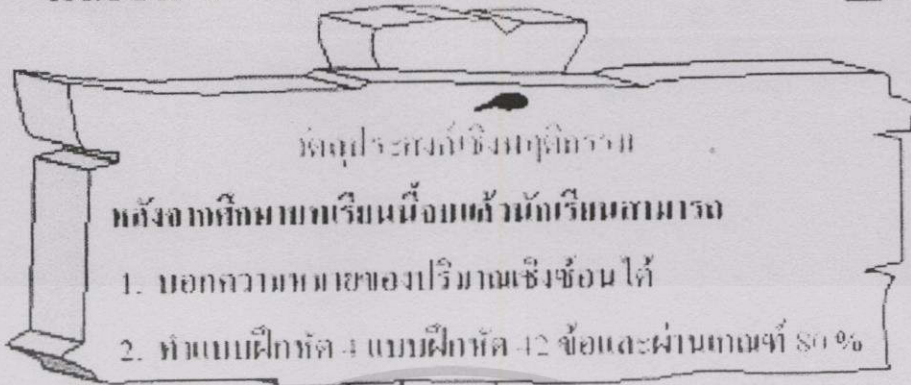


ผู้เรียน พน รหัส 1111111111

วันที่เรียน 24 November 2000

## หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

25-11-09



Exit Help << >> << >> 1/45

24-11-09

## หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. นักเรียนควรสังเกตบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปตามลำดับตามความสามารถของนักเรียนจากหน้าแรกจนถึงหน้าสุดท้าย
2. นักเรียนอย่าทำแบบฝึกหัดอย่างเร็วควรศึกษาเนื้อหาประกอบไปด้วยข้อความเข้าใจ
3. แบบฝึกหัดใดที่นักเรียนทำแล้วได้คะแนน 80 % ขึ้นไปนักเรียนไม่ต้องทำแบบฝึกหัดนั้นซ้ำอีก

กดปุ่มด้านล่างเพื่อเรียนบทถัดต่อไป >>

Exit Help << >> << >> 2/45

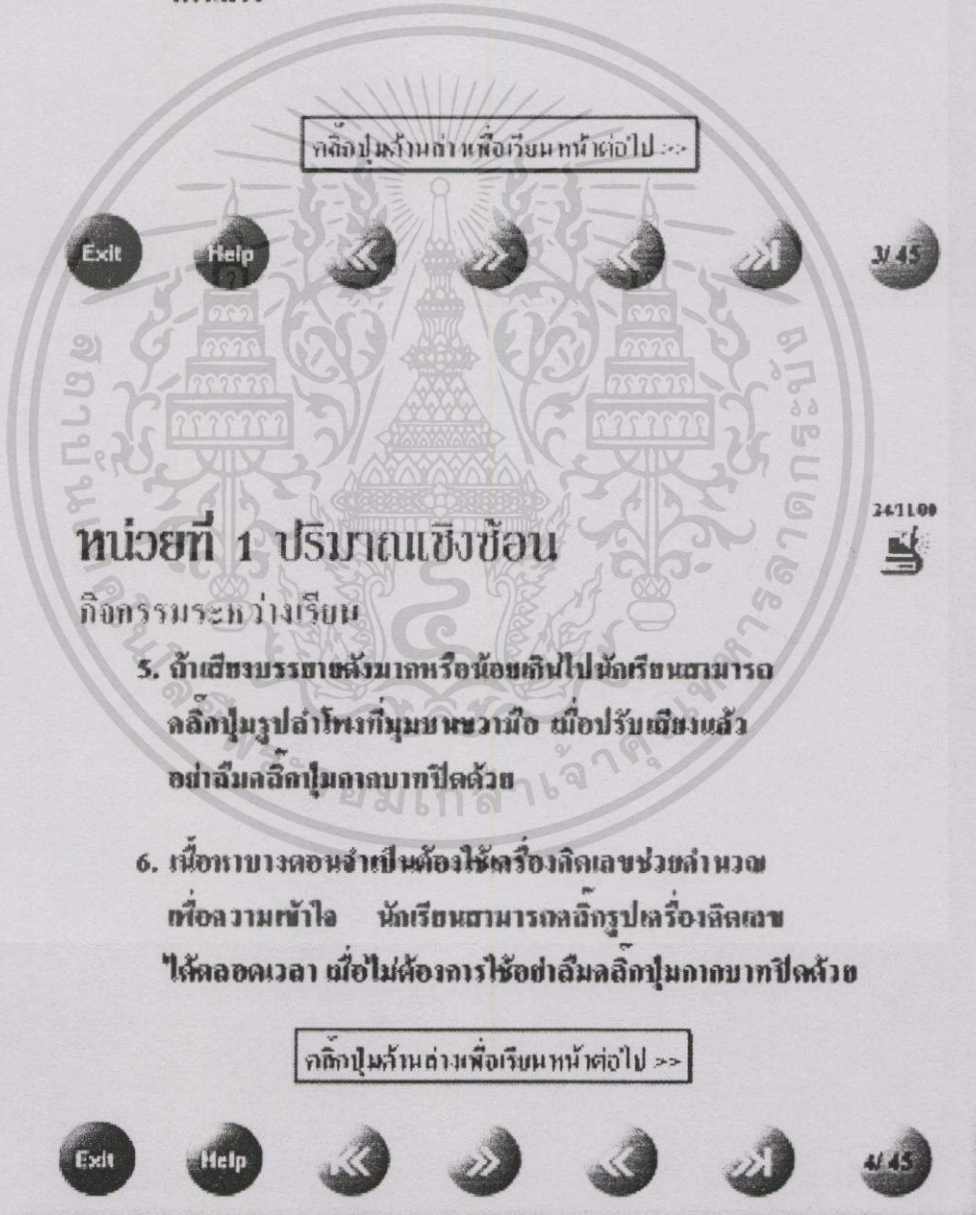
# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

กิจกรรมระหว่างเรียน

241100



- 4. ในแต่ละหน้าของบทเรียนจะมีเสียงบรรยายพร้อมทั้งตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ประกอบและเมื่อจบสำนวนจะมีตัวบอกให้นักเรียนคลิกเมาส์ที่ปุ่มด้านล่างชื่อเรียนเนื้อหาในหน้าต่อไป หรือย้อนกลับมาเรียนหน้าเดิมได้อีกโดยคลิกเมาส์ที่ปุ่มชื่อกลับด้านล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน



แบบฝึกหัดที่ 1 จำนวน 10 ข้อ
ท่านทำได้ 0 ข้อ คิดเป็น 0 %
แบบฝึกหัดที่ 2 จำนวน 10 ข้อ
ท่านทำได้ 0 ข้อ คิดเป็น 0 %
แบบฝึกหัดที่ 3 จำนวน 10 ข้อ
ท่านทำได้ 0 ข้อ คิดเป็น 0 %
แบบฝึกหัดที่ 4 จำนวน 12 ข้อ
ท่านทำได้ 0 ข้อ คิดเป็น 0 %



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน



ฉันนี้จะหาพื้นที่หน้าผากนะ



กำลังไปหามันแล้วเพื่อเวียนมาที่หน้าผากไป

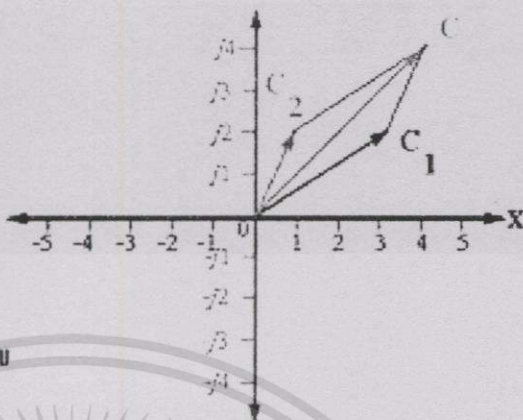


# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

241100



นักเรียนทราบว่า  
 เวกเตอร์  $C$  มีขนาดเท่าไร?  
 ถ้านักเรียนผ่านลาวเวียด  
 เรื่องปริมาณ เลขเชิงซ้อน  
 นักเรียนสามารถหาค่า  
 เวกเตอร์  $C$  ได้อย่างรวดเร็ว  
 นี้คือประโยชน์ของปริมาณเลข  
 เชิงซ้อน (Complex Number)



7 / 45

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

ระบบตัวเลข

เราสามารถเขียนระบบตัวเลขเป็น 2 ชนิดคือ

เลขจำนวนจริง (Real Number)

เลขจำนวนจินตภาพ (Imaginary Number)



8 / 45

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

## เลขจำนวนจริง

241101



เลขจำนวนจริง (Real Number) คือจำนวนลบที่เร  
ตามเรขกรายล่ำได้ว่ามีมากหรือน้อยเพียงใด เลขจำนวนจริง  
แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. จำนวนตรรกยะ (Rational Number)

2. จำนวนอตรรกยะ (Irration Number)

หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนตรรกยะ

จำนวนตรรกยะ คือ เลขที่อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม , เศษส่วน  
หรือเลขทศนิยมที่ทาล่า ได้ถูกตัดทอนนั่นเอง

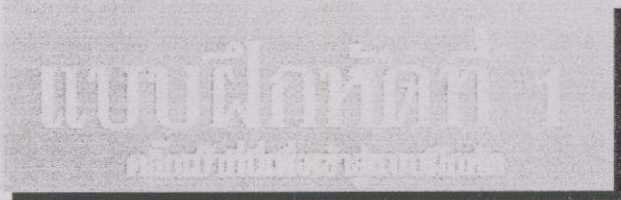
-2      -1      0      1

2      9/2      0.2

Exit    Help    <<    >>    <    >    9/45

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนตรรกยะ



ท่านทำแบบฝึกหัดได้ 0 ข้อจาก 10 ข้อ  
คิดเป็น 0 % จากท่านผ่าน 80 %  
ท่านไม่ต้องทำแบบฝึกหัดนี้อีก 0:0:0



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนตรรกยะ

จำนวนตรรกยะ คือเลขจำนวนที่ไม่สามารถกล่าว  
ได้ถูกต้องแน่นอน เช่น

$$10/3 = 3.33333... \quad \sqrt{2} = 1.4142136.....$$
$$\pi = 3.1415926..... \quad e = 2.71828.....$$



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนอตรรกยะ

24-11-00



## แบบฝึกหัดที่ 2

การบวก การลบ การคูณ การหาร

ทำแบบฝึกหัดได้ 0 ข้อจาก 10 ข้อ  
 คิดเป็น 0 % ถ้าทำผ่าน 80 %  
 ทำไม่ต้องทำแบบฝึกหัดนี้อีก 0:0:0

Exit

Help

13/45

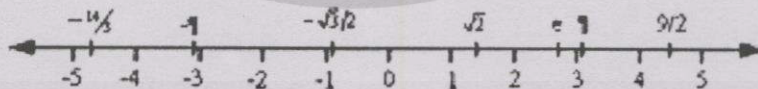
## หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนจริง

24-11-00



จะเห็นว่าจำนวน ตรีรกยะ และ อตรรกยะ ต่างก็เป็น เลขจำนวนจริง  
 แต่ค่าของมันจะแน่นอนหรือไม่ก็ตาม เราสามารถกำหนดค่าของเลข  
 จำนวนจริงต่างๆ ลงบนแกนตัวเลขได้ และเรา เรียกเส้นตรงนี้ว่า  
**เส้นจำนวนจริง (Real Number Line)**



Exit

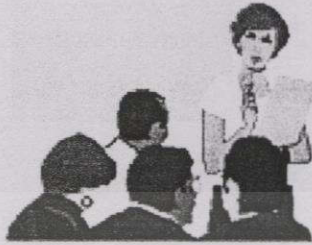
Help

14/45

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนจินตภาพ

24-11-08



เลขที่เขียนด้วยหน่วยจินตภาพ ( $j$ ) และจำนวนอื่นๆ ที่อยู่ในรูปของ  $a+jb$   
เช่น  $j4$ ,  $j5$ ,  $-j3/4$  เรียกว่า จำนวนจินตภาพ

หน้าต่อไป



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนจินตภาพ

24-11-08



**แบบฝึกหัดที่ 3**  
คลิกที่หัวใจสีแดงบนหน้าจอ

ท่านทำแบบฝึกหัดได้ 0 ข้อจาก 10 ข้อ  
คิดเป็น 0 % ถ้าท่านผ่าน 80 %  
ท่านไม่ต้องทำแบบฝึกหัดนี้อีก 0:0:0

หน้าต่อไป



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนเชิงซ้อน (Complex Number)

24-11-08

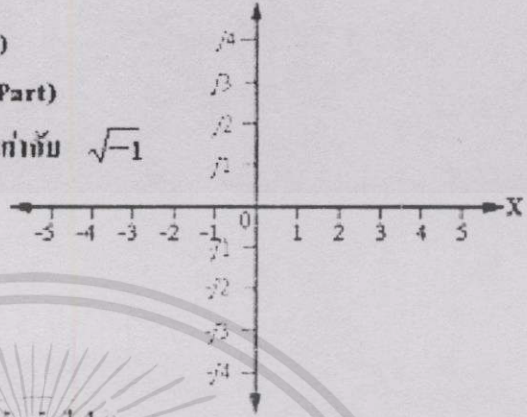


$$a + jb$$

$a$  คือเลขจำนวนจริง (Real Part)

$b$  คือส่วนจินตภาพ (Imaginary Part)

เรียกตัว  $j$  ว่าหน่วยจินตภาพมีค่าเท่ากับ  $\sqrt{-1}$



หน้าต่อไป



39/ 45

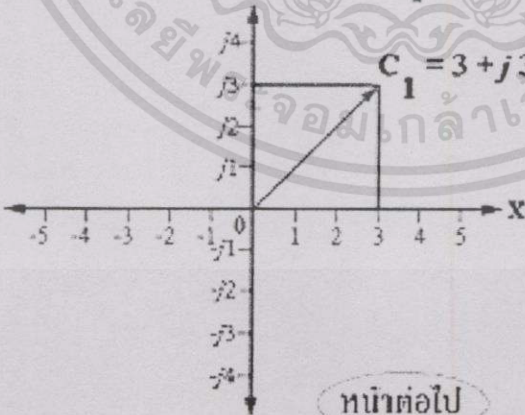
# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนเชิงซ้อน

24-11-08



ตัวอย่าง จงเขียนปริมาณเชิงซ้อน  $C_1 = 3 + j3$



หน้าต่อไป



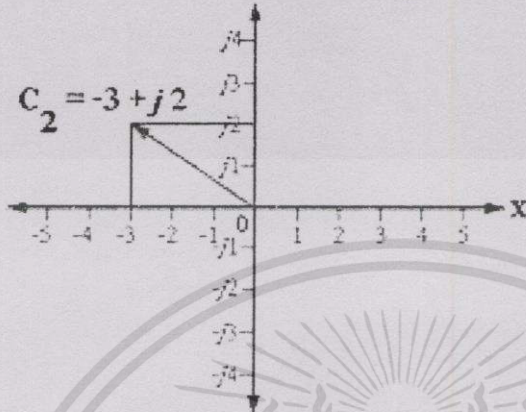
40/ 45

# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนเชิงซ้อน



ตัวอย่าง จงเขียนปริมาณเชิงซ้อน  $C_2 = -3 + j2$

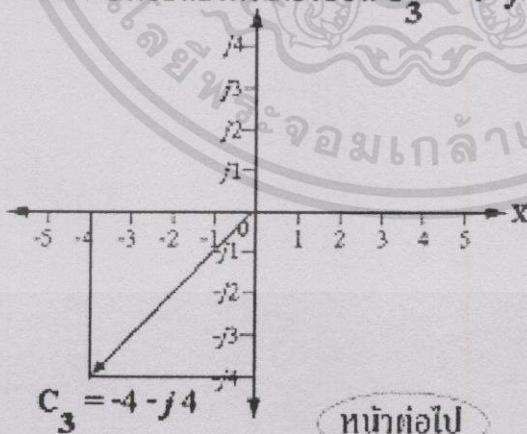


# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

เลขจำนวนเชิงซ้อน



ตัวอย่าง จงเขียนปริมาณเชิงซ้อน  $C_3 = -4 - j4$



หน้าต่อไป



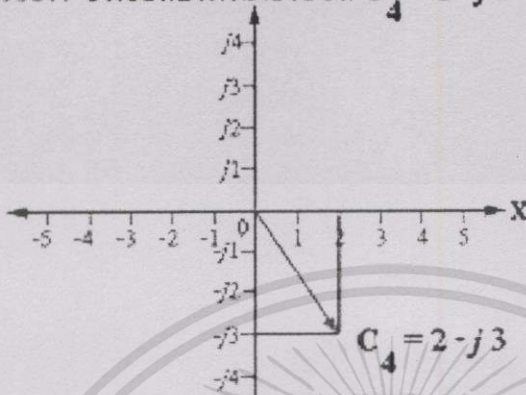
# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

## เลขจำนวนเชิงซ้อน

24-11-09



ตัวอย่าง จงเขียนปริมาณเชิงซ้อน  $C_4 = 2 - j3$



หน้าต่อไป



# หน่วยที่ 1 ปริมาณเชิงซ้อน

## เลขจำนวนเชิงซ้อน

24-11-09



**แบบฝึกหัดที่ 4**  
คลิกที่ปุ่มเพื่อเข้าสู่แบบฝึกหัด

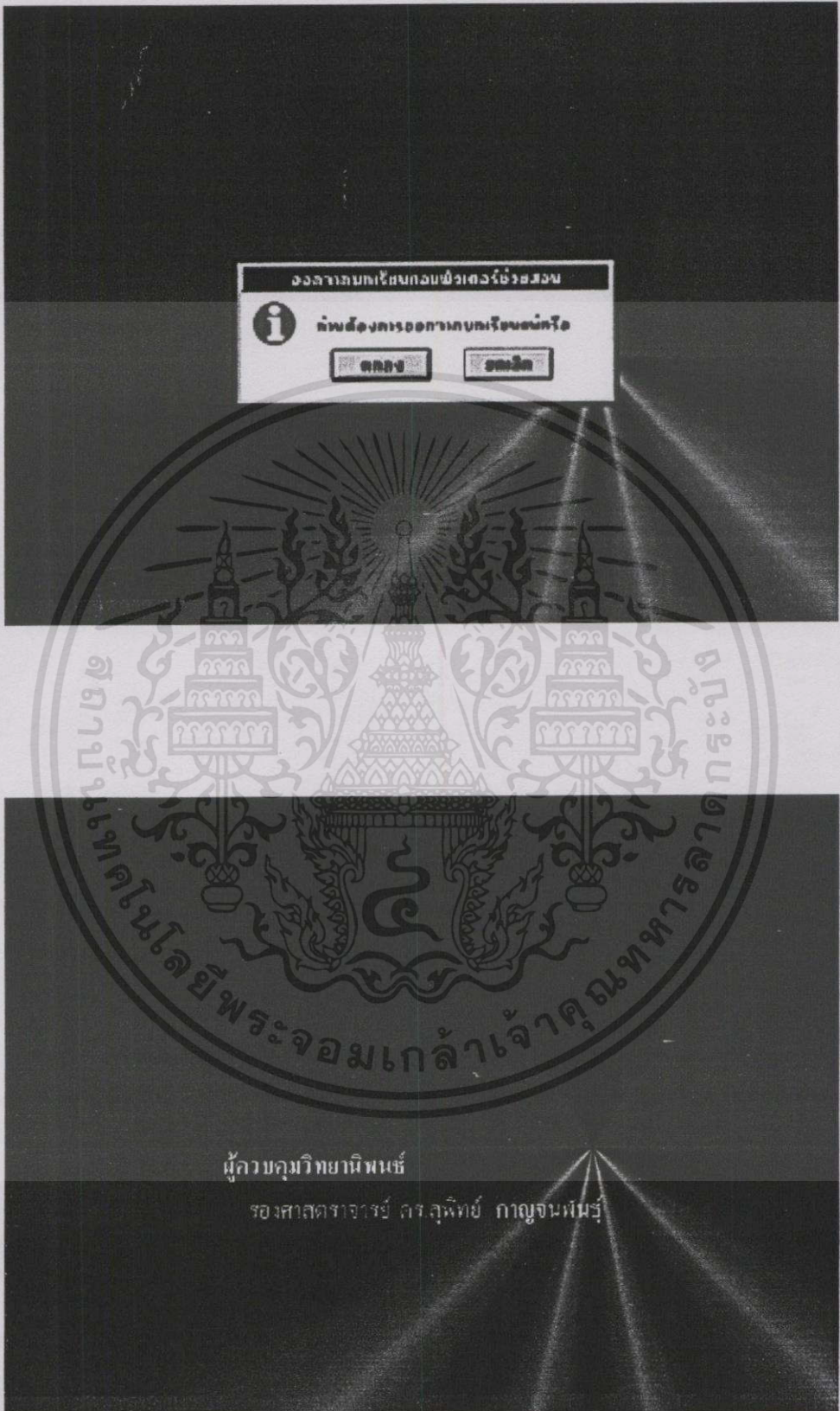
ท่านทำแบบฝึกหัดได้ 0 ข้อจาก 12 ข้อ

คิดเป็น 0 % ถ้าท่านผ่าน 80 %

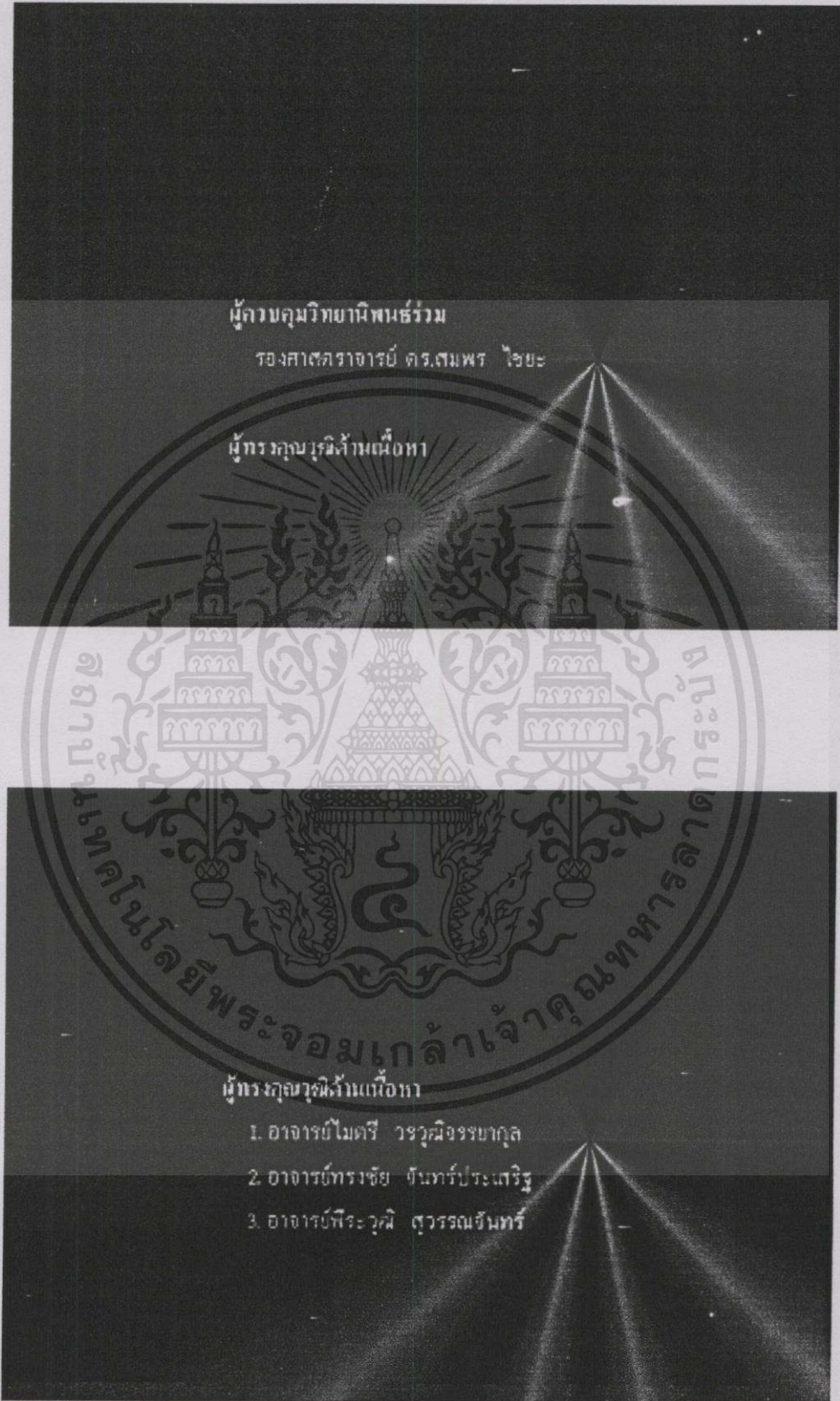
ท่านไม่ต้องทำแบบฝึกหัดนี้อีก 0:0:0

หน้าต่อไป





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร ไชยยะ

ผู้ทรงคุณวุฒิในเนื้อหา

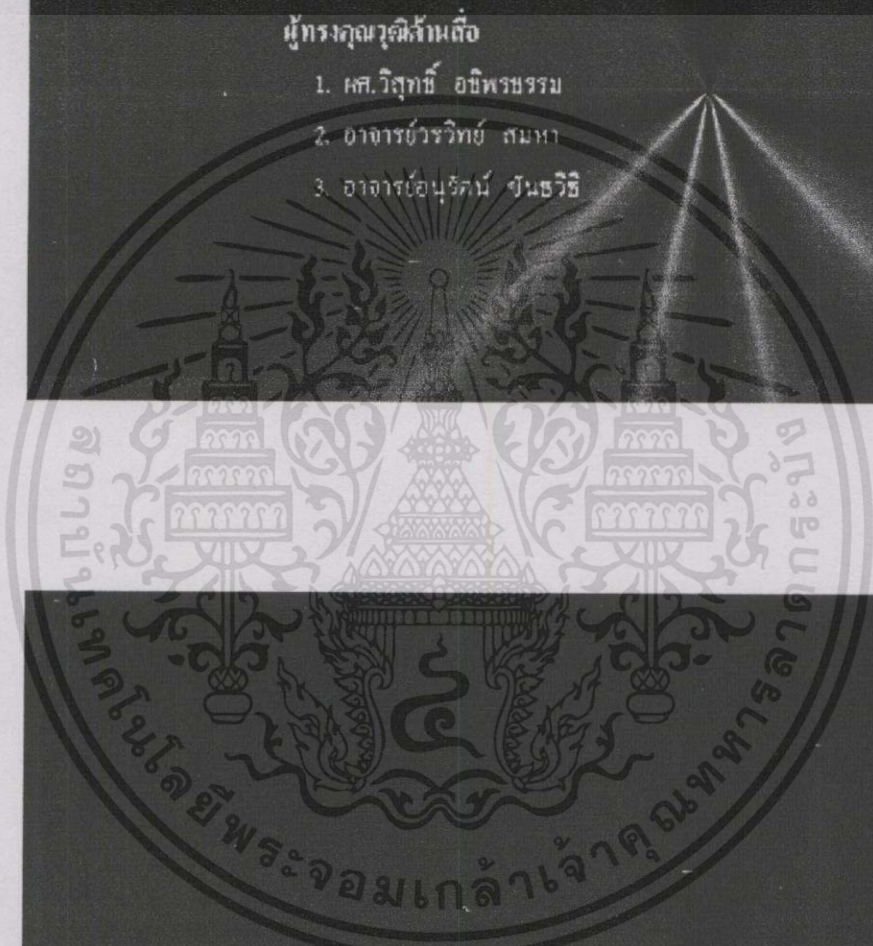
ผู้ทรงคุณวุฒิในเนื้อหา

1. อาจารย์ไมตรี วรวิจิตรขากุล
2. อาจารย์ทรงชัย ชินทรัพย์ประเสริฐ
3. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทรงคุณวุฒิที่รับผิดชอบ

1. ศศ.วิสุทธิ อภิพชรธรรม
2. อาจารย์วราวิทย์ สมหา
3. อาจารย์อนุสรณ์ ชินชวีธิ



เจ้าภาพขอขมากราบไหว้ขอขมาขอโทษ

นายสุเมธธรรม สวัสดิ์ผล  
รหัส 39064476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ช

### รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

### ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. อาจารย์ไมตรี    | วรวิจิตรยากุล                                  |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ 3 ระดับ 8                              |
| สถานศึกษา          | วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา                       |
| วุฒิการศึกษา       | ค.อ.บ. ไฟฟ้า                                   |
| 2. อาจารย์ทรงชัย   | จันทร์ประเสริฐ                                 |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ 2 ระดับ 7                              |
| สถานศึกษา          | วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี                           |
| วุฒิการศึกษา       | ค.อ.ม. ไฟฟ้า                                   |
| 3. อาจารย์พีระวุฒิ | สุวรรณจันทร์                                   |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ ระดับ 5                                |
| สถานศึกษา          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| วุฒิการศึกษา       | ค.อ.บ.(วิศวกรรมโทรคม)                          |

### ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1. ผศ.วิสุทธิ์     | อิทธิพรธรรม                                    |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ ระดับ 7                                |
| สถานศึกษา          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| วุฒิการศึกษา       | วศ.ม.(ไฟฟ้า)                                   |
| 2. อาจารย์วีรวิทย์ | สมหา   |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ ระดับ 5                                |
| สถานศึกษา          | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| วุฒิการศึกษา       | ค.อ.บ.(วิศวกรรมโทรคม)                          |
| 3. อาจารย์อนุรัตน์ | จันทร์วิธิ                                     |
| ตำแหน่ง            | อาจารย์ 1 ระดับ 5                              |
| สถานศึกษา          | วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา                       |
| วุฒิการศึกษา       | กศ.ม.(เทคโนโลยีทางการศึกษา)                    |

## ภาคผนวก ซ

### หนังสือราชการ

1. คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
2. ประกาศอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
3. หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย
4. หนังสือขอความร่วมมือให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย





คำสั่งคณะกรรมการคุศศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ 3๐๐ /2542

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ  
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ของ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล เป็นไปด้วยความเรียบร้อย  
และมีประสิทธิภาพ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์  
ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
 

รศ.ดร.สุพิทย์	กาญจนพันธ์	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม
2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
 

อาจารย์โอวาท	พูลศิริ	ประธานกรรมการ
รศ.ดร.สุพิทย์	กาญจนพันธ์	กรรมการ
อาจารย์อรรถพร	ฤทธิเกิด	กรรมการ
รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	กรรมการ
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลินหอม	กรรมการ

สั่ง ณ วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542

( ผศ.ดร.พรณี สীগิจวัฒน์ )  
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา ที่ได้รับอนุมัติ ให้ดำเนินการ ดังนี้

ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2543

1. นายวุฒิชรรม สวัสดิ์ผล ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน" โดยมี รศ.ดร.สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.สมพร ไชยะ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 17 มกราคม พ.ศ.2543

(รศ.ดร.มนัส ตั้งวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร. 2663

ที่ ทม 1504/ 0160

วันที่ 14 มกราคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

- ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ที่จะช่วยตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กับนักศึกษาปริญญาโทได้ จึงเรียนมาเพื่อขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามแบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ ของนักศึกษา ชื่อ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล ซึ่งจะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

( รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล )

คนบดี

๐๗:๓๗  
12 ๒๗ 43

๑๗๗  
12 ม.๒๕๔๓

๑.



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร. 2663

ที่ ทม 1504/ 0153

วันที่ 14 มกราคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์วรวิทย์ สมหา

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ที่จะช่วยตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กับนักศึกษาปริญญาโทได้ จึงเรียนมาเพื่อขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามแบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ ของนักศึกษา ชื่อนายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล ซึ่งจะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

( รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล )

คณบดี



ที่ ทม 1504/ 0153

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 มกราคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์อนุรัตน์ ชันธวิธิ

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ที่จะช่วยตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กับนักศึกษาปริญญาโทได้

จึงเรียนมาเพื่อขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามแบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อ ของนักศึกษา ชื่อ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ดีผล ซึ่งจะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

( รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล )

คนบดี

งานบัณฑิตศึกษา

โทร. 3266052-6101 ต่อ 2663,2642

โทรสาร 3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ที่ ทม 1504/ 0153

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

14 มกราคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

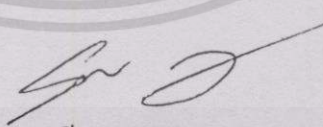
เรียน อาจารย์ทรงชัย จันทร์ประเสริฐ

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ที่จะช่วยตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กับนักศึกษาปริญญาโทได้

จึงเรียนมาเพื่อขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามแบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ของนักศึกษา ชื่อ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ดีผล ซึ่งจะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ



( รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล )

คณบดี

งานบัณฑิตศึกษา

โทร. 3266052-6101 ต่อ 2663,2642

โทรสาร 3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร. 2663

ที่ ทม 1504/ 0161

วันที่ 14 มกราคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ที่จะช่วยตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กับนักศึกษาปริญญาโทได้ จึงเรียนมาเพื่อขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามแบบทดสอบ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ของนักศึกษา ชื่อ นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล ซึ่งจะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ปริมาณเชิงซ้อน"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่งและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

( รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล )

คนบดี

กรม ๕  
12 ม.ค. 43

กรม  
12 ม.ค. 43

ที่ ทม 1504/ 1114



คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

/ส มีนาคม 2543

เรื่อง ขอความร่วมมือให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

ด้วย นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษาและ  
เทคนิคศึกษา กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง  
ปริมาณเชิงซ้อน " คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดพิจารณา  
อนุญาต ให้นักศึกษาได้ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อการวิจัยในสถานศึกษา  
ของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่าน  
มา ใน โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)

รักษาการรองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

งานบัณฑิตศึกษา

โทร. 3266052-6101 ต่อ 2663,2642

โทรสาร 3269040

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล	นายวุฒิธรรม สวัสดิ์ผล
วัน เดือน ปี เกิด	6 พ.ย. 2500
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 197/3 ถนนริมคลองท่าไข่ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
ตำแหน่ง	อาจารย์ 2 ระดับ 7
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2524 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม (ไฟฟ้ากำลัง) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทพเวศน์ ปีการศึกษา 2544 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง