

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม

DEVELOPMENT OF COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION ON  
HERIDITY

สาวิตรี อารี

SAWITEE AREE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

สาขาวิชาศึกษาศาสตร์และการศึกษานานาชาติ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม

DEVELOPMENT OF COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION ON  
HERIDITY

สาวิตรี อารีย์

SAWITEE AREE

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 74862  
วัน,เดือน,ปี..... 1 1 ต.ค. 2550

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

**DEVELOPMENT OF COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION ON  
HERIDITY**

**SAWITEE AREE**

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

**2007**

**COPYRIGHT 2007**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

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

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม
นักศึกษา	นางสาวสาวิตรี อารีย์
รหัสประจำตัว	46069601
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	หลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์

### บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มตัวอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เครื่องมือที่ใช้ได้แก่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามเกณฑ์  $E_1 : E_2$  และเปรียบเทียบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยการทดสอบด้วยสถิติ ( t-test )

ผลการวิจัย พบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มีค่า 80.67:82.33
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม หลังการเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

<b>Thesis Title</b>	Development of Computer-Assisted Instruction On Heridity
<b>Student</b>	Miss.Sawitee Aree
<b>Student ID.</b>	46069601
<b>Degree</b>	Master of Industrial Education
<b>Program</b>	Vocational Curriculum and Instruction
<b>Year</b>	2007
<b>Thesis Advisor</b>	Assist.Professor.Dr.Lertlak Klinhom
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Dr.Phadungchai Papat

### **ABSTRACT**

The purpose of this research was aimed to find efficiency of Computer-Assisted Instruction on Heridity and to compare the learnig achievement between pretest and posttest scores of students learning with Computer-Assisted Instruction.

The samples groups were 30 second year students and Industry program, of majoring electronic in Industry program at Phraramhok Technology School . The samples were selected by simple random sampling. They were experimented to find the efficiency of Computer-Assisted Instruction as well as to compare the learning achievement.

The tools using in this research were comprised of Computer-Assisted Instruction, and achievement test . Data were analysis by seeking efficiency of Computer-Assisted Instruction according to the  $E_1 : E_2$  formula and compare the study results by testing differences between achievement before and after learning Computer-Assisted Instruction.

The result were found as follows :

1. The computer assisted instruction on Heridity had the efficiency at 80.67:82.33.
2. The subjects who learned with Computer-Assisted Instruction on Heridity had posttest scores pretest scores at 0.05 level.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อำนาจ ตั้งเจริญชัย ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี และผศ.ดร.อรสา โภศลานันทกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี ดร.พรเลิศ แสงทวีเลิศ อาจารย์สมเกียรติ ดันติวงศ์วานิช อาจารย์วีรพันธ์ เอี่ยมสะอาด และอาจารย์เถียร โรจน์วิทย์โอภาส ที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาสื่อด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะผู้บริหาร ครู-อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักเรียน โรงเรียนพระรามหก เทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร ที่กรุณาให้ความสะดวก ความร่วมมือตลอดจนคำแนะนำ และข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการสร้างและทดลองเครื่องมือวิจัยจนเสร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณน้า ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้งพี่น้องทุกคน ที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และช่วยเหลือทุกด้านตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่และครู-อาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

สาวิตรี อารีย์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ .....	5
<b>บทที่ 2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>6</b>
2.1 หลักสูตร วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม .....	6
2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	8
2.3 การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	36
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>38</b>
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	38
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	38
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	50
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	50

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	53
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหา.....	53
4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	55
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	55
5.2 อภิปราย.....	58
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	59
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	66
ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....	68
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....	78
ภาคผนวก ค เนื้อหาบทเรียน เรื่อง พันธุกรรม.....	80
ภาคผนวก ง แบบทดสอบ.....	108
ภาคผนวก จ แบบประเมินบทเรียน.....	124
ภาคผนวก ฉ ค่าทางสถิติ.....	129
ภาคผนวก ช ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	149
ประวัติผู้เขียน.....	161

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงแผนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัส 2000-1420 .....	7
2.2 แสดงการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ Gagne' .....	18
3.1 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อสร้างแบบทดสอบ.....	42
3.2 แสดงผลการประเมินสื่อการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา).....	48
3.3 แสดงผลการประเมินสื่อการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ).....	49
4.1 แสดงผลการประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	53
4.2 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน....	54

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้สอนเนื้อหา.....	13
2.2 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกและปฏิบัติ.....	14
2.3 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสร้างสถานการณ์จำลอง...	15
2.4 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอน.....	15
2.5 แสดงลำดับขั้นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	28
3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	41
3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	46
ค.1 แสดงเกรเกอร์ เมนเดล บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์.....	81
ค.2 แสดงการทดลองผสมถั่วลิสงถั่วเมล็ดกลมกับถั่วลิสงถั่วเมล็ดขุ่น.....	82
ค.3 แสดงลักษณะของดอกถั่วลิสง.....	83
ค.4 แสดงลักษณะทั้ง 7 ของถั่วลิสงที่เมนเดลได้ศึกษา.....	84
ค.5 แสดงการทดลองของกริฟฟิท.....	88
ค.6 แสดงการทดลองของอะเวรีและคณะ.....	89
ค.7 แสดงเบส 2 ประเภทคือพิวรีนและไพริมิดีน.....	90
ค.8 แสดงน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม.....	91
ค.9 แสดงโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสเป็นชนิดไพริมิดีน.....	91
ค.10 แสดงโครงสร้างของโพลินิวคลีโอไทด์.....	92
ค.11 แสดงการจัดกันระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G ใน DNA.....	93
ค.12 แสดงโครงสร้างโมเลกุลการจับกันระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G ใน DNA.....	93
ค.13 แสดงโครงสร้างของ DNA (ซ้ายมือ) และโมเลกุลของ DNA (ขวามือ).....	95
ค.14 แสดงการจำลองตัวของดีเอ็นเอ.....	96
ค.15 แสดงการถอดรหัสพันธุกรรมในกระบวนการสังเคราะห์ RNA จาก DNA .....	98
ค.16 แสดงขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีน.....	99
ค.17 แสดง DNA และฮิสโตนที่ประกอบกันเป็นโครโมโซมของยูคาริโอต.....	100
ค.18 แสดงตำแหน่งของเซนโทรเมียร์บนโครโมโซมแบบต่างๆ.....	100
ค.19 แสดงโครโมโซมเซลล์ร่างกาย 1 เซลล์ของผู้ชาย.....	101
ค.20 แสดงกลุ่มอาการดาวน์และคารีโอไทป์.....	101
ค.21 แสดงเด็กที่ป่วยเป็นกลุ่มอาการครีดูชาต์.....	102

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ค.22 แสดงกลุ่มอาการไคลน์เฟลเตอร์และคารีโอไทป์.....	102
ค.23 แสดงกลุ่มอาการเทอร์เนอร์และคารีโอไทป์.....	103
ค.24 แสดงตัวอย่างโรคตาบอดสีของครอบครัวหนึ่ง.....	104
ค.25 แสดงลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ใช้ตรวจความเป็นพ่อ-แม่-ลูก.....	106

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พันธุกรรมอยู่ในวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งมีองค์ความรู้ที่มีแนวร่วมระหว่างวิทยาศาสตร์ชีวภาพและกายภาพ ซึ่งมีขอบข่ายกว้างขวาง ก้าวล้ำเข้าไปได้หลากหลายวิทยาการ กลอบคลุม ทุกๆ ด้าน เกี่ยวกับชีวิตมนุษย์ทั้งทางกาย สังคม อารมณ์ จิตใจ ความคิดสติปัญญา รวมถึงเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทันสมัย ปัจจุบันองค์ความรู้ในศาสตร์สาขานี้ได้มีคนสนใจที่จะศึกษามากและให้ความสำคัญมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การศึกษาเรื่องพันธุกรรมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาของบุคคล และสังคมหลายแง่มุม สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์ทุกวัย ทุกสาขาวิชาชีพ ทั้งในชีวิตส่วนตัวในชีวิตการทำงาน และการพัฒนาสังคมได้หลากหลายในหลายระดับ จึงได้จัดให้มีการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ปวช. 2

การจัดการเรียนการสอนของวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอุตสาหกรรม โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี พยายามมุ่งเน้นให้นักเรียนที่จบออกไปแล้วมีคุณภาพ สามารถนำความรู้ด้านพันธุกรรม ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในด้านต่าง ๆ ดังนั้น ในการเรียนการสอน ครู-อาจารย์ ผู้สอนทุกคนจึงต้องทำให้นักเรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้ ในวิชาที่เรียนให้มากที่สุด (สุเทพ สุขเจริญ (4 :2547)

แต่ในเรียนการสอนในเรื่องพันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขางานช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี จัดการเรียนการสอนในเทอมที่ผ่านมาผู้วิจัยได้พบปัญหา ของนักเรียนเป็นจำนวนมากยังไม่เข้าใจถึงการถ่ายทอดทางพันธุกรรม ร่างกายของคนเราเกิดขึ้นมาได้อย่างไรและเพศหญิง ชาย มีโครโมโซมเหมือนหรือต่างกัน แล้วจริงไหมที่คนเรามีรหัสชีวิตของแต่ละคนจะไม่เหมือนกันและมีรายละเอียดอีกมาก ที่ผ่านมากการจัดการเรียนการสอน เรื่อง พันธุกรรม นี้ นักเรียนจำนวนมากไม่ชอบเรียน เรื่อง พันธุกรรม อาจเนื่องมาจากเป็นวิชาที่เข้าใจได้ยาก ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่มักจะประกอบด้วยสิ่งที่มองเห็นได้และสิ่งที่มองไม่เห็น ดังนั้น จึงเป็นปัญหาสำคัญที่จะต้องอธิบายในสิ่งที่มองไม่เห็น ให้ผู้เรียนได้เห็นภาพ หรือทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมให้ผู้เรียนได้เห็นภาพ หรือ เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาเรื่องนั้นๆ ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งภายในเนื้อหาวิชาได้กล่าวถึง พื้นฐานทางชีวภาพที่มีผลต่อการเกิดลักษณะทางพันธุกรรม (Heridity) ของมนุษย์ประกอบด้วย ลักษณะที่ควบคุมสิ่งมีชีวิต ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปยังลูกหลานหรือถ่ายทอดไปตามสายพันธุ์

เรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรม หน่วยที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต เรียกว่า ยีน ( Gene ) การทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย ซึ่งเราไม่สามารถมองเห็นระบบและการทำงานดังกล่าวได้ จึงมีการนำสื่อการเรียนการสอนหลายประเภทเข้ามาช่วยในการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากขึ้น เช่น แผ่นใส สไลด์ แต่ก็ไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเห็นภาพการทำงานของระบบต่าง ๆ ได้เนื่องจากสื่อที่กล่าวมาเป็นภาพนิ่ง ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ทำให้นักเรียนยังเห็นภาพไม่ชัดเจนนัก

ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนผู้สอนต้องปูความรู้พื้นฐานให้แก่ผู้เรียนเป็นอย่างดี มีการนำสื่อการเรียนการสอนเข้ามาช่วยให้คุณภาพการเรียนรู้ดีขึ้น และสื่อการเรียนการสอนที่จะนำมาใช้นั้นต้องสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับผู้เรียน ผู้สอน และเนื้อหาวิชา ได้คืออีกด้วย

การนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วมกับการเรียนการสอนนั้น เรามักรู้จักกันในลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( Computer – Assisted Instruction or Computer-Aided Instruction : CAI ) ซึ่งหมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสอนมิได้ หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์สอนแทนครูทั้งหมด อาจมีเนื้อหาบางส่วนที่ครูสอน บางส่วนเรียนจากคอมพิวเตอร์หรือครูเป็นผู้สอนในส่วนของเนื้อหาทั้งหมดส่วนการทบทวน และการทดสอบความรู้ ปล่อยเป็นหน้าที่ของคอมพิวเตอร์

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นสื่อการเรียนการสอน รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสม ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด โดยเสนอเนื้อหาทีละหน้า สามารถดึงดูดความสนใจและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการในการเรียนรู้ เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วยคุณลักษณะสำคัญ 4 ประการ คือ

1. มีลักษณะสารสนเทศ หมายถึง มีเนื้อหาสาระที่ได้รับการเรียบเรียงเป็นอย่างดี ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือได้รับทักษะตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

2. สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทางการเรียนรู้ ซึ่งเกิดจากบุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจและพื้นฐานความรู้ที่แตกต่างกัน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ผู้เรียนสามารถควบคุมเนื้อหาได้ตามความสามารถแต่ละบุคคล ในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจ ผู้เรียนสามารถฝึกซ้ำได้จนกว่าจะผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ( ไพฑูรย์ นพภาศ.2535:41 )

3. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ ได้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งบทเรียน สามารถคลิกปุ่มต่างๆ เลือกเนื้อหาที่ต้องการ

4. การให้ผลป้อนกลับโดยทันที ซึ่งตรงกับแนวคิดของสกินเนอร์ ( Skinner ) การให้ผลป้อนกลับเป็นการเสริมแรง ( Reinforcement ) โดยมีแบบฝึกหัดและแบบทดสอบเพื่อประเมินความเข้าใจของผู้เรียน ผู้เรียนต้องตอบคำถามด้วยตนเอง ไม่สามารถใส่คำตอบล่วงหน้าได้ ทำให้ป้องกันความไม่ซื่อสัตย์ต่อตนเอง ( อ่ำพล สงวนศิริธรรม.2528:13 )

กล่าวโดยสรุปว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่นิยมนำไปใช้กับการเรียนการสอน มีวิธีการสร้างด้วยเจตนา จะช่วยสอน ถ้าผู้สอนมีภาระงานสอนมาก ๆ การเตรียมการสอนที่ซับซ้อนจะไม่สะดวกกับผู้สอนอย่างยิ่ง ความเหนื่อยล้าจะทำให้การสอนแต่ละกลุ่มในเนื้อหาเดียวกัน มีประสิทธิภาพไม่เท่าเทียมกัน คอมพิวเตอร์จะสามารถนำมาช่วยทดแทนผู้สอน ในเนื้อหาเดียวกัน มีประสิทธิภาพในเนื้อหาและเทคนิควิธีการสอนที่ซ้ำ ๆ กันได้เป็นอย่างดี ( กลุขมันต์ วัฒนาณรงค์.2536:20 )

จากปัญหาและลักษณะเด่นของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยจึงมีความมุ่งมั่นในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม เรื่องพันธุกรรม ขึ้นมาเพื่อสามารถนำไปเป็นสื่อการสอนและลดปัญหาในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี โดยจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ในด้านเนื้อหาดีมากยิ่งขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม ก่อนเรียนกับหลังเรียน

## 1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80:80
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม หลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยได้นำแนวความคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งยึดเทคนิคการออกแบบแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Robert Gagne' มาเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ( อ่างใน อำนวยเดชชัยศรี.2542 :16-117 ) ดังนี้

1. สร้างความสนใจ ( Gain Attention )
2. บอกวัตถุประสงค์ ( Specify Objectives )
3. ทบทวนความรู้เดิม ( Activate Prior Knowledge )

4. การเสนอเนื้อหาใหม่ ( Present New Information )
5. การชี้แนะทางการเรียนรู้ ( Guide Learning )
6. กระตุ้นการตอบสนอง ( Elicit Response )
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ ( Provide Feedback )
8. มีการทดสอบความรู้ ( Assess Performance )
9. การจำแนกและการนำไปใช้ ( Promote Retention and Transfer )

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 2 โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2549 จำนวน 280 คน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างอุตสาหกรรม แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2549 จำนวน 30 คน

### 2. เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม เรื่อง พันธุกรรมตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ ( ฉบับปรับปรุง ) พุทธศักราช 2542

### 3. ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการทดลองในสัปดาห์ที่ 17 จำนวน 3 คาบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549

### 4. ตัวแปรที่ศึกษา คือ

4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวกับการพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม คือ ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม

4.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย

4.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ ช่วงเวลาการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง พันธุกรรม แบ่งออกเป็นช่วงเวลาก่อนเรียนและหลังเรียน

4.2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม

## 1.6 นวัตกรรมที่เฉพาะ

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้ คือ

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสอนเนื้อหา เรื่องพันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม จัดเสนอเป็นบทเรียนที่ใช้ศึกษาด้วยตนเองออกแบบ โปรแกรมโดยประยุกต์ให้มีแบบเรียนเป็นแบบเนื้อหาให้ความรู้ แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ มาจัดไว้ในรูปแบบของบทเรียนและมีการนำเสนอบทเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ

2. นักเรียน หมายถึง นักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี

3. คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านเนื้อหาและ เทคนิคการผลิตสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

4. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 จากการเรียนเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ  $80:80 (E_1 : E_2)$  โดยมีรายละเอียดดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนหน่วยย่อย ซึ่งคำนวณมาจาก คะแนนค่าเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่นักเรียนตอบถูกต้อง จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนแต่ละ หน่วยโดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด ซึ่งคำนวณมาจากคะแนน ค่าเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่นักเรียนตอบถูกต้องจากแบบทดสอบรวมหลังจบบทเรียนทั้งหมด โดย คิดเป็นร้อยละ

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ซึ่งได้วัดจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ที่แสดงออกมาชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งตามลำดับหัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 2.1 หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม
- 2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

#### 2.1 หลักสูตรรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม

หลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2545 สาขางานช่างอุตสาหกรรม (กรมอาชีวศึกษา.2538:55 )

สำหรับรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 - 1420 จัดอยู่ในกลุ่มวิชาสามัญ	
วิชา	วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม
รหัสวิชา	2000 – 1420
ระดับวิชา	ปวช. 2 ภาคเรียนที่ 2
เวลาเรียน	ทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 2 คาบต่อสัปดาห์ ตลอดระยะเวลา 18 สัปดาห์ รวม 54 คาบ ใน 1 ภาคเรียน
หน่วยกิต	3 หน่วยกิต

##### 2.1.1 จุดประสงค์ของรายวิชา

1. เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องโมล สูตรและสมการเคมี สารประกอบไฮโดรคาร์บอน วัสดุสังเคราะห์ สมบัติของสาร ความร้อน การขยายตัวของวัตถุ หน่วยและ การวัด เวกเตอร์ แรง แรงในต่างระนาบ การสมดุล จุดศูนย์ถ่วง สมการการเคลื่อนที่ โมเมนตัม เชนเส้น โมเมนตัมเชิงมุม พลังงาน และพันธุกรรม
2. เพื่อให้ผู้เรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาทดลอง
3. เพื่อให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและชีวิตประจำวัน

### 2.1.2 คำอธิบายรายวิชา 2000-1420 วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ( Industrial Science)

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับปริมาณทางฟิสิกส์ แรง การเคลื่อนที่แบบเส้นตรงแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แบบวงกลม แบบโปรเจกไทล์ สมการการเคลื่อนที่ของนิวตัน โมเมนต์ และสมดุล งาน พลังงาน กฎการอนุรักษ์ พลังงาน กำลัง ประสิทธิภาพ คลื่น และสมบัติของคลื่น คลื่นกล คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานนิวเคลียร์ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเกิดมิวเตชันและการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพและชีวิตประจำวัน

### 2.1.3 แผนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม

ทฤษฎี – ปฏิบัติ – หน่วยกิต

ตารางที่ 2.1 แผนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัส 2000 – 1420

เนื้อหา ( Content )			
สัปดาห์ที่	หน่วย ( Units)	เรื่อง (Topics)	จำนวนคาบ
1-2	1	ปริมาณทางฟิสิกส์	6
3-4	2	แรงและชนิดของแรง	6
5	3	การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง	3
6	4	สมดุลของวัตถุ	3
7	5	การเคลื่อนที่ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน	3
8	6	งาน กำลัง และพลังงาน	3
9-10	7	การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์	6
11	8	การเคลื่อนที่แบบวงกลม	3
12	9	การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	3
13-14	10	คลื่น และสมบัติของคลื่น	6
15	11	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	3
16	12	พลังงานนิวเคลียร์	3
17	13	พันธุกรรม	3
18	-	สอบปลายภาค	3
<b>รวม</b>			<b>54</b>

## 2.1.4 เนื้อหาที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เรื่องพันธุกรรม ซึ่งเป็นเนื้อหาที่อยู่ในหน่วยที่ 17 ประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. ความหมายของพันธุกรรมและกฎของเมนเดล
2. การค้นพบสารพันธุกรรม
3. การจำลองตัวของดีเอ็นเอ
4. ลักษณะทางพันธุกรรมและโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
5. โครโมโซมและความผิดปกติของโครโมโซม
6. ถอดรหัส DNA

## 2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษามีเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้เสริมประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ที่สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ( สันตัก ภิบาลสุข.2537:23 ) ประเทศไทยแม้จะเป็นประเทศกำลังพัฒนา กับเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน จนเป็นที่ยอมรับว่าคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพต่อการเรียนการสอนในหลายสาขาวิชา การใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งถือเป็นทรัพยากรการเรียนในลักษณะของการสื่อสารสองทาง เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอน จึงเป็นสิ่งกระตุ้นและเกื้อหนุนให้ผู้เรียนอยากเรียน ตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนและความต้องการของผู้เรียน ( ไชยยศ เรื่องสุวรรณ.2533:40 )

เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถบันทึกข้อมูลและสารสนเทศทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นเสียง ตัวอักษร กราฟิก ภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหว ไว้ในหน่วยความจำได้ สามารถจัดเก็บค้นหา ประมวลผลในลักษณะต่างๆ และแสดงผลตามระบบคำสั่งที่จัดไว้ได้อย่างกว้างขวางและรวดเร็ว ในวงการศึกษานำมาใช้ในการบันทึกสารสนเทศทางการศึกษา ประมวลสาระและให้บริการทางการศึกษา

นิคม ทาแดง ( 2540 : 177 ) ได้กล่าวว่า เราสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนได้ ดังนี้

1) คอมพิวเตอร์ในฐานะเนื้อหาของการเรียนการสอน เพราะสังคมยุคปัจจุบันได้เชื่อว่าเป็นยุคสังคมข่าวสาร ซึ่งคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสื่อสารที่ทุกคนจะต้องรู้ จะต้องใช้เรียกว่าเป็นความรู้พื้นฐานสำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ในหลักสูตรการเรียนการสอนจึงมีการสอนเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ( Computer Literacy ) ในทุกระดับการศึกษาตั้งแต่ระดับประถมศึกษาเป็นต้นมา

2) คอมพิวเตอร์ช่วยเรียน ( Computer Assisted Instruction : CAI ) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกบทเรียนแบบโปรแกรมหรือบทเรียนสำเร็จรูปเป็นกรอบ ๆ ไว้และได้ทำ

หน้าที่แสดงกรอบการเรียนรู้ตามลำดับหรือตามกิจกรรมในการเรียนของผู้เรียน โดยสรุป คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ช่วยผู้เรียนในการเปิดหน้าต่างหนังสือหรือกรอบของบทเรียน ตามโปรแกรมที่ผู้สร้างบทเรียนจัดไว้ จึงเรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยเรียน (CAL)

3) คอมพิวเตอร์ช่วยเรียน (Computer-Assisted Instruction : CAI) คือการออกแบบบทเรียนโปรแกรมแบบแตกกิ่งมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น และจงใจออกแบบเพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ นอกจากนั้นยังมีการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนในการประเมินตัดสินใจและการจัดการเรียนการสอนอยู่มาก จึงนิยมเรียกชื่อใหม่ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

4) คอมพิวเตอร์จัดการเรียนการสอน ( Computer-Assisted Instruction : CMI ) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไป เช่น การประเมินทักษะเขียนประวัติ นักเรียน การให้บริการข้อมูลทางการเรียน ฯลฯ

### 2.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน CAI ( Computer-Assisted Instruction ) คือ โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำหน้าที่เป็นสื่อการเรียนการสอนเหมือนแผ่นใส ( Transparent ) สไลด์ ( Slide ) หรือ วิดีทัศน์ ( Video ) ที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายในเวลาอันจำกัดและตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนนั้น ๆ (บุรณะ สมชัย, 2542 :14) แต่เนื่องจากโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ได้ครบทุกสื่อในเวลาเดียวกันและควบคุมการนำเสนอได้ด้วยตัวของมันเอง เรียกว่า “ สื่อเนกทัศน์ ” หรือ “ มัลติมีเดีย ” ( Multimedia ) ทำให้ประหยัดและมีประสิทธิภาพซึ่งสรุปได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือ CAI คือ

- เป็นสื่อการเรียน ช่วยครูทำการสอน
- เนื้อหาในโปรแกรมจะเป็นหน่วย ๆ ตามบทเรียนนั้น ๆ
- นักเรียนสามารถนำไปทบทวนเนื้อหา ศึกษาด้วยตนเองได้
- ครูสอน หรือผู้มีประสบการณ์ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ จะทำได้ดีที่สุด

ทักษิณา สนวนานนท์ ( 2530 : 206 ) ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล นักเรียนแต่ละคนจะได้นั่งอยู่หน้าไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง และเรียกโปรแกรมสำเร็จรูปที่จัดเตรียมไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้น ๆ ขึ้นมาบนจอภาพ

ยีน กูว์รเวอร์ธ ( 2531 : 3 ) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นโปรแกรมที่ได้นำเนื้อหาและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ และเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำเอาบทเรียนที่เตรียมไว้แล้วนี้ มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียนแต่ละคน

ศักดิ์ดา ไชกกิจบุญญ และคณะ ( 2533 : 141 - 142 ) ได้ให้ความหมายคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( Computer-Assisted Instruction หรือ CAI ) ว่าคือ การนำคอมพิวเตอร์มาเป็นสื่อช่วยในการเรียนการสอนในลักษณะต่างๆ เช่น ฝึกปฏิบัติ ทบทวนบทเรียน การแก้ปัญหา และยังสามารถนำมาใช้ร่วมกับสื่อการสอนอื่นๆ เพื่อให้บทเรียนนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับสไลด์ เป็นต้น

กิดานันท์ มลิทอง ( 2536 : 187 ) ให้ความหมาย ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่าเป็นสื่อ การสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูงที่จะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียนที่อยู่ในห้องเรียนตามปกติ

พรเทพ เมืองแมน ( 2544 : 18 ) กล่าวว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนที่ได้รับการออกแบบโดยอาศัยศักยภาพของคอมพิวเตอร์ในด้านการนำเสนอ ที่สามารถนำเสนอ บทเรียนในลักษณะของสื่อประสม ( Multimedia ) คือ นำเสนอได้ทั้งข้อความ กราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์และเสียง นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังเป็นบทเรียนที่ผู้เรียนสามารถโต้ตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์ ( Interaction ) กับบทเรียนพร้อมทั้งได้รับผลย้อนกลับ ( Feedback ) อย่างทันทีทันใด รวมทั้งสามารถประเมินและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนได้ตลอดเวลา จึงเป็นบทเรียนที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี

อำนาจ เชขชัยศรี ( 2542 : 106 ) กล่าวถึง คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การที่นักการศึกษาได้ สังเกตและประยุกต์ พยายามนำภาษาคอมพิวเตอร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษา โดยการคิดค้นวิธีสร้างบทเรียนในเนื้อหาวิชาต่างๆมาใช้กับคอมพิวเตอร์และนำมาช่วยสอนบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นการนำเอาเนื้อหาและรูปแบบบรรจุในซอฟต์แวร์

บุญชม ศรีสะอาด ( 2537:123 ) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอน แบบรายบุคคล โดยใช้โปรแกรมที่ดำเนินการสอนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ จะช่วยให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าตามอัตราของตนเอง เป็นการสอนที่ตอบสนองความต้องการของแต่ละคน

กณจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา ( 2539 : 34 – 35 ) ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนที่กระทำโดยเนื้อหาในรายวิชาแบบฝึกหัดและการทดสอบ ซึ่งจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมจะเสนอเนื้อหาในรูปตัวหนังสือ ภาพกราฟิก และมีข้อมูลย้อนกลับให้แก่ผู้เรียนด้วย

ถนอมพร เลหาจรัสแสง ( 2541: 3 ) ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า เป็นการนำคอมพิวเตอร์ เข้ามาใช้ในการศึกษา ในลักษณะของการนำเสนอการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์โดยที่คอมพิวเตอร์ทำการนำเสนอบทเรียนแทนผู้สอน และผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตัวเอง

ไชยยศ เรืองสุวรรณ ( 2530 : 93 ) ได้กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการใช้คอมพิวเตอร์เสนอเนื้อหาความรู้บทจอหรือมอนิเตอร์ ( Monitor ) จัดเน้นสื่อแบบปฏิสัมพันธ์เรียนด้วยตนเองได้

กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ ( 2536 : 136 ) ให้คำจำกัดความว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็น บทเรียนที่ได้จัดกระทำอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ โดยการนำเสนอเนื้อหาที่ต้องการ สอดกับผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ( Interaction ) โดยตรงตาม ความสามารถ จากความหมายนี้สามารถแสดงองค์ประกอบของ CAI ได้ดังนี้

1. เป็นการเรียนโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์
2. บทเรียนได้ถูกสร้างและเตรียมไว้ก่อนมีการเรียนเกิดขึ้น
3. ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
4. ยึดหลักความแตกต่างระหว่างบุคคล

สุกรี รอดโพธิ์ทอง ( 2531: 106 – 107 ) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีความหมายอยู่ในตัวแล้ว นั่นคือ การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสอนมิได้หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์ สอนแทนครู ทั้งหมดอาจมีเนื้อหาบางส่วนที่ครูสอน บางส่วนให้เรียนจากคอมพิวเตอร์หรือ ครูผู้สอนเนื้อหา ทั้งหมดส่วนการทบทวนและการทดสอบความรู้ ปล่อยให้เป็นที่ของ คอมพิวเตอร์และสำหรับผู้เรียนที่เรียนตามไม่ทันก็ให้เรียนจากคอมพิวเตอร์ในลักษณะการสอน เสริม ซึ่งวิธีเหล่านี้ก็จะอยู่ภายใต้ขอบข่ายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถจำแนกได้ดังนี้

1) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยจัดการเรียนการสอน ( Computer Assisted Instruction :CMI ) หมายถึง การนำเอาระบบการจัดเก็บและจัดทำข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการ จัดการเรียนการสอน เพื่อที่จะสามารถติดตามและควบคุมกระบวนการสอน และการพัฒนาสู่ ความสำเร็จของผู้เรียนแต่ละคนเป็นการนำมาใช้เป็นสื่อจัดการหรือบริหารการสอนทั้งหมด วิเคราะห์นักเรียน วางแผนการเรียนการสอน เก็บข้อมูลนักเรียนตลอดจนประเมินผลนักเรียน เป็น แหล่งรวมสื่อการเรียนและการรวบรวมข่าวสารเกี่ยวกับห้องสมุด เป็นแหล่งรวมรวมวัสดุการเรียน ที่สามารถเก็บไว้ได้ในระบบความจำหรือแผ่นบันทึกข้อมูล ( Disk ) ส่วนมากเป็นรูปแบบของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงถือได้ว่า CAI เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของระบบ CMI ( สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2531:106 )

2 ) คอมพิวเตอร์ช่วยเสริมการเรียนการสอน ( Computer Enriched Instruction : CEI ) หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นแหล่งเผยแพร่ข้อมูลที่ จำเป็นต่อผู้เรียน เพื่อเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นแหล่งเผยแพร่ข้อมูลที่จำเป็นต่อ ผู้เรียนในการเรียนการสอน พร้อมเป็นแหล่งช่วยให้เกิดพัฒนาโปรแกรมโดยผู้เรียน

Spencer (1980 : 33) อ้างใน บุญชม ศรีสะอาด ( 2537 : 123 ) ให้ความหมาย คอมพิวเตอร์ ช่วยสอน ( Computer Assisted Instruction ) คือ การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนรายบุคคล โดยใช้ โปรแกรมที่ดำเนินการสอนภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้า และเป็น การตอบสนองความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน

คำศัพท์ที่เกี่ยวข้องในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในกิจกรรมด้านต่าง ๆ ของมนุษย์เป็นอันมากรวมถึงด้านการศึกษา ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง จึงมีคำที่เกี่ยวข้องใช้เรียกในภาษาอังกฤษแตกต่างกันดังนี้ ( Romiszowski.1986 ) เช่น

CAI	( Computer-Assisted Learning or Computer Aided Learning )	คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียน
CEI	( Computer-Based Instruction )	คอมพิวเตอร์ในการสอน
CBL	( Computer-Based Learning )	คอมพิวเตอร์ในการเรียน
CBE	( Computer-Based Education )	คอมพิวเตอร์ในการศึกษา
CBT	( Computer-Based Training )	คอมพิวเตอร์ในการฝึกอบรม
CAT	( Computer-Assisted Training )	คอมพิวเตอร์ช่วยในงานฝึกอบรม
CBT	( Computer-Aided Training )	คอมพิวเตอร์ช่วยในการแปล

( สุรัชย์ สีขำบัณฑิต และเสาวนีย์ สีขำบัณฑิต.2538 :18 )

CDI	( Computer-Development Instruction )	คอมพิวเตอร์พัฒนาการสอน
-----	--------------------------------------	------------------------

( สุพิทย์ กาญจนพันธุ์.2541: 52 )

IAC ( Instructional-Application of Computer ) การใช้คอมพิวเตอร์ทางการศึกษา แต่ในที่นี้จะใช้คำว่า CAI ในความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผู้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้หลายท่าน จะมีลักษณะคล้ายกัน เช่น

สุพิทย์ กาญจนพันธุ์ ( 2541: 52 ) ได้ให้ความหมายว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง กลวิธีที่เน้นให้มีการกระทำระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และความทรงจำ

ทักษิณา สวานานนท์ ( 2530 : 24 ) กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล โดยให้ผู้เรียนแต่ละคนนั่งอยู่หน้าไมโครคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง หรือเทอร์มินอลที่ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ แล้วเรียกโปรแกรมที่จัดเตรียมไว้เป็นพิเศษสำหรับการสอนวิชานั้นขึ้นมาบนจอภาพ โดยปกติจอภาพจะแสดงเรื่องราวเป็นคำอธิบาย บทเรียนหรือรูปภาพ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอ่านดู แต่ละคนจะใช้เวลาทำความเข้าใจให้ทำต่อ หรือทดสอบความรู้ด้วยการป้อนคำถาม ซึ่งอาจเป็นทั้งแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบเลือกตอบหรือปรนัย เมื่อทำเสร็จคอมพิวเตอร์จะตรวจและชมเชย ถ้าทำถูก หรือดำเนินเมื่อทำผิด และสั่งให้กลับไปอ่านใหม่ จากนั้นจะแจ้งผลเพื่อให้ทราบว่าได้ถูกที่ข้อทำผิดข้อใด จำเป็นหรือไม่ที่จะต้องกลับไปศึกษาในบทเรียนนั้นใหม่ หรือจะให้ศึกษาใหม่ต่อไปเลย

วสันต์ อติศัพท์ ( 2530 : 75 – 90 ) ได้กล่าวไว้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นการเรียนการสอนซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ก็ได้ โดยผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาบางบทเรียนที่ออกแบบไว้อย่างดี และเก็บไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลที่แสดงผ่านจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื้อหานี้อาจแสดงในรูปของตัวอักษร เสียง

กราฟิก ภาพเคลื่อนไหวหรือรวมกับสิ่งอื่น ๆ ในลักษณะของสื่อประสม เช่น สไลด์ วิดิทัศน์ ฯลฯ หลังจากแสดงเนื้อหาในหัวข้อหนึ่ง ๆ จะมีแบบฝึกหัดให้ผู้เรียนทบทวนความเข้าใจ และสนองตอบต่อสิ่งนั้นผ่านเป็นพิมพ์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะประเมินผลการตอบสนองว่า ผู้เรียนควรก้าวไปสู่หัวเรื่องใหม่หรือการซ่อมเสริมก่อน

สรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( CAI ) หมายถึง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นสื่อการเรียนการสอน หรือการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยมีการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และมีการตอบสนองให้ผู้เรียนไม่รู้สึกรู้สึกระหว่างหน้า ทำให้ผู้เรียนซ้ำได้มีโอกาสได้ทบทวนหรือเรียกซ้ำอีกครั้งก็ได้เป็นการตัดปัญหาในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิดและอาจเพื่อน ๆ ร่วมชั้นเรียน ทั้งนี้ก่อนให้เกิดประสิทธิภาพการเรียนมากยิ่งขึ้น

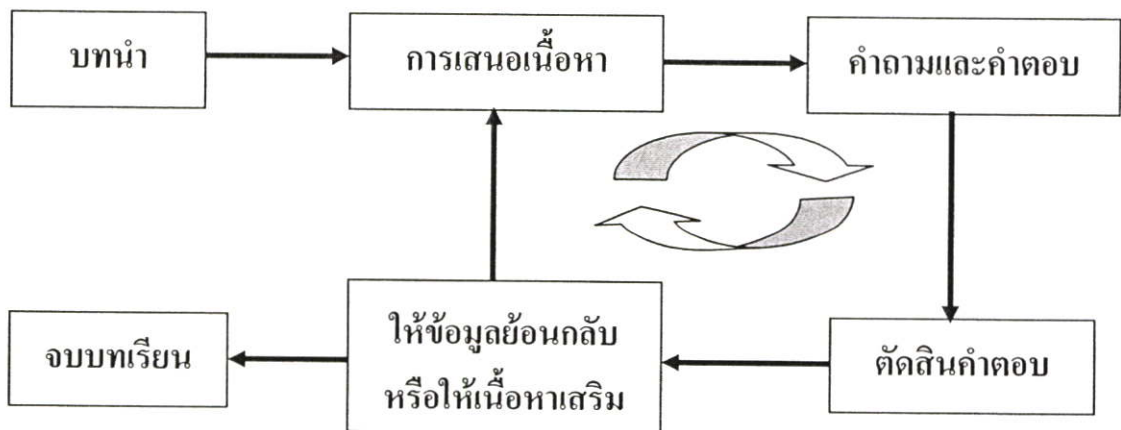
### 2.2.2 ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถจำแนกรูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้ ( รัชชชัย งามสันติวงศ์.2549:17-21 )

#### 1) บทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorials )

เป็นแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีผู้พัฒนามากที่สุดประมาณกว่า 80% ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วโลก เนื่องจากมีพื้นฐานการพัฒนาขึ้นมาจากการเรียนในชั้นเรียนการใช้ CAI แบบ Tutorials ในระบบการศึกษาปกติโดยปกติมีพื้นฐานแนวความคิดที่จะใช้สอนแทนครู ทั้งในห้องเรียนและสอนเสริมนอกเวลาเรียน แต่ยังคงมีความเชื่อว่าในส่วนลึกของผู้คนจำนวนมากเชื่อว่า ไม่มีสื่อชนิดใดในโลกที่สามารถที่จะถ่ายทอดความรู้ ความคิดทัศนคติและทักษะได้ดีเท่ากับมนุษย์ด้วยกันเอง

โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้สอนเนื้อหา มีลักษณะดังนี้

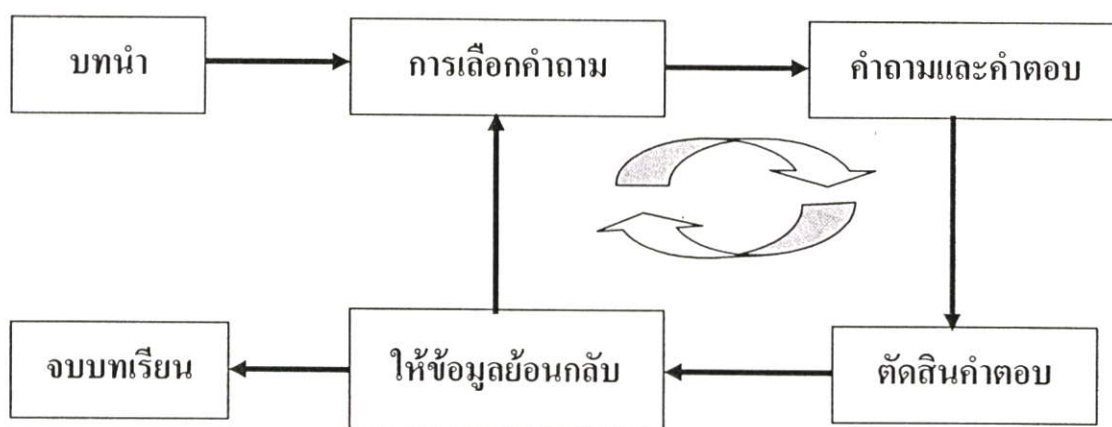


ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้สอนเนื้อหา

## 2) บทเรียนแบบฝึกทักษะ( Drill and practice )

เป็นอีกแบบหนึ่งที่มีการพัฒนามาจากแบบแรก รูปแบบนี้ออกแบบขึ้น โดยการผสมผสาน การทบทวนแนวคิดหลักและการฝึกฝนในรูปแบบของการทดสอบ บทเรียนที่พบส่วนใหญ่เป็นบทเรียนทางด้านภาษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งลักษณะของเนื้อหาจะเน้นที่ด้านความรู้เป็นส่วนมาก จึงไม่เน้นส่วนประกอบหลัก ๆ ของการเรียนรู้ที่จะต้องมียุทธศาสตร์ประกอบหลาย ๆ

โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกหัดและปฏิบัติ มีลักษณะดังนี้

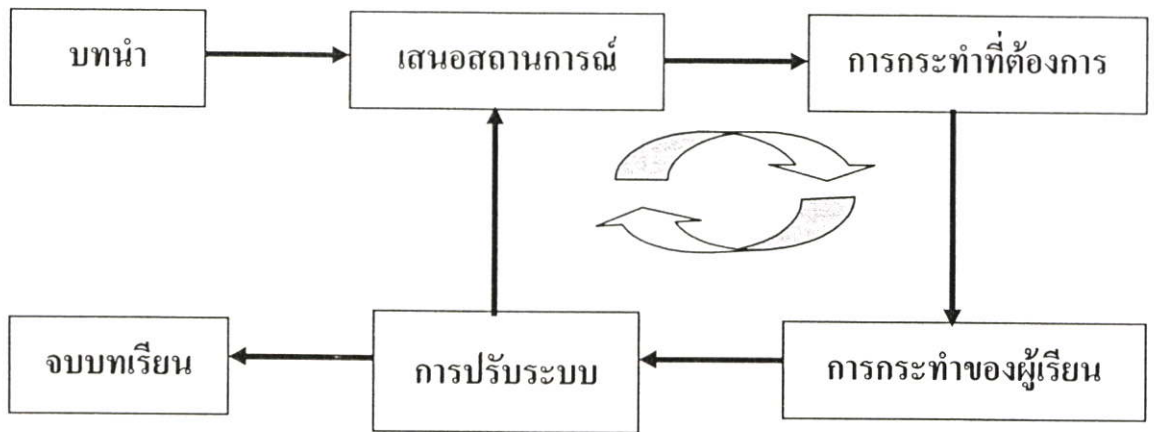


ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบฝึกและปฏิบัติ

## 3) แบบสร้างสถานการณ์จำลอง ( Simulation )

บทเรียน CAI แบบนี้ออกแบบมาเพื่อต้องการสอนเนื้อหาใหม่หรือใช้เพื่อทบทวนหรือสอนเสริม ในสิ่งที่นักศึกษาทดลองไปแล้ว โดยการเน้นรูปแบบการสร้างสถานการณ์จำลองเหตุการณ์จริง ลำดับขั้นเหตุการณ์และเนื้อหาอื่น ๆ ที่มีลำดับการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยเป็นสิ่งที่เข้าใจได้ยากที่ไม่สามารถมองเห็นได้ สำหรับบทเรียน CAI ประเภทนี้ยังมีจำนวนน้อยมาก เนื่องจากความยากในการออกแบบทั้งนี้ เนื่องจากผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในการทำเป็นอย่างดี เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อหาแต่ละส่วนให้สามารถนำเสนอในรูปแบบที่ง่ายขึ้น

โครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสร้างสถานการณ์จำลอง มีลักษณะดังนี้

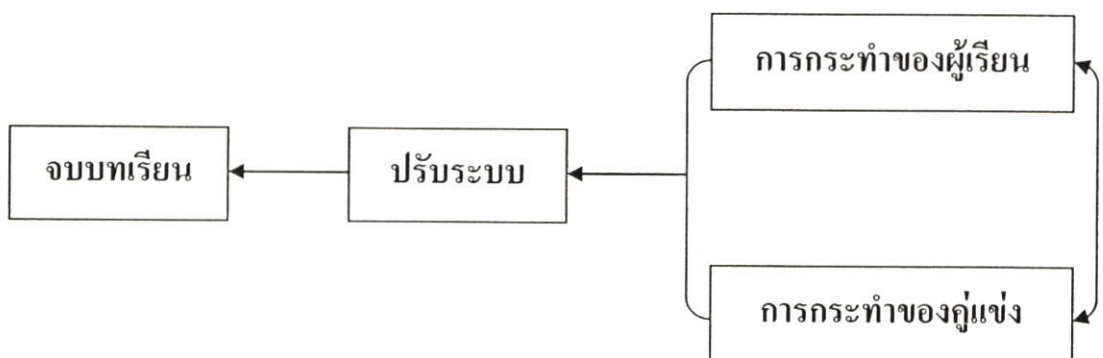


ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการสร้างสถานการณ์จำลอง

4) แบบเกมการสอน ( Instruction Games )

บทเรียนในแบบเกมการสอนนี้ พัฒนามาจากแนวความคิดและทฤษฎีทางด้านการเสริมแรง บนพื้นฐานจากการค้นพบว่าความต้องการในการเรียนรู้เกิดจากแรงจูงใจภายใน เช่น ความสนุกสนานจะให้ผลต่อการเรียนรู้และความคงทนในการจำดีกว่า การเรียนรู้ที่เกิดจากแรงจูงใจภายนอก วัตถุประสงค์ของบทเรียนรูปแบบนี้ ก็เพื่อต้องการสร้างการฝึกและทบทวนเนื้อหา และแนวคิด ทักษะที่ได้เรียนไปแล้ว จะมีลักษณะคล้ายกับ Drill and Practice แต่รูปแบบนี้จะเปลี่ยนรูปแบบของการนำเสนอให้สนุกน่าตื่นเต้นกว่า โดยมีหลักการพัฒนาบทเรียนแบบเกมการสอนที่ดี จะต้องทำทำายและกระตุ้นความสนใจ ตลอดจน กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น บทเรียนรูปแบบนี้จึงเหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับต่ำ ๆ มากกว่าระดับสูง

โครงสร้างของบทเรียนช่วยสอนแบบเกมการสอน มีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอน

### 5) แบบใช้ทดสอบ ( Test )

บทเรียนรูปแบบสุดท้ายนี้ เป็นรูปแบบที่สร้างง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับรูปแบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งจุดประสงค์หลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์รูปแบบนี้ก็เพื่อทดสอบความรู้ความสามารถของผู้เรียน การสอนดังกล่าวอาจเป็นการสอบก่อนการเรียนหรือหลังการเรียน หรือทั้งก่อนหรือหลังการเรียนแล้วแต่ผู้ออกแบบ

### 6) แบบเอกสารประกอบภาพยนตร์ ( Movies and documentaries )

วิดีโอ ถือว่าเป็นแหล่งที่มาของการเสนอสิ่งต่าง ๆ ในลักษณะสำคัญต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย และในราคาที่ไม่แพง ภาพยนตร์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนสถานศึกษาซึ่งสามารถนำมาใช้ได้อย่างง่ายโดยนำมาทดแทนเอกสารต่าง ๆ ในห้องสมุดให้อยู่ในฟิล์มขนาด 16 ม.ม. แทนที่สำคัญยังมีต้นทุนที่น้อยอีกด้วย

### 7) แบบสื่อผสมเอกสาร ( Multimedia libraries )

เป็นสื่ออีกรูปแบบหนึ่ง ที่มีลักษณะที่ทำให้เกิดการเรียนการสอนในตัวโปรแกรม ที่มีลักษณะเดียวกันกับแบบศึกษาเนื้อหาใหม่ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน อันจะช่วยในการแบ่งเบาภาระในเรื่องของการสอนในห้องเรียนได้ ซึ่งภายในตัวโปรแกรมถือว่าให้โอกาสขยายความต่าง ๆ ในเนื้อหาตามลำดับขั้น ทำให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้ข้อมูลข่าวสารไม่ว่าจะเป็นวิดีโอตัดปะ ภาพนิ่งจากภาพยนตร์เสียงประกอบ แผนที่ และภาพกราฟิก เป็นต้น

### 8) แบบทัศนฐานข้อมูล ( Visual database )

แบบทัศนฐาน ข้อมูลจากวิดีโอ disks จะช่วยทำให้เกิดการเรียนรู้จากภาพเฉพาะบุคคลที่เป็นแบบดั้งเดิม และได้เพิ่มเติมคำอื่น ๆ เข้าไปอีกมากมาย โดยการออกแบบเพื่อแสดงผลตามที่ต้องการไว้ในลักษณะการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหวด้วยเหตุที่มันสามารถที่จะเพิ่มเติมในแต่ละเฟรมได้มากถึง 54,000 เฟรม บนวิดีโอ disks เพียง 1 แผ่น ทำให้บทเรียนหรือการนำเสนอที่ได้สามารถที่จะควบคุมแต่ละสิ่ง โดยผ่านการควบคุมจากหน่วยควบคุมโดยใช้แถบรหัสหรือใช้คอมพิวเตอร์

## 2.3 การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.3.1 แนวคิดการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ จะต้องเป็นบทเรียนที่สามารถปรับกลวิธีการสอนให้เหมาะสมกับประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน ในที่นี้ผู้วิจัยได้สรุปแนวคิดสำคัญของนักการศึกษา นักเทคโนโลยีการศึกษา ที่เป็นพื้นฐานในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 3 แนวคิด ได้แก่ (วชิระ อินทร์อุดม.2540:50)

2.3.1.1 แนวคิดของ Mizendo and Evans ( Bradley.1983 -1984 ;221-223 )

Mizendo and Evans ได้เสนอแนะแนวทางในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพไว้ ดังนี้

- 1) วิเคราะห์เนื้อหาและภารกิจการเรียน การวิเคราะห์จะทำให้กำหนดได้ว่าเนื้อหาส่วนใดจะต้องเสนอก่อนหรือหลัง เนื้อหาส่วนใดเป็นพื้นฐานของการเรียนเนื้อหาต่อไป ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด
- 2) การควบคุมบทเรียนและความเร็วในการเรียน ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ควบคุมการฝึกปฏิบัติด้วยตัวผู้เรียนเอง
- 3) ให้โอกาสผู้เรียนในการเลือกวิธีการเรียนที่เหมาะสม กับความถนัดและความต้องการของผู้เรียน
- 4) ให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนให้มากที่สุด จะทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน
- 5) วิธีการสอนที่ใช้ในบทเรียน ต้องเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยผู้เรียนเก่งจะเรียนได้เร็ว ส่วนผู้เรียนอ่อนก็สามารถเรียนได้ดี โดยมีการซ่อมเสริมและแนะแนวทางที่เหมาะสม
- 6) มีการประเมินผลความก้าวหน้าและการบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนของผู้เรียน
- 7) ผู้เรียนต้องได้ทราบผลการตอบสนองที่มีต่อบทเรียน ในรูปแบบของการให้ข้อมูลป้อนกลับ คำตอบที่ถูกต้องและเหมาะสมเสียก่อน
- 8) การเสนอเนื้อหาใหม่ต้องเสนอภายหลังที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาเดิมแล้ว โดยบรรจุแบบฝึกหัดที่ถูกต้องและเหมาะสมเสียก่อน
- 9) ผู้เรียนสามารถย้อนกลับได้ตลอดเวลาในระหว่างที่เรียนบทเรียนนั้น

2.3.1.2 แนวคิดของ Gagne' (Gagne' Wager and Rojas. 1981: 17-21)

แนวคิดของ Gagne' Wager and Rojas เกี่ยวกับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เน้นที่การใช้ยุทธศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์สอน (Events of Instruction) ทั้ง 9 ขั้น ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการออกแบบแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ Gagne'

เหตุการณ์การสอน	ยุทธศาสตร์
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เพิ่มแรงจูงใจให้กับผู้เรียน</li> <li>2. รักษาความสนใจของผู้เรียนให้คงอยู่</li> <li>3. ให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิม</li> <li>4. แสดงสิ่งเร้า</li> <li>5. ให้แนวทางการเรียนรู้</li> <li>6. ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม</li> <li>7. ให้ผู้เรียนได้ทราบผลการปฏิบัติ</li> <li>8. ประเมินผล</li> <li>9. ถ่ายโยงการเรียนรู้</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้รูปภาพ สี เสียง</li> <li>2. แจกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ให้ผู้เรียนทราบ</li> <li>3. ใช้การทบทวนและ/หรือการทดสอบก่อนเรียน</li> <li>4. เสนอเนื้อหาในรูปแบบต่าง ๆ</li> <li>5. ใช้ตัวชี้นำ การกระตุ้น การบอกใบ้และการให้คำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนผ่านมา</li> <li>6. กระตุ้นให้ผู้เรียนตอบคำถาม</li> <li>7. ให้ข้อมูลป้อนกลับช่วยเหลือและ/หรือสอนเสริมเมื่อผู้เรียนตอบผิด ให้คำยืนยันและ/หรือการเสริมแรงเมื่อผู้เรียนตอบถูก</li> <li>8. ตรวจสอบการปฏิบัติกิจกรรมหรือการทำแบบฝึกหัดทำแบบทดสอบ ว่าผู้เรียนผ่านเกณฑ์หรือไม่แล้วแสดงผลให้ผู้เรียนทราบ</li> <li>9. โดยการสรุปสาระสำคัญให้การบ้าน</li> </ol>

เทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเนื้อหาใหม่ ( Tutorial ) ต้องเน้นการผสมผสานกราฟิก สี ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบ การให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม การให้ข้อมูลที่เป็นภาพ ฯลฯ โดยอาศัยขั้นตอนการสอนของ Gagne' มาดัดแปลงจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้น ดังนี้

1. การเร้าความสนใจให้พร้อมที่เรียน ( Gain Attention ) โดยการใช้ภาพ สี และเสียง ประกอบ ในการสร้าง Title ควรใช้กราฟิกขนาดใหญ่ ง่าย ไม่ซับซ้อน มีการเคลื่อนไหวที่สั้นและง่าย ใช้สีและเสียงเข้าช่วยให้สอดคล้องกับกราฟิก ภาพควรค้างอยู่บนจอจนกว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนภาพ ในกราฟิกควรบอกชื่อเรื่องที่เรียนแสดงบนจอได้เร็วและควรเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

2. บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน ( Specify Objectives ) ในขั้นนี้ นอกจากจะทำให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้วยังเป็นการบอกถึงเค้าโครงของเนื้อหา เพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้น อาจบอกเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือวัตถุประสงค์ทั่วไป ซึ่ง

จะต้องคำนึงถึงด้วยว่า ควรใช้คำสั้น ๆ แล้วเข้าใจง่าย หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเข้าใจ โดยทั่วไปไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป ถ้าเป็นบทเรียนใหญ่ควรมีวัตถุประสงค์กว้าง ๆ ค่อด้วยเมนู ( Menu) แล้วจึงมีวัตถุประสงค์ย่อยปรากฏอยู่บนจอที่ละข้อโดยใช้กราฟิกง่าย ๆ และการเคลื่อนไหวเข้าช่วย

3. ทบทวนความรู้เดิม ( Active Prior Knowledge ) เป็นการประเมินความรู้เดิม เตรียมผู้เรียน การทบทวนไม่จำเป็นต้องเป็นการทดสอบเสมอไป ในขั้นนี้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ออกจากเนื้อหาหรือแบบทดสอบได้ตลอดเวลา

4. ให้เนื้อหาความรู้ใหม่ ( Present New Information ) ควรใช้ภาพประกอบกับ เนื้อหาที่กะทัดรัด ง่ายและได้ในความ ภาพที่ดีไม่ควรมีรายละเอียดมากเกินไปใช้เวลานาน เข้าใจ ยากหรือออกแบบโปรแกรมในส่วนของเนื้อหา ควรคำนึงด้วยว่าควรใช้ภาพประกอบเฉพาะส่วน เนื้อหาที่สำคัญอาจใช้กราฟิกในลักษณะต่าง ๆ เช่น แผนภาพ แผนภูมิ ภาพเปรียบเทียบช่วยเนื้อหา ที่ยากและซับซ้อนควรใช้ตัวชี้แนะ ( Cue ) เช่น การขีดเส้นใต้ การติกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยน สีพื้น ฯลฯ แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่ยาก ควรจัดรูปแบบที่น่าอ่าน ยกตัวอย่างที่เข้าใจง่าย ควรเสนอ กราฟิกเท่าที่จำเป็นและไม่ควรใช้สีเกิน 3 สี ใช้คำที่คุ้นเคย การโต้ตอบควรมีหลาย ๆ แบบ

5. แสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหา ( Guide Learning ) ผู้เรียนจะจำได้ดีถ้าบทเรียน ที่ระบบการนำเสนอเนื้อหาดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของผู้เรียน และควรแสดงให้เห็นว่า ส่วนย่อยมีความสัมพันธ์กับส่วนใหญ่ และสิ่งใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน บางครั้ง ควรให้ตัวอย่างที่แตกต่างออกไปบ้างถ้าเนื้อหาควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมและควรกระตุ้นให้ ผู้เรียนคิดถึงประสบการณ์เดิม

6. กระตุ้นการตอบสนอง ( Elicit Responses ) ในขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนร่วมคิดร่วมกิจกรรมซึ่งยังทำให้ผู้เรียนจำเนื้อหาได้ดี ควรให้ผู้เรียนตอบสนองวิธีใดวิธีหนึ่ง เป็นบางครั้งไม่ควรให้ตอนยาว ควรเร้าความคิด อาจใช้กราฟิกหรือเกมช่วยในการตอบสนอง หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำ ๆ และไม่ควรมีคำถามในข้อเดียวกัน การตอบสนองของผู้เรียน คำถาม และผลย้อนกลับควรอยู่ในกรอบ ( Frame ) เดียวกัน

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ ( Provide Feedback ) บทเรียนจะกระตุ้นความสนใจของ ผู้เรียนได้มาถ้าบทเรียนนั้นท้าทายผู้เล่น โดยบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้ผลย้อนกลับเพื่อบอกว่า ผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด และควรคำนึงถึงด้วยว่าผลย้อนกลับควรให้ทันที หลังจากผู้เรียนตอบสนองบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด การแสดงคำถามคำตอบ และผล ย้อนกลับควรอยู่ในเฟรมเดียวกัน ควรใช้ภาพง่าย ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเข้าช่วย หลีกเลี่ยงการให้ ภาพที่ตื่นตา เพื่อหลีกเลี่ยงผลทางภาพจะทำให้ผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง อาจใช้เสียงสูงเมื่อทำถูก เสียง ต่ำเมื่อทำผิด ใช้การให้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้-ไกล จากจุดหมายและความเปลี่ยนแปลง รูปแบบของผลย้อนกลับบ้างเพื่อความสนใจ

8. ทดสอบ ( Assess Performance ) เพื่อเป็นการประเมินผลการเรียนและให้ผู้เรียนสามารถจำได้ ควรคำนึงด้วยว่าแบบทดสอบควรตรงกับจุดประสงค์ของบทเรียนข้อทดสอบคำตอบ และข้อมูลย้อนกลับควรอยู่บนแฟรมเดียวกัน และขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป ควรให้ผลย้อนกลับครั้งเดียวในหนึ่งคำถามและควรบอกผู้เรียนถึงวิธีที่จะตอบให้ชัดเจน บอกผู้เรียนว่ามีตัวเลือกอย่างไรดีหรือไม่ว่าจะช่วยในการทำแบบทดสอบ และต้องคำนึงถึงความแม่นยำและความเชื่อถือได้ขอแบบทดสอบ อย่าตัดสินใจว่าตอบผิดถ้าคำตอบไม่ชัดเจนควรใช้ภาพประกอบในการตั้งคำถาม ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าพิมพ์ผิด วรรณคดีใช้แบบตัวอักษรผิด เช่น ตอบเป็นตัวพิมพ์แทนที่จะเป็นตัวเขียนในภาษาอังกฤษ เป็นต้น

9. การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และการถ่ายโอนการเรียนรู้ ( Promote Retention and Transfer ) ควรให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้เดิมอย่างไร เพื่อทบทวนแนวคิด เสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจทำประโยชน์ได้และบอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง

ได้เสนอแบบจำลองขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไว้ 3 ขั้นตอน คือ  
 ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ เริ่มจากการกำหนดเป้าหมายการสอน ตามด้วยการวิเคราะห์รูปแบบการสอนที่เหมาะสม การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม กำหนดวิธีการประเมิน และการออกแบบกลวิธีการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การเขียนผังงาน ประกอบด้วย เขียนผังงาน สร้างสตอรี่บอร์ด และการเขียนเอกสารประกอบ พร้อมทั้งทบทวนการออกแบบก่อนการสร้างบทเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน ประกอบด้วย การสร้างบทเรียนขั้นแรก และทดสอบการใช้บทเรียน

ในขั้นตอนของแบบจำลองในแต่ละขั้นตอน มีกระบวนการย้อนกลับเพื่อการทดสอบและปรับปรุงอยู่ในทุกขั้นตอน และมีความยืดหยุ่นของขั้นตอน ผู้ออกแบบสามารถที่จะสลับขั้นตอนการทำงานได้ ยังเน้นการทำงานเป็นทีม ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และผู้เชี่ยวชาญการสร้างโปรแกรม และการใช้เวลาให้มากที่สุดในช่วงของการออกแบบ ก่อนที่จะมีการสร้างโปรแกรมจริง

2.3.1.3 แนวคิดของ Alessi and Trollip ( 1991:69 ) ได้เสนอแบบจำลองการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เตรียม ( Prepare )

- 1.1 กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ ( Determine Goals and Objectives )
- 1.2 เก็บข้อมูล ( Collect Resources )
- 1.3 เรียนรู้เนื้อหา ( Learn Content )
- 1.4 สร้างความคิด ( Generate Idea )

## ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบ ( Design )

- 2.1 ทอนความคิด ( Eliminate the Idea )
- 2.2 วิเคราะห์งานและมโนคติ ( Analyse Task and Concept )
- 2.3 ออกแบบบทเรียนขั้นแรก ( Design Preliminary Lesson )
- 2.4 ประเมิน/แก้ไขการออกแบบ ( Evaluate and Revise the Design )

## ขั้นตอนที่ 3 เขียนผังงาน ( Create Flowchart Lesson )

## ขั้นตอนที่ 4 สร้างสตอรี่บอร์ด ( Create Storyboard )

## ขั้นตอนที่ 5 สร้าง/เขียนโปรแกรม ( Create Program Lesson )

## ขั้นตอนที่ 6 ผลิตเอกสารประกอบบทเรียน ( Produce Supporting Materials )

## ขั้นตอนที่ 7 ประเมินและแก้ไขบทเรียน ( Evaluate and Revise )

### 2.3.1.4 แนวคิดของ Park ( Park ,Ok-Choom .1981-1982 :187-196 )

Park ได้เสนอแนวคิด ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้ยุทธศาสตร์ RSIS ( Response Sensitive Instructional Strategies) มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน โดยการใช้รูปภาพเคลื่อนไหว การใช้สี การใช้ข้อความที่น่าสนใจก่อนที่จะมีการสอน การเขียนบทนำที่เน้นความสำคัญของผู้เรียน จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้

2) เพิ่มการรับรู้ของผู้เรียนในเนื้อหา ด้วยการใช้อยุทธศาสตร์เตรียมการก่อนสอน เช่น แจกวัสดุประสงค์การเรียนรู้ว่า ภายหลังเรียนจบบทเรียนแล้วผู้เรียนจะทำอะไร ได้บ้าง

3) ให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาใหม่ โดยปกติแล้วจะเสนอในรูปแบบบทเรียนแบบการสอน ( Tutorial Program ) ซึ่งจะมีการเสนอเนื้อหา การถาม/การตอบ การตัดสินใจ ผลการตอบการให้ข้อมูลป้อนกลับหรือเป็นการสอนซ่อมเสริม

4) เพิ่มความเข้าใจของผู้เรียน โดยการให้ทำแบบฝึกหัด ให้ตอบปัญหา ให้ข้อมูล ป้อนกลับ ให้การเสริมแรง จัดหาแนวทางการเรียนที่เหมาะสมและมีการประเมินผลกิจกรรมของผู้เรียน เป็นต้น

5) เพิ่มความคงทนในการจำ โดยให้การสรุปสาระสำคัญของบทเรียน หรือการถามคำถามเพิ่มเติม

จากแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมานี้ พอจะสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ จะต้องครอบคลุมการสอนทั้ง 4 ระยะ คือ การให้สารสนเทศ แนะนำแนวทางการเรียนให้ผู้เรียน ปฏิบัติกิจกรรมและประเมินผลการปฏิบัติ ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ครอบคลุมการสอนทั้ง 4 ระยะ และสอดคล้องตามแนวคิดของนักการศึกษาทั้ง 3 ท่านก็คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการสอนแบบ Tutorial

นอกจากระเบียบวิธี (Methodology) ที่ดีของบทเรียนแล้ว การใช้รูปภาพเคลื่อนไหว สี เสียงจะช่วยเพิ่มความสนใจและรักษาความสนใจของผู้เรียนให้คงอยู่ และการสรุปสาระสำคัญของเนื้อหา (Content Summary) ก็เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้และความคงทนในการจำทั้งในระยะสั้น (Short Term Memory) และการจำในระยะยาว (Long Term Memory)

### 2.3.2 จิตวิทยาสำหรับออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

หลักการทางจิตวิทยาที่นำมาใช้สอนในการออกแบบ ธรรมชาติของการเรียนการสอน ทั่ว ๆ ไป มักจะประกอบด้วยกิจกรรม 5 ลักษณะด้วยกัน คือ

#### 2.3.2.1 หลักจิตวิทยาเกี่ยวกับการเร้าความสนใจ

จิตวิทยาพุทธิปัญญากล่าวไว้ว่า ถ้าจะให้คนเราเกิดการเรียนรู้เกิดความเข้าใจ เกิดการจำการนำไปใช้ การวิเคราะห์หรือการประเมินค่าได้นั้น คนผู้นั้นจะต้องมีความสนใจก่อน มิฉะนั้นแล้วข้อมูลต่าง ๆ ที่นำเสนอก็จะไม่ผ่านเข้าสู่สมองของคน ๆ นั้นเลย

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสิ่งที่ดี จะต้องประยุกต์จากทฤษฎี การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อจะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดี การออกแบบบทเรียนต้องคำนึงถึงภาษาที่ใช้ ควรเป็นคำที่สั้นและสื่อความหมายได้ดีด้วย ดังนั้น บทเรียนส่วนใหญ่จึงมีการผสมผสานของกราฟิก สี ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบ การให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นภาพ ช่วยให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ดีขึ้นและเพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียน

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้หลักการต่อไปนี้ (สุกรี รอดโพธิ์ทอง.2531:108)

- 1) ใช้กราฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหา และกราฟิกนั้นควรมีขนาดใหญ่และง่ายไม่ซับซ้อน และในกราฟิกควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วย
- 2) ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือเทคนิคอื่นๆ เข้าช่วยเพื่อแสดงการเคลื่อนไหวควรสั้น ง่าย
- 3) ควรใช้สีเข้าช่วย
- 4) ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟิก
- 5) กราฟิกควรจะค้างบนจอภาพจนกว่าผู้เรียนกดแป้นใด ๆ

แนวทางการออกแบบเพื่อเร้าความสนใจผู้เรียน

1. ใช้สี ช่วยกระตุ้นให้สนใจให้ตะคาก่อน (กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์.2539 :11-14) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความชอบของสีบนจอคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดคู่สีให้ทั้งหมด 36 คู่ จากการศึกษาพบว่าจำนวนสีที่ใช้เป็นตัวอักษรบนจอคอมพิวเตอร์ 3 สี เพื่อลดการสับสน จำนวนสีที่พอดี คือ 2 สี บนหนึ่งจอ เพื่อสังเกตเห็นได้เมื่อมีการเคลื่อนย้ายแถบสีนั้นจากผลการวิจัยความชอบ

ของสี่บนจอคอมพิวเตอร์ลำดับความชอบของสี่ระหว่างตัวอักษรและฉากหลัง หรือสี่พื้นบนจอคอมพิวเตอร์ 10 อันดับแรก ได้แก่

อันดับ 1	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีน้ำเงิน
อันดับ 2	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีดำ
อันดับ 3	ตัวอักษรสีเหลืองบนพื้นสีดำ
อันดับ 4	ตัวอักษรสีเขียวบนพื้นสีดำ
อันดับ 5	ตัวอักษรสีดำบนพื้นสีเหลือง
อันดับ 6	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีเขียว
อันดับ 7	ตัวอักษรสีน้ำเงินบนพื้นสีเหลือง
อันดับ 8	ตัวอักษรสีเหลืองบนพื้นสีน้ำเงิน
อันดับ 9	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีม่วง
อันดับ 10	ตัวอักษรสีขาวบนพื้นสีเขียว

- ใช้ขนาดของอักษรที่ใหญ่กว่าปกติเป็นตัวกระตุ้น
- ใช้รูปภาพเป็นตัวกระตุ้น (ควรเป็นรูปภาพที่สัมพันธ์กับเนื้อหา)
- ใช้ภาพเคลื่อนไหวเป็นตัวกระตุ้น
- ใช้เทคนิคพิเศษต่าง ๆ เกี่ยวกับการเห็น เช่น การใช้การกระพริบ การกลับภาพ

พื้น (Reverse) การซูมภาพเข้า-ออก การวาดภาพ (Panning) การซ้อนภาพ การใช้ภาพ 3 มิติ

- ใช้เสียงประกอบในลักษณะต่าง ๆ
- ใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นตัวช่วยชี้นำ (Prompts) เช่น ใช้หัวลูกศร การใช้เส้นนำสายตา การใช้สัญลักษณ์แทนตัวอักษร เป็นต้น

8. การเร้าความสนใจควรเป็นขั้นตอนสั้น ๆ เรียบง่ายอย่าให้เยิ่นเย้อ

#### 2.3.2.2 หลักจิตวิทยาเกี่ยวกับการสอนเนื้อหาหรือการสอน

เมื่อสามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้แล้ว ก็จะทำให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับรู้เนื้อหาต่าง ๆ พร้อมทั้งจะจำ ทำความเข้าใจในเนื้อหา ข้อมูลใหม่ที่จะให้

แนวทางการออกแบบเกี่ยวกับการเสนอเนื้อหา

- เสนอเนื้อหาในแต่ละครั้งที่ละน้อย ๆ
- ให้ผู้เรียนมีโอกาสเลือกเรียนเนื้อหาเองแทนที่จะบังคับตามความรู้พื้นฐานของแต่ละคนที่มีอยู่ซึ่งไม่เหมือนกัน

3. เนื้อหาประเภทข้อความจริง ควรจะให้ได้ผ่านไปที่ประสาทสัมผัสหลาย ๆ ทาง เช่น ได้เห็น ได้ยิน ได้ทำตาม เพื่อให้เกิดการรับรู้ การเข้าใจและการจดจำในที่สุด

4. เนื้อหาที่เป็นความคิดรวบยอดหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า“สังกัป”(Concept) นั้น ควรจะให้ตัวอย่างมาก ๆ ทั้งที่เป็นตัวอย่าง (Example) และตัวเทียบเคียง (Nonexample)

5. ควรจะจัดเนื้อหาให้เข้าใจง่าย เช่น เรียงตามลำดับก่อน-หลัง มีเหตุ-มีผล ซึ่งกันและกัน

6. เนื้อหาที่จะให้เรียนควรปรับจัดให้สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียนทำให้มีความหมายแก่ผู้เรียนจะทำให้จำได้นาน

7. ใช้การชี้แนะ การบอกน้ำ (Hint) ในการสอนเนื้อหาที่มีความซับซ้อน หากแก่การเข้าใจซึ่งอาจทำได้โดย

- การขีดเส้นใต้ข้อความที่สำคัญ
- แนะนำให้อ่านข้อความส่วนที่สำคัญ
- บอกว่าส่วนไหนของเนื้อหาที่มีความสำคัญเป็นพิเศษ
- ใช้เครื่องหมายคำพูด

8. ในการสอนเนื้อหาประเภททัศนคติ อาจจะทำได้ 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ สิ่งนั้นบ่อย ๆ จนชินกลายเป็นการคุ้นเคย แล้วนาน ๆ ก็จะกลายเป็นค่านิยมไปเอง วิธีนี้เองต้องใช้เวลาต้องให้ผู้เรียนค่อย ๆ รับรู้สิ่งนั้นไปเรื่อย ๆ

- การเสนอเนื้อหาให้ค่อย ๆ ซึ่งเข้าไปสู่ความรู้สึกนึกคิดโดยการให้รับรู้สิ่งนั้นบ่อย ๆ จนชินกลายเป็นการคุ้นเคยแล้วนาน ๆ ก็จะกลายเป็นค่านิยมไปเอง วิธีนี้เองต้องใช้เวลาต้องให้ผู้เรียนค่อย ๆ รับรู้สิ่งนั้น ๆ ไปเรื่อย ๆ

- การสร้างทัศนคติ สร้างความรู้สึก โดยการทำให้เกิดการ “ช็อค” ให้เกิดอารมณ์เกิดความคล้อยตาม การต่อต้านอย่างรวดเร็ว วิธีการนี้ต้องสร้างอารมณ์ร่วมในสิ่งนั้น ๆ โดยใช้ภาพใช้เสียง และอย่าให้เรียนถูกรบกวนจากสิ่งเร้าภายนอก ให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ติดตามได้นำตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์นั้น ๆ ให้ได้มีอารมณ์ร่วมอย่างจริงจัง วิธีนี้จะได้ผลรวดเร็วกว่ามาก และจะไม่ลืมน่าง่ายๆ

9. การเสนอเนื้อหาประเภททักษะต้องเสนอเนื้อหาเป็นตอน ๆ อย่างชัดเจน บอกวิธีการฝึกหัดปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนอย่างถูกต้องชัดเจน แล้วให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีการบอกถึงข้อบกพร่องในการฝึกปฏิบัติจริงนั้นอย่างทันทีทันใด

### 2.3.2.3 หลักจิตวิทยาเกี่ยวกับการให้ความช่วยเหลือแนะนำ

ในการที่คนเราจะเรียนรู้ โดยปกติแล้วจะต้องมีการทำความเข้าใจ มีการนำความรู้ใหม่ไปเชื่อมโยงไปสัมพันธ์กับสิ่งที่เรารู้มาแล้วในสมองให้ได้ ถ้าผู้เรียนทำไม่ได้ คอมพิวเตอร์ต้องสามารถให้ความช่วยเหลือได้

แนวทางการออกแบบเกี่ยวกับการให้ความช่วยเหลือ

1. ควรมีปุ่ม แถบ หรือข้อความหน้าต่าง เพื่อให้ผู้เรียนขอความช่วยเหลือได้ตลอดเวลา

2. ควรจัดตำแหน่งให้ความช่วยเหลือนั้นอยู่ในตำแหน่งที่ใช้ง่ายสะดวก

3. ข้อมูลที่ให้ความเป็นข้อความและมีภาพเสียงอื่น ๆ ประกอบตามความจำเป็น

4. การช่วยเหลือควรแบ่งเป็นระยะ ๆ เช่น ให้ข้อมูลเบื้องต้นก่อนและมีข้อความและประเด็นที่เกี่ยวข้องให้เลือกสอบถามลึกลงไป โดยการใช้เมาส์คลิกที่ข้อความ รูปภาพหรือรูปสัญลักษณ์ในลักษณะของไฮเปอร์เท็กซ์ (Hypertext)

#### 2.3.2.4 หลักจิตวิทยาเกี่ยวกับการให้ฝึกปฏิบัติ

โดยปกติแล้วคนเรามักจะต้องรับรู้สิ่งใหม่ เนื้อหาใหม่ ข้อมูลใหม่มากกว่าหนึ่งครั้งเพื่อให้สามารถจำได้ การได้ฝึกปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียน ได้จดจำ ได้ดีขึ้น ทำให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างทันทีทันใด

#### แนวทางการออกแบบเกี่ยวกับให้ฝึกปฏิบัติ

1. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติทันทีหลังจากเรียนเนื้อหา นั้น ๆ ไปแล้ว อย่าเสนอเนื้อหา มากเกินไป แล้วจึงให้ฝึกปฏิบัติรวมพร้อมกันในภายหลัง
2. บอกผลของการฝึกปฏิบัติทันทีทันใดพร้อม ๆ กับการบอกผลการปฏิบัติควรจะบอกว่าการปฏิบัติ นั้นผิดเพราะอะไร
3. หลังจากการบอกผลการปฏิบัติ ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เนื้อหาซ่อมเสริมถ้าจำเป็น
4. ควรจะให้ มีจำนวนการฝึกปฏิบัติในเนื้อหาที่เรียนให้มาก และบ่อยครั้งที่สุดเท่าที่จะทำได้
5. การฝึกปฏิบัติควรจะกระจายอยู่ในเนื้อหาที่เรียนให้มาก และบ่อยครั้งที่สุด วัตถุประสงค์ที่มี
6. การฝึกควรเริ่มจากง่ายแล้วค่อย ๆ เพิ่มความยากขึ้น
7. เนื้อหาที่ใช้ในการปฏิบัติจะต้องมีความหมาย และสัมพันธ์กับประสบการณ์ของผู้เรียน

#### 2.3.2.5 หลักจิตวิทยาเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

จุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผลสำหรับการพัฒนา CAI นั้นมีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ตรวจสอบความก้าวหน้า ความแม่นยำในเรื่องนั้น ๆ ของผู้เรียน กล่าวคือ ถ้าผู้เรียนทำแบบฝึกหัดระหว่างแล้วไม่ผ่าน ไม่จำเป็นที่ผู้ออกแบบบทเรียน CAI ต้องให้เนื้อหาเพิ่มเติมหรือปรับปรุงแก้ไขความเข้าใจผิดต่าง ๆ
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจถูกต้อง เพื่อวัดผลครั้งสุดท้ายว่าที่เรียนมา ผู้เรียนเรียนรู้เพิ่มมากขึ้นเท่าใด ควรจะผ่านไปเรียนส่วนอื่น ๆ ได้หรือไม่อย่างไร

หลักการออกแบบเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

1. คำถามในตอนแรก ๆ ของเนื้อหาควรเป็นคำถามที่ไม่ยากเกินไป เพื่อสอบถามความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน เป็นการหาแนวทางในการแก้ไขให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหา Embedded (Test) นี้ ปกติจะไม่มีการเก็บคะแนน นอกจากจะนำไปใช้ในการหาประสิทธิภาพ
2. คำถามประเภทเลือกตอบ ผู้เรียนใช้ง่ายกว่าการให้พิมพ์ตอบ โดยใช้เป็นพิมพ์
3. การบอกผลของการตอบคำถามที่ใช้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหา (Embedded Test) นี้ ปกติจะไม่มีการเก็บคะแนน นอกจากจะนำไปใช้ในการหาประสิทธิภาพ
4. คำถามประเภทที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหา (Embedded Test) จะถามบ่อยและกระจายอยู่ในเนื้อหาอย่างทั่วถึง
5. ในการใช้คำถามต้องคำนึงอย่างยิ่งเกี่ยวกับระดับความสามารถในการอ่านของผู้เรียน กล่าวคือ คำถามต้องสั้นและเข้าใจง่ายที่สุด
6. คำถามบางคำถามใช้เพื่อชี้แนะหรือบอกแนวคำตอบในข้ออื่นๆ
7. ในการถามอาจใช้รูปภาพประกอบ
8. อย่างละเอียดเกินไป จะทำให้น่าเบื่อ
9. ตำแหน่งของคำถามอาจจะมาก่อนหรือหลังเนื้อหาที่นำเสนอก็ได้
10. คำถามที่ดี คือ คำถามที่ใช้วิธีการตอบง่าย ๆ

### 2.3.3 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องพิถีพิถันละเอียดรอบคอบ และให้มีความยืดหยุ่นมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะผู้เรียนจะต้องเผชิญกับผู้สอน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตและจิตใจตลอดเวลา ดังนั้น การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและเนื้อหาวิชา ด้านสื่อการสอน ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และครูผู้สอน (ช่วง โชติ พันธุ์เวช. 2535: 50 - 56)

การออกแบบการเรียนการสอนในการนำเอาวิธีการจัดระบบ (System Approach) มาใช้เป็นวิธีการหนึ่งในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพราะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการอย่างลึกซึ้ง ทำให้ผู้พัฒนาบทเรียนเข้าใจและตระหนักถึงสภาพของผู้เรียน เนื้อหาของบทเรียนและการวัดประเมินผลการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนดังนี้ (วสันต์ อดิศักดิ์. 2530:75-90)

1. **ขั้นวิเคราะห์ผู้เรียน** เป็นการศึกษาผู้เรียนเพื่อให้เข้าใจและรู้จักกลุ่มเป้าหมายอย่างถ่องแท้ ก่อนที่จะพัฒนาบทเรียนให้เหมาะสม รวมทั้งพิจารณาถึงวัยและความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์ของผู้เรียนด้วย

2. **ขั้นวิเคราะห์เนื้อหา**ของบทเรียน พิจารณาบทเรียนที่นำมามีความเหมาะสมกับสื่อประเภทบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือไม่ นอกจากนั้นควรพิจารณานิสัยการเรียนรู้ด้วยว่าควรจะเน้นในด้านใด ด้านความรู้ความจำ ด้านวิธีการคิด ด้านเจตคติ และด้านทักษะการปฏิบัติ เป็นต้น

3. **ขั้นพัฒนาเนื้อหา**บทเรียน เป็นการนำบทเรียนที่วิเคราะห์มาจัดเป็นหน่วยซึ่งจะใช้เวลาเรียนมากน้อยตามความเหมาะสมของเนื้อหา สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิชาศิลปประดิษฐ์ เวลาเรียนทฤษฎี 1 คาบ ปฏิบัติ 3 คาบ ต่อสัปดาห์ (คาบละ 60 นาที) จากนั้นนำมาแยกเป็นหัวเรื่องย่อย ๆ ที่ครอบคลุมเนื้อหาให้มีปริมาณเท่า ๆ กัน ควรจะตัดความซ้ำซ้อนกันให้มากที่สุด และกำหนดแนวความคิดขอบเขตของเรื่องที่จะสอน ในหัวข้อหนึ่งควรมีหนึ่งความคิดรวบยอด

4. **ขั้นกำหนดวัตถุประสงค์** ควรเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ครอบคลุมการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้มากที่สุดตามชนิดเนื้อหาของบทเรียน

5. **ขั้นพัฒนาแบบทดสอบ** เมื่อจัดแบบทดสอบเรียบร้อยแล้วจึงคิดกิจกรรมในการเรียนการสอนที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถทำแบบทดสอบนี้ได้

แบบทดสอบที่ใช้กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีด้วยกัน 4 ชนิด ดังนี้

1) **ทดสอบความรู้เดิม (Entry-Behaviors Test)** เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่ใช้วัดความพร้อมของผู้เรียน หากผู้เรียนยังไม่มีความพร้อมจะต้องมีซ่อมเสริมให้ผู้เรียนก่อนจนเกิดความพร้อม

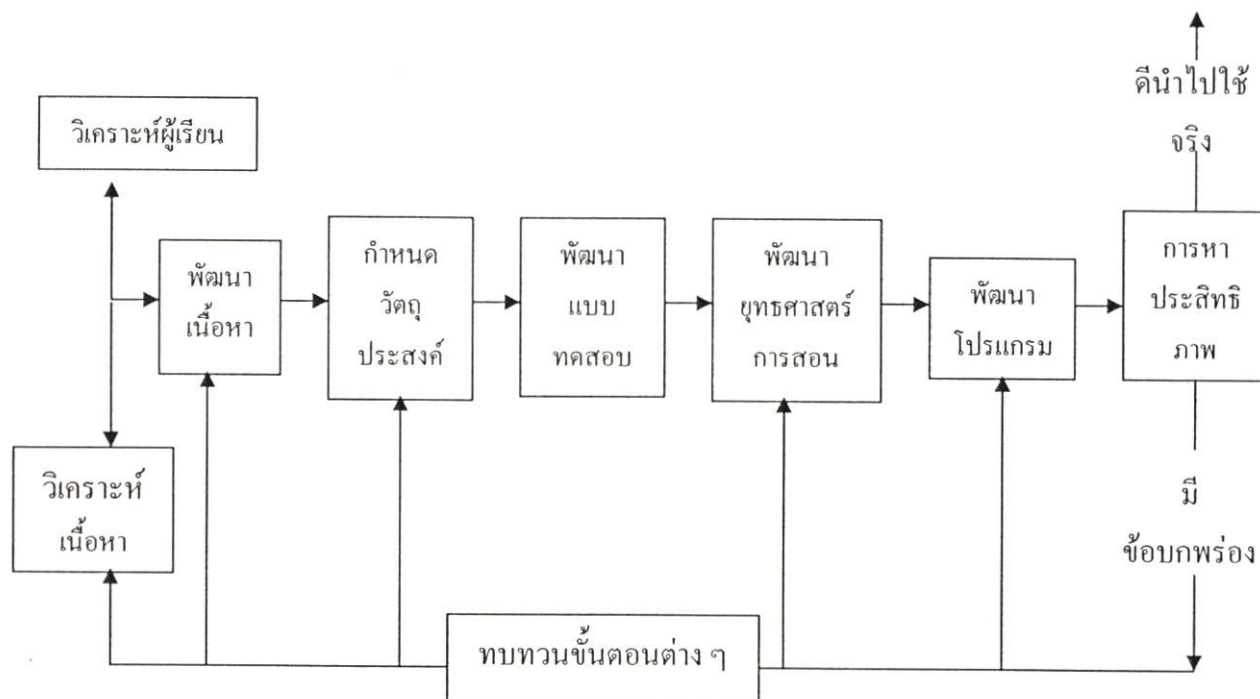
2) **แบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest)** เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์เพื่อวัดความพร้อมในการที่จะเข้าศึกษาในหน่วยอื่น ๆ

3) **แบบทดสอบด้วยตนเอง (Self-Test)** เป็นแบบทดสอบขณะที่ยังเรียนแต่ละหัวเรื่องหรือแต่ละจุดประสงค์ ก่อนที่จะก้าวไปเรียนในหัวเรื่องต่อไป

4) **แบบทดสอบหลังเรียน (Posttest)** เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่เป็นแบบคู่ขนานกับแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดดูว่าผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่

6. **ขั้นพัฒนายุทธศาสตร์การสอน** จึงควรเลือกรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เหมาะสม ซึ่งแต่ละประเภทมีวิธีการสอนของตนเอง

7. **ขั้นการหาประสิทธิภาพ**ของบทเรียน เป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างไปทดลองใช้กับผู้เรียนเพื่อตรวจสอบ ที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถเขียนเป็นแผนภาพดังนี้ (วสันต์ อดิศักดิ์. 2530 : 75-90)



ภาพที่ 2.5 แสดงลำดับขั้นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

#### 2.3.4 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบพื้นฐาน คือ การมองโครงร่างของบทเรียนที่นำเสนอต่อผู้เรียนเท่าที่นิยมสร้างกันในปัจจุบัน โดยมองรูปแบบการสร้างแบบเฉพาะบทเรียน เช่น บทเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วน บทเรียนวิชาภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ก็ตามรูปแบบของบทเรียนจะแยกเป็น 2 แบบ คือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชนิดเส้นตรง ซึ่งประกอบด้วยกรอบที่แบ่งเป็นหน่วยเล็ก ๆ จากง่ายไปหายาก ผู้เรียนจะต้องเรียนจากกรอบแรกตามลำดับไปถึงกรอบสุดท้ายข้ามกรอบใดกรอบหนึ่งไม่ได้ เนื่องจากกรอบแรก ๆ เป็นพื้นฐานของการเรียนกรอบต่อไป และอีกชนิดคือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบไม่เป็นเส้นตรง ที่ระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อจะได้เลือกบทเรียนก่อนเรียน เพื่อหาระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน ทั้งนี้เพื่อจะได้เลือกบทเรียนให้เหมาะสมตามความสามารถของการเรียนรู้ของผู้เรียน (ชิน กุ้ววรรณ.2531:120-129)

การทำงานร่วมกันระหว่างนักคอมพิวเตอร์ นักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาของสาขาวิชาที่จะทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เริ่มจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชาจะเป็นผู้ที่กำหนดขอบเขตเนื้อหาให้ จากนั้นการศึกษาจะช่วยแบ่งเนื้อหานั้นออกเป็นส่วน ๆ โดยจัดทำเป็นรูปของบทเรียนแบบโปรแกรม คือ แบ่งเป็นกรอบ ๆ กำหนดให้มีการเสนอกรอบที่ละกรอบ ตามด้วย

แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ มีการอธิบายคำตอบที่ตอบผิดและวิเคราะห์คำตอบที่ผิดเพื่อคว่าทำไมถึงตอบผิด

ข้อความข้างต้นในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้สร้างจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ประกอบการสร้างดังต่อไปนี้ (ไพโรจน์ ตรีธรรณากุล.2529:77-80)

1. เนื้อหาวิชาที่จะสร้างต้องมีความเหมาะสม ทันสมัยและเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในปัจจุบัน
2. ไม่ควรสร้างบทเรียนซ้ำกับผู้อื่น หรือที่มีขายสำเร็จรูปตามท้องตลาด
3. บทเรียนที่สร้างขึ้นคุ้มค่ากับเวลาและการลงทุน
4. ควรมีผู้เรียนหรือผู้ใช้จำนวนมากพอ
5. การสร้างบทเรียนจะต้องสามารถสร้างให้เสร็จในเวลาที่กำหนด
6. การวัดผลจะเกิดปัญหาต่อเนื้ออย่างไรหรือไม่
7. ควรเลือกใช้รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชาและกลุ่มนักเรียนเป้าหมาย
8. ผู้สร้างควรมีความรู้ความเข้าใจทักษะในการออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างแท้จริง

### 2.3.5 ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บุญชม ศรีสะอาด (2537:123-124) ได้สรุปข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้เป็นข้อ ดังนี้

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระ ก้าวหน้าไปตามอัตราการเรียนรู้ของตน ผู้เรียนที่มีอัตราเรียนรู้เร็ว ก็ไม่ต้องรอคนอื่นด้วยความเบื่อหน่าย ราคาถูก ส่วนผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้ช้าก็ไม่ประสบปัญหาตามบทเรียน ไม่ทัน ไม่วิตกต่อความรู้สึกของคนอื่น ๆ จึงมีความสบายใจในการเรียน
2. ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ตามที่ต้องการ ไม่จำเป็นต้องกำหนดเวลาตายตัว
3. ในบทเรียนที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถเลือกบทเรียนที่มีความเหมาะสมกับความต้องการหรือสอดคล้องกับระดับความสามารถของตน คอมพิวเตอร์จะจดจำคำตอบของผู้เรียน ได้คะแนนคำตอบ แล้วให้ได้เรียนบทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนคนนั้น
4. ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับ (Feedback) ทันทีเพื่อเป็นการย้ำความเข้าใจและการเรียนรู้

5. สามารถใช้เทคนิคที่ดึงดูดความสนใจได้หลาย ๆ เทคนิคอย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะใช้เทคนิคเดียวหรือหลายเทคนิคร่วมกัน เช่น การแสดงด้วยกราฟิก (Graphics) คนตรีการใช้สี การใช้ภาพเคลื่อนไหว การใช้เสียงและการพูดตอบโต้กับผู้เรียน เป็นต้น

6. สามารถกระทำกิจกรรมที่ซับซ้อน จำลองสถานการณ์ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทดลองกับข้อมูลหลายชนิด หลายแบบ แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ คำนวณได้อย่างแม่นยำ จึงช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและลุ่มลึก

7. เหมาะสำหรับการสอนทักษะ ที่เป็นงานเสี่ยงอันตรายในระยะสั้น ๆ ของการฝึกทักษะนั้น เช่น การควบคุมจราจร การขับเครื่องบิน เป็นต้น

8. เหมาะสมที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตจริง เช่น สภาวะไร้น้ำหนัก ความเฉื่อย เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้การจำลองสถานการณ์

9. คอมพิวเตอร์เสนอบทเรียนโดยปราศจากอารมณ์ ไม่มีความเหน็ดเหนื่อยและไม่แสดงอาการเบื่อหน่าย

เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม จึงควรเกิดจากความร่วมมือกันระหว่างบุคลากร 3 ฝ่าย คือ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา นักออกแบบการสอนและนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาและความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียน นักออกแบบการสอนจะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการวางแผนการสอนอย่างมีระบบ และการใช้หลักของการเรียนรู้ในระหว่างที่มีกระบวนการสอน ส่วนนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะอธิบายถึงสมรรถภาพของคอมพิวเตอร์ว่าจะทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนโปรแกรมที่ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และนักออกแบบการสอนได้วางแผนเอาไว้ กรณีที่จะทำการสร้างบทเรียน โดยบุคคลคนเดียวไม่ได้ทำเป็นกลุ่มคณะผู้สร้างบทเรียนจะต้องดำเนินการบทบาททั้งสามด้านดังกล่าว จึงจะช่วยให้สามารถสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการสอนได้

### 2.3.6 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ (2536:138-139) ได้รวบรวมข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. การออกแบบโปรแกรมเป็นงานที่ใช้เวลา ความสามารถ และครุผู้รู้เนื้อหาวิชา แต่ไม่สามารถสร้างโปรแกรม CAI ได้ด้วยตนเอง การพึ่งพาโปรแกรมเมอร์ยังคงต้องพบอุปสรรคอยู่

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ไม่สามารถสอนเนื้อหาบางเนื้อหาในระดับชั้นสูง ๆ ของ Cognitive Domain ได้ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึง Affective Domain และ Psychomotor Domain ซึ่งมีข้อจำกัดมากขึ้น

3. เมื่อเวลาผ่านไปผู้เรียนจะเริ่มเคยชินกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งเกิดขึ้นแล้วกับบางสังคม ทำให้ความกระตือรือร้น และแรงจูงใจที่จะเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ลดลงบางครั้งให้ผลตรงข้าม ผู้เรียนไม่ชอบที่จะเรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์อีกต่อไป

4. บทเรียนคอมพิวเตอร์ไม่ส่งเสริมพัฒนาการทางสังคม เพราะผู้เรียนใช้เวลาและทักษะของการโต้ตอบกับเครื่องมากกว่าผู้สอน หรือเพื่อนร่วมชั้นเรียนเดียวกัน

5. ผู้เรียนบางประเภทโดยเฉพาะในกลุ่มใหญ่ไม่ชอบที่เรียนตามลำดับขั้น หรือเป็นไปตามขั้นตอนของโปรแกรม ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักจะมีหลักการในการออกแบบให้เรียนเป็นขั้นเป็นตอน ซึ่งเป็นการบังคับแบบแผนการเรียนกับผู้เรียน

6. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถึงแม้ราคาของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์จะลดลง แต่สิ่งแวดล้อม

7. ในประเทศไทย ความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ของบุคลากรทางการศึกษา ตลอดจน Programmer จะสร้างงาน CAI ยังขาดแคลน การพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ มุ่งไปที่ธุรกิจมากกว่าการศึกษา จะสังเกตได้จากตลาดที่ว่างขาย ซอฟต์แวร์ จะมี CAI น้อยเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์ทางด้านธุรกิจ

8. ผู้เรียนและผู้สอนบางกลุ่มคาดหวังว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะให้ประสิทธิภาพการเรียนการสอนสูง โดยคาดหวังมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ลงทุนไป แต่ผลกลับกันที่ได้รับอาจน้อยกว่าที่คาดหวังและธรรมชาติของการนำ CAI มาใช้ประกอบด้วยปัจจัยอื่น ๆ ในการลงทุนร่วมด้วยอีกมาก ถ้าถกค่านวมการลงทุนเริ่มต้นก็จะให้สัดส่วนของการลงทุนกับผลที่ได้รับไม่เป็นที่พอใจของผู้ที่ต้องการเงินลงทุนกับการใช้ CAI

9. โปรแกรมที่ออกแบบใช้เพื่อ CAI ส่วนมากไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ น้อยมากที่ Programmer จะสามารถทำให้บทเรียน CAI ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ส่วนมากจะถูกจำกัดความคิดให้อยู่ในกรอบที่ผู้สร้าง Program ได้ทำไว้

10. ปัญหาทางด้านเทคนิคของเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ประกอบการเรียน CAI คุณภาพของสินค้าที่ผลิตออกมาจากแหล่งต่างๆ มีคุณภาพที่ไม่เท่าเทียมกัน และความรู้ของผู้ใช้ยังไม่ทันกับความเปลี่ยนแปลง กลไกการตลาดทำให้ผู้ใช้ได้สินค้าด้วยคุณภาพทั้ง ๆ ที่จ่ายไปในราคาคุณภาพ นอกนี้ Program ที่ออกวางขายและอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีอยู่หลายมาตรฐานหลายรูปแบบ ซึ่งบางครั้งไม่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ ทำให้ขาดทิศทางที่ชัดเจนในการพัฒนา Program ที่จะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ของค่ายผู้ผลิตที่มีอยู่หลากหลาย

### 2.3.7 คุณค่าและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

วัลลภ พัฒนพงษ์ (2538:35) กล่าวว่า การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการศึกษา โดยเฉพาะนำมาใช้ในการเรียนการสอน ในลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ปรากฏว่ามีการยอมรับกันในกลุ่มนักวิชาการและนักศึกษาและได้มีการทำการค้นคว้าวิจัยเพื่อค้นหาคุณค่าของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อผู้เรียนหลายประการ

ปรีชา จุลชัยวรกุล (2538:14) ได้รวบรวมคุณค่าของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อการเรียนการสอนดังนี้

1. เป็นการลดปัญหาในชั้นเรียน ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนและระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนเอง เนื่องจากผู้เรียนมีพื้นฐานการเรียนที่ต่างกัน และระดับพื้นฐานการศึกษาที่ต่างกัน ผู้สอนจะได้มีเวลาว่างพอที่จะแนะนำ และทวนทวนวิชาการเรียนได้มากยิ่งขึ้น
2. เป็นวิธีการสอนที่ดีกว่าหลาย ๆ วิธีในการเรียนการสอนปกติ และจัดได้ว่าเป็นสื่อการสอนที่ดีเพราะสามารถสาธิตหรือแสดงในสิ่งที่ยู่ยากสลับซับซ้อนได้ดีกว่าสื่อชนิดอื่น ๆ
3. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนทำให้การสอนมีคุณภาพและมาตรฐานเดียวกันตลอดเวลาถึงแม้จะต่างเวลาและต่างสถานที่กันก็ตาม เป็นการเรียนการสอนแบบเอกัตบุคคลที่ประสิทธิภาพดีที่สุดในสภาพปัจจุบัน เมื่อคำนึงถึงมาตรฐานเป็นเกณฑ์
4. สามารถให้แรงเสริม (Reinforcement) ได้อย่างรวดเร็วตรงไปตรงมา ด้วยความเที่ยงตรงตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้เรียนจะเป็นผู้รับรู้และได้ตอบกับคอมพิวเตอร์ในบทเรียนนั้น ๆ ด้วยความสนุกสนาน ตื่นเต้นตลอดเวลา ทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่าย ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
5. ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเรียนการสอน ลดความจำเป็นในการใช้ผู้สอนที่ทรงคุณวุฒิและเชี่ยวชาญเฉพาะอย่างยิ่งลดความจำเป็นในการเสี่ยงอันตรายในการทดลองที่เกิดขึ้นง่าย
6. เป็นการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการเรียนการสอนการวางแผนหลักสูตร การประเมินผลการเรียนการสอน
7. ให้ความสะดวกต่อผู้เรียนให้มีสิทธิเลือกเวลาเรียนได้ตามความพร้อมและความต้องการของผู้เรียน
8. ผู้เรียนสามารถรับรู้ผลการเรียนของตนเองได้ด้วยตนเองตลอดเวลาที่เรียนกับคอมพิวเตอร์
9. เป็นการเปิดโอกาสให้กับผู้เรียนได้มีโอกาสเลือกเนื้อหาที่ตนเองต้องการเรียนรู้ และเลือกรูปแบบโปรแกรมที่ตนเองถนัดและต้องการ
10. เป็นการนำเสนอบทเรียนที่มีประสิทธิภาพให้มีการเรียนรู้จากง่ายไปหายาก และผู้เรียนจะได้เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างจริงจัง เพราะไม่สามารถเปิดไปดูคำตอบล่วงหน้าก่อนได้

11. เป็นการเสนอบทเรียนลักษณะการสอนซ่อมเสริมได้ตลอดเวลาเพราะเมื่อผู้เรียนไม่สามารถทำแบบฝึกหัดหรือข้อทดสอบได้ผ่านเกณฑ์ที่โปรแกรมกำหนดไว้ คอมพิวเตอร์ก็จะนำเสนอบทเรียนซ้ำอีก หรือเสนอบทเรียนในลักษณะอื่นที่กำหนดไว้ในโปรแกรมจนกว่าผู้เรียนจะเรียนรู้จนผ่านจุดประสงค์ในแต่ละจุดประสงค์นั้น ๆ

### 2.3.7 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนที่จะนำไปใช้ในการสอน ควรนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้ (Try Out) ตามขั้นตอนที่กำหนด จากนั้นปรับปรุงแก้ไขเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณภาพเพียงใด มีสิ่งใดที่ยังบกพร่องอยู่ โดยการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจากประชากรที่จะใช้จริง (อิทธิพร ศรียมก. 2532:245-253)

#### 1. การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียน เรียนรู้ในระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนถึงพอฟว่า หากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ ถึงกระนั้นแล้วแสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน

การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น กระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และ พฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และ  $E_2$  (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเป็นที่พอใจ โดยกำหนดเป็นค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ได้ จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน ของผู้เรียนทั้งหมดนั้น คือ  $E_1 : E_2$  หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

การที่จะกำหนดเกณฑ์  $E_1 : E_2$  ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ ความจำ มักตั้งไว้ที่ 80 : 80 , 80 : 85 หรือ 90 : 90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ 70 : 70, 75 : 75 ( อิทธิพร ศรียมก.2532 :245 - 253 )

การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมนิยมกำหนดเป็น 80:80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ความจำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5$

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนทั้งหมดตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัด

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนตอบถูกต้องของแต่ละข้อจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

## 2. วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตร  $E_1 : E_2$  ซึ่ง  $E_1$  เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และ  $E_2$  เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (อิทธิพร ศรียมก.2532 :245-253)

$$E_1 = \frac{\sum x}{\frac{N}{A}} \times 100 \quad \left( \text{หรือ } \frac{\bar{x}}{A} \times 100 \right)$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{\frac{N}{B}} \times 100 \quad \left( \text{หรือ } \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \right)$$

เมื่อ

$E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน คิดเป็นร้อยละจากการตอบคำถามแบบฝึกหัด ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ถูกต้อง

$E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้ถูกต้อง

$\sum X$  แทน คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัด

$\sum F$  แทน คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$A$  แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

## 3. ขั้นตอนหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เมื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว จะต้องนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (สุพิทย์ กาญจนานันธุ์ .2540:24)

ก. ทดสอบภาคสนามเบื้องต้นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ไปทดลองกับนักเรียนจำนวน 3 คน โดยคัดเลือกจากผู้เรียนที่กล้าวิจารณ์และแสดงความคิดเห็น

ซึ่งจะมีระดับผลการเรียนสูง ปากกลาง และต่ำ ระดับละ 1 คน เพื่อสำรวจว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมและมีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อที่จะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ข. ทดสอบกลุ่มย่อย นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จากการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ต่อไปทดลองใช้กับนักเรียน โดยเลือกระดับผลการเรียนสูง ปากกลาง และต่ำ ระดับละ 3 คน รวมเป็น 9 คน หลังจากนั้นนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

ค. ทดสอบเชิงปฏิบัติการ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ทดสอบกับกลุ่มเล็ก เมื่อปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่สุ่ม จำนวน 20 คน นำผลที่ได้ไปหาประสิทธิภาพ เพื่อตรวจสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมเพียงใด

#### 4. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายชนิด ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมินผลว่า ผู้ประเมินต้องการข้อมูลเชิงปริมาณ หรือข้อมูลเชิงคุณภาพหรือทั้งสองอย่าง ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ได้มาจาก (วชิระ อินทร์อุดม.2540:78)

ก) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข) แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบที่อยู่ระหว่างบทเรียน

ค) แบบสอบถาม

ง) แบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์

จ) แบบรายงานผลการเรียนรายบุคคลที่บันทึกไว้ใน โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างน้อยที่สุด ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และนักเทคโนโลยีการศึกษา ควรได้ให้ความเห็นชอบว่ามีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ และมีกระบวนการในการหาประสิทธิภาพอย่างรัดกุมชัดเจน

#### 5. วิธีการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ (วชิระ อินทร์อุดม. 2540:78)

ก. การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาหาข้อบกพร่องของบทเรียนและการทำงานของโปรแกรม ตลอดจนคุณภาพทางด้านเทคนิค

ข. การประเมินโดยผู้เรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของบทเรียนมีวิธีประเมิน 3 ขั้นตอน คือทดสอบภาคสนามเบื้องต้นแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ทดสอบกลุ่มย่อย และทดสอบเชิงปฏิบัติการ

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทวีศักดิ์ รสโหมค (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ว 203 เรื่องหญิงและชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องหญิงและชาย มีประสิทธิภาพ 85:84 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80:80) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่เรียน โดยผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองที่เรียนจากบทเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนโดยวิธีสอนตามปกติ

นิภาพรรณ คงแก้ว (2540:บทคัดย่อ) ได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพนำไปทดลองกับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 แผนกพาณิชยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาร้อยเอ็ดแล้วหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.83:82.40 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

นุชรี ปุระเศรษฐี (2535:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองและนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศิริราชพยาบาลมหาวิทยาลัยมหิดล พบว่านักศึกษาแพทย์มีการตอบสนองในทางบวกต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีแนวโน้มว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง

ปิยภรณ์ ขาวสบาย (2547:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เพศศึกษา สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80:80 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนราชินีบน โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก จำนวน 30 คนผลการวิจัยสรุปว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เพศศึกษา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.17:81.67 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80:80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ศิริวรรณ หยูทองคำ (2546:บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างของเซลล์ วิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว 441 ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อน

เรียนและหลังเรียน โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้างของเซลล์ วิชาชีววิทยา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.25/87.75 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อมรพรรณ เฟื่องทอง (2545:บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง โครงสร้างทางร่างกาย วิชากายวิภาค 1. สำหรับนักศึกษาหลักสูตรศิลปกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. สารนิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีการศึกษา) กรุงเทพฯ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 บทคือ บทที่ 1 กระดูกแกนกลาง บทที่ 2 กระดูกกระยาขยับ และบทที่ 3 กระดูกกระยาขยับ บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียมีคุณภาพทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อในระดับดีมาก และมีประสิทธิภาพเป็น 90.23/87.79

จากการวิจัยต่าง ๆ พบว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นจะช่วยทำให้ผู้เรียนให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดี หรืออาจจะไม่แตกต่างกับการเรียนการสอนแบบตามปกติ ซึ่งการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนที่ดีอีกชนิดหนึ่ง เนื่องจากคอมพิวเตอร์นี้สามารถตอบสนองความต้องการของบุคคลตามหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ เช่นการเสริมแรง และเป็นการตอบสนองความต้องการ ความสามารถในการเรียนรู้เป็นรายบุคคลทั้งยังมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ จึงทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ผู้วิจัยจึงใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อในการเรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความสนใจเรียนรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้เป็นอย่างดี

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา ( Research and Development ) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม โดยมีลำดับขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

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

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 3.1.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างอุตสาหกรรม โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 280 คน

##### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างอุตสาหกรรม แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 – 1420 ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายด้วยการจับฉลาก ( Simple Random Sampling ) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 30 คน

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

- 3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3.2.3 แบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สร้างตามหลักทฤษฎีของ Gagne' แบบการสอนเนื้อหา ( Tutorial ) เพื่อใช้สอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม เรื่องพันธุกรรม สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ( ปวช. ) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างอุตสาหกรรม โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000-1420 เรื่องพันธุกรรม จากหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ( ปวช. ) ชั้นปีที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามหลักสูตรประกาศนียบัตร ( ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2542 ) สอนจากเอกสารและงานวิจัย เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. ศึกษาคู่มือและการฝึกทดลองใช้งาน โปรแกรมสำเร็จรูป Macromedia Flash Player 8 เพื่อนำมาใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3. วิเคราะห์เนื้อหาเพื่อกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินเรื่องของเนื้อหาจะนำเสนอ โดยแบ่งรายละเอียดของเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและปรับปรุง ให้ถูกต้องเหมาะสม

5. นำแบบร่างบทเรียนที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว มาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Macromedia Flash Player 8

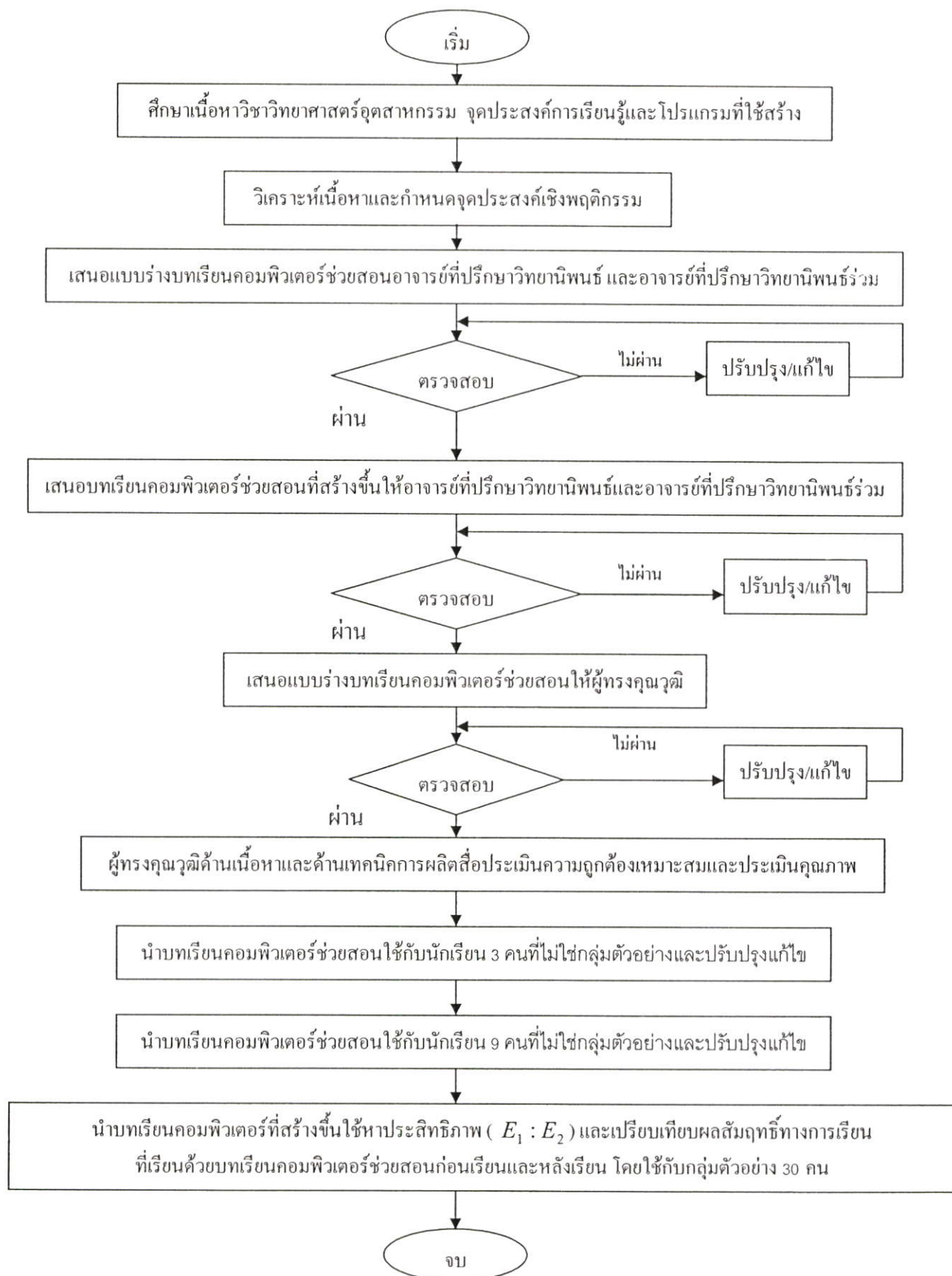
6. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมให้ข้อเสนอแนะพร้อมทั้งตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมนำบทเรียนที่แก้ไขปรับปรุงเรียบร้อยแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน เพื่อจะประเมินคุณภาพแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

7. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน ปวช.2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ( อ่อน ปานกลาง เก่ง อย่างละ 1 คน ) โดยอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้คัดเลือกการทดลองในครั้งนี้จุดมุ่งหมายเพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อปรับปรุงแก้ไข บันทึกข้อบกพร่องของบทเรียน พร้อมให้นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและนำไปปรับปรุงแก้ไข

8. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียน ปวช. 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 คน ( อ่อน ปานกลาง เก่ง อย่างละ 3 คน ) โดยอาจารย์ผู้สอน เป็นผู้คัดเลือกการทดลองในครั้งนี้จุดมุ่งหมายเพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อปรับปรุงแก้ไข บันทึกข้อบกพร่องของบทเรียน พร้อมให้นักเรียนเขียนแสดงความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและนำไปปรับปรุงแก้ไข

9. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการทดลองและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง

10. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการตรวจสอบไปทดลองจริงครั้งที่ 3 เป็นการทดลองภาคสนาม โดยทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ภาพที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้จัดสร้างขึ้นให้ครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง พันธุกรรม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.2.2.1 ศึกษาเนื้อหาและเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากตำราเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและการสร้างแบบทดสอบ

3.2.2.2 ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม เรื่อง พันธุกรรม

ตารางที่ 3.1 แสดงการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อสร้างแบบทดสอบ

หัวข้อเนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวนข้อสอบที่ คิดค่า IOC	จำนวนที่ใช้จริง
1. ความหมายของพันธุกรรม และกฎของเมนเดล	1.1 บอกความหมายและความสำคัญของ พันธุกรรมได้ถูกต้อง 1.2 อธิบายกฎของเมนเดลได้	8	6
2. การค้นพบสารทางพันธุกรรม	2.1 สามารถอธิบายความแปรผันทางพันธุกรรมได้ ถูกต้อง	6	2
3. การจำลองตัวของดีเอ็นเอ	3.1 สามารถบอกโรคที่เกิดจากความผิดปกติของ พันธุกรรม	11	6
4. ลักษณะทางพันธุกรรมและ โรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม	4.1 บอกสาเหตุโรคที่เกิดจากการถ่ายทอด พันธุกรรมได้	9	4
5. โครโมโซมและความผิดปกติของ โครโมโซม	5.1 อธิบายความหมายและความผิดปกติของ โครโมโซมได้	20	9
6. ถอดรหัส DNA	6.1 บอกความผิดปกติของหมู่เลือดได้ 6.2 อธิบายหมู่เลือดของคนได้ 6.3 อธิบายการจำลองตัวของดีเอ็นเอได้ และอธิบายการตรวจลายพิมพ์DNAได้ 6.4 อธิบายการเกิดมิวเตชันได้	6	3
	รวม	60	30

จากตารางที่ 3.1 เป็นการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อนำไปใช้ในการสร้างข้อสอบ  
ในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม  
สามารถสรุปเป็นจำนวนข้อสอบตามลักษณะการวัดผลได้ดังนี้

1. วัดความรู้ความจำ	จำนวน	35	ข้อ
2. วัดความเข้าใจ	จำนวน	23	ข้อ
3. วัดการนำไปใช้	จำนวน	2	ข้อ

จากแบบทดสอบทั้งหมด 60 ข้อ แบ่งตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมได้ดังนี้

1. ความหมายของพันธุกรรมและกฎของเมนเดล	จำนวน	8	ข้อ
2. การค้นพบสารพันธุกรรม	จำนวน	6	ข้อ
3. การจำลองตัวของดีเอ็นเอ	จำนวน	11	ข้อ
4. ลักษณะทางพันธุกรรมและโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม	จำนวน	9	ข้อ
5. โครโมโซมและความผิดปกติของโครโมโซม	จำนวน	20	ข้อ
6. ถอดรหัส DNA	จำนวน	6	ข้อ
รวมทั้งหมด	จำนวน	60	ข้อ

3.2.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรม จำนวน  
ปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม  
โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือก  
ได้ 0 คะแนน โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์โดย  
กำหนดให้

เท่ากับ +1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

เท่ากับ 0 ไม่แน่ใจ

เท่ากับ -1 ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

3.2.2.4 หากความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ของแบบทดสอบวัดผล  
สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจสอบ พิจารณาความสอดคล้องของคำถามกับ  
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (ชาติรี เกิดธรรม.2544:101)

สูตรหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา ดังนี้

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

เมื่อ IOC = ใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อสอบแต่ละข้อกับ  
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$$\sum R = \text{ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นในแต่ละข้อของผู้ทรงคุณวุฒิ}$$

$$N = \text{จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ}$$

ผลการพิจารณาของข้อสอบทั้งหมด นำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ คัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผลการคัดเลือกได้ข้อสอบจำนวน 51 ข้อ โดยมีค่าความสอดคล้องระหว่าง 0.67 – 1.00 นำไปใช้ได้จำนวน 50 ข้อ

3.2.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ นำไปทดลองกับนักเรียนที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องพันธุกรรม มาแล้วจำนวน 20 คน เสร็จแล้วตรวจให้คะแนนโดยข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือกได้ 0 คะแนน

3.2.2.6 นำคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( P ) และค่าอำนาจจำแนก ( r ) โดยกำหนดเกณฑ์ค่าความยากง่ายเท่ากับ 0.20 – 0.80 และกำหนดเกณฑ์ค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2540:129 -130 )

หาค่าความยากง่าย ( Difficulty ) โดยใช้สูตร ( ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2538:210 -211)

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

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

หาค่าอำนาจจำแนก ( Discrimination ) โดยคำนวณจากสูตร

$$r = \frac{R_u - R_l}{N/2}$$

เมื่อ D = ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

$R_u$  = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

$R_l$  = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ผลการพิจารณาของค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) ของข้อสอบแต่ละข้อ  
ค่าที่คำนวณได้อยู่ระหว่าง 0.43 – 0.63 และผลการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบแต่ละข้อ ค่าที่  
คำนวณได้อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.67

3.2.2.7 นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ  
เรียน ไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson Formular  
20 ( รวีวรรณ ชินะตระกูล.2542 : 145 )

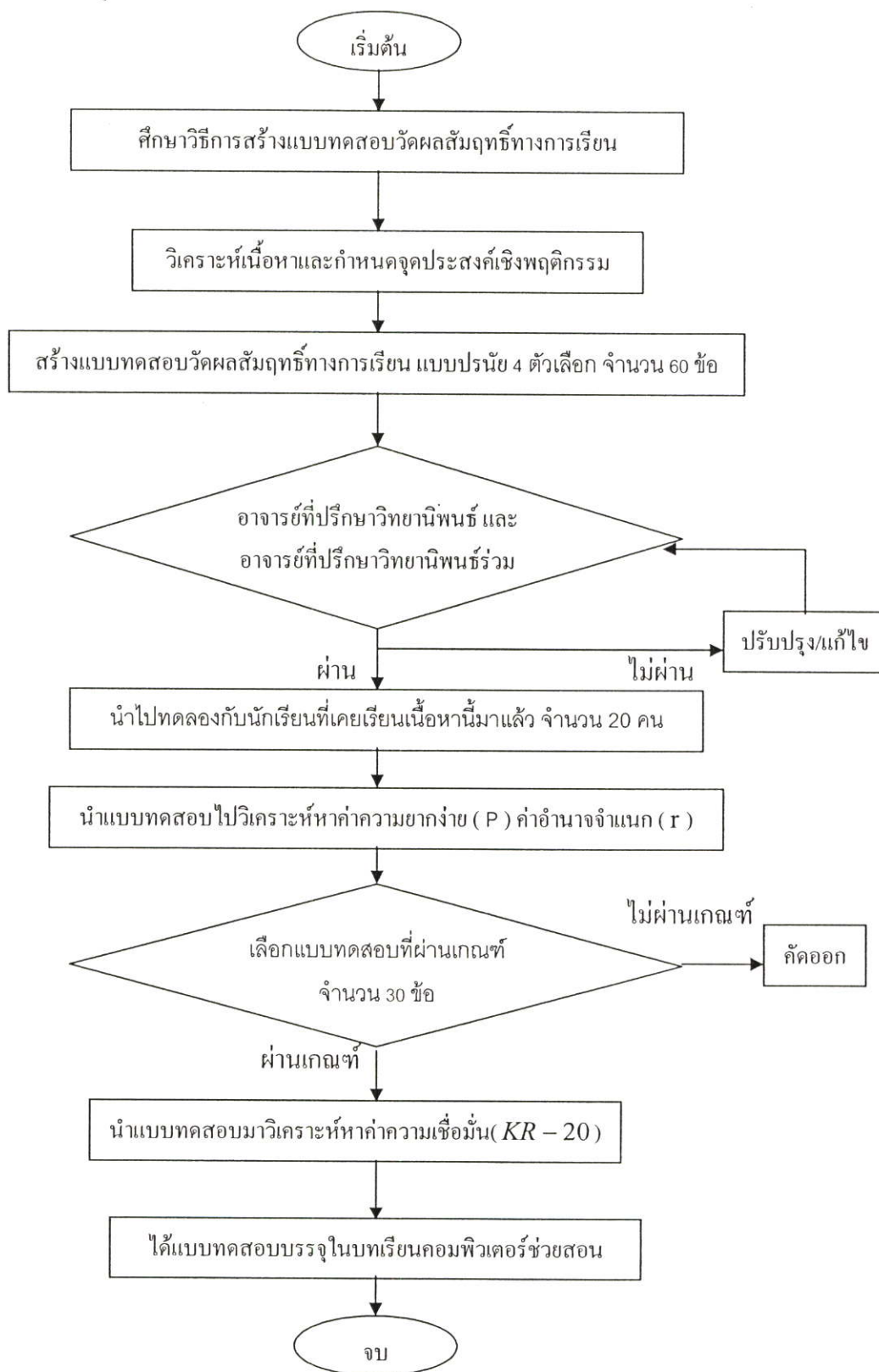
สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson

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

- เมื่อ
- $r_{tt}$  = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
  - $n$  = จำนวนข้อทั้งหมดของแบบทดสอบ
  - $P$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
  - $q$  = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ =  $t - P$
  - $S_t^2$  = ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ( $r_{tt}$ ) ค่าที่คำนวณได้เท่ากับ 0.75

3.2.2.8 นำแบบทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกไปบรรจุในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป



ภาพที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 3.2.3 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแบ่งเป็นแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

การสร้างแบบประเมินทั้ง 2 ประเภทนั้น มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.2.3.1 กำหนดจุดประสงค์และหัวข้อของแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.2.3.2 สร้างแบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) โดยกำหนดระดับคะแนน 5 ระดับ โดยมีสูตรและเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้  
ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

- 5 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี
- 3 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับพอใช้
- 1 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ตามรายการที่กำหนด โดยการคำนวณหาค่าเฉลี่ย สามารถนำมาแปลผลได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

ดังนั้นค่าเฉลี่ยของแบบประเมินที่ยอมรับ คือ ระหว่าง 3.50 – 5.00

3.2.3.3 สร้างข้อความให้ครอบคลุมคุณลักษณะที่สำคัญ

3.2.3.4 นำแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความครบถ้วนของคุณลักษณะของสิ่งที่ศึกษา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และนำมาแก้ไขข้อบกพร่อง

3.2.3.5 ได้แบบประเมินด้านเนื้อหาและแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง พันธูกรรม

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการประเมินสื่อการสอน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม  
(ด้านเนื้อหา) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ						ความหมาย
	คนที่			รวม	เฉลี่ย	S.D.	
	1	2	3				
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
2. การแบ่งเนื้อหา มีความเหมาะสม กับเวลา	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับการ นำเสนอเนื้อหา	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
5. เนื้อหา มีระดับความยากง่ายและ เหมาะสมกับผู้เรียน	4	5	4	13	4.33	0.58	ดี
6. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
7. ความถูกต้องของภาพที่ใช้	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
8. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของ ภาพกับปริมาณของเนื้อหา	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
9. ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการ สื่อความหมาย	5	5	4	14	4.67	0.58	ดีมาก
10. แบบฝึกหัด ทบทวน มีความเหมาะสม	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
11. แบบทดสอบ มีความสอดคล้องกับ เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
12. บทเรียน มีลักษณะจูงใจ น่าสนใจ ในการเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	4.42	4.58	4.83	13.83	4.61	0.53	ดีมาก

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการประเมินสื่อการสอน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม  
( ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ						ความหมาย
	คนที่			รวม	เฉลี่ย	S.D.	
	1	2	3				
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของภาพหน้าจอนำเข้าสู่บทเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	3	5	4	12	4.00	1.00	ดี
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
5. ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	3	5	5	13	4.33	1.15	ดี
6. ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละเรื่อง	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
7. ความเหมาะสมของสีและความชัดเจนของภาพกราฟิก	4	3	5	12	4.00	1.00	ดี
8. ความเหมาะสมของสีและความชัดเจนของภาพเคลื่อนไหว	4	3	5	12	4.00	1.00	ดี
9. ความเหมาะสมของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
10. ความเหมาะสมของเสียงบรรยาย	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
11. ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
12. การควบคุมบทเรียนทำได้ง่ายและสะดวก	3	5	5	13	4.33	1.15	ดี
13. ความเหมาะสมของการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเสริมแรง	4	4	4	12	4.00	0.00	ดี
14. บทเรียนมีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58	ดี
15. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้บทเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	3.80	4.33	4.80	12.93	4.31	0.66	ดี

### 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ทำหนังสือเพื่อขอความอนุเคราะห์ จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำวิจัยในการเก็บข้อมูลงานวิจัย ถึงผู้อำนวยการ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี เขตบางพลัด กรุงเทพฯ

2. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพ (  $E_1 : E_2$  ) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ผู้วิจัยอธิบายวิธีศึกษาด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ผู้เรียนเข้าใจแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน

2.2 ผู้เรียนเข้าสู่บทเรียน เมื่อเสร็จจากการเรียนแต่ละบทแล้วผู้เรียนต้องทำแบบทดสอบย่อย

2.3 เก็บคะแนน  $E_1 : E_2$  โดยวิธีการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน  $E_1$  ( คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ ) และทำแบบทดสอบหลังเรียน  $E_2$  ( คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ )

3. ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( Post - Test ) โดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน ( Pre - Test )

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1. การหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2540:183 )

สูตร การหาค่าเฉลี่ย (  $\bar{X}$  )

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

เมื่อ  $\bar{X}$  = ค่าเฉลี่ย  
 $\sum X$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม  
 $N$  = จำนวนนิสิตทั้งหมดของกลุ่มทดลอง

สูตร การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179 )

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \left[ \frac{\sum x}{N} \right]^2}{n-1}}$$

เมื่อ

S.D = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum fx$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum fx^2$  = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N = จำนวนคะแนนทั้งหมด

3. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( $E_1 : E_2$ ) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้ t-test แบบ Dependent

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \left( \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \right)$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100 \quad \left( \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \right)$$

เมื่อ

$E_1$  = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนในแต่ละบทเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ

$E_2$  = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนทั้งหมด โดยคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$  = คะแนนรวมที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

$\sum F$  = คะแนนรวมที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนนักศึกษา

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

4. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยการนำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ ( พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2541 : 138 )

สูตร t – Dependent sample

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

เมื่อ	D	แทน	ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$(\sum D)^2$	แทน	ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละคู่ยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนคู่

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กรมอาชีวศึกษา ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80 : 80 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน ตามหัวข้อ ดังนี้

4.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเรียนและหลังเรียน

#### 4.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ผลการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน โดยเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ได้ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนที่สร้างขึ้น ( $E_1 : E_2$ ) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการเรียน	คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	ร้อยละของ $\bar{X}$
1. คะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ( $E_1$ )	20	30	16.13	80.67
2. คะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน ( $E_2$ )	30	30	24.70	82.33

จากตารางที่ 4.1 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ที่ใช้ในการทดลองมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.67 : 82.33 โดยได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80 : 80 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 1

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการนำข้อมูลคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียนเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม ของกลุ่ม  
ตัวอย่าง จำนวน 30 คน ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลสัมฤทธิ์	n	$\bar{X}$	S.D.	ความแตกต่างเฉลี่ย ( $\bar{D}$ )	การทดสอบค่า (t)
ก่อนเรียน	30	19.90	1.87	4.80	14.71*
หลังเรียน	30	24.70	0.98		

\*  $P \leq .05$  (\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 )

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ  
19.90 และค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 24.70 ผลการเปรียบเทียบ  
คะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีนัยสำคัญที่ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อที่ 2

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เป็นการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2538 ได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

- 5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย
- 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย
- 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

### 5.2 อภิปรายผล

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย
- 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม
- 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ก่อนเรียนกับหลังเรียน

### 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

- 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80:80

2) นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องพันธุกรรม หลังเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1) ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2549 จำนวน 280 คน

#### 2) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขางานช่างอุตสาหกรรม แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2549 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย ( Simple Random Sampling ) ด้วยวิธีการจับสลากและจัดให้ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัส 2000-1420 ประกอบด้วย บทนำ การนำเข้าสู่บทเรียน เนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้ แบบฝึกหัดทบทวน บททดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 – 1420 มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีความยากง่าย ( p ) อยู่ระหว่าง 0.43-0.63 ค่าอำนาจจำแนก ( r ) อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.75

3) แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

3.1) ประเมินความคิดเห็นด้านเนื้อหา ค่าเฉลี่ยในการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 อยู่ในระดับดีมาก

3.2) ประเมินความคิดเห็นด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยในการประเมินคุณภาพบทเรียนคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 อยู่ในระดับ ดี

### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 วิทยาลัยการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 – 1420 โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานการศึกษาเอกชน จำนวน 30 คน โดยได้ดำเนินการทดลองดังนี้

- 1) แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิทยาลัยการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 – 1420
- 2) ให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิทยาลัยการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000-1420 ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นด้วยตนเอง โดยให้ 1 คนต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง เมื่อผู้เรียนเรียนจบแต่ละหน่วยให้ทำแบบฝึกหัดประจำหน่วย จำนวน 6 หน่วยการเรียนรู้ รวม 20 ข้อ เมื่อเรียนจบครบทุกหน่วยการเรียนรู้ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ แล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ
- 3) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรม วิทยาลัยการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000 – 1420 ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เป็นการทดสอบก่อนเรียน ผู้วิจัยดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้ 1 คนต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง แล้วนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง เป็นการทดสอบหลังเรียนหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเรียนและหลังเรียน มาวิเคราะห์ตามวิธีการทางสถิติ

### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิทยาลัยการศึกษาศาสตร์อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000-1420 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 1) วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยวิเคราะห์จากคะแนนการทำแบบฝึกหัดประจำหน่วยและแบบทดสอบหลังเรียน โดยใช้สูตร  $E_1 : E_2$
- 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Dependent Samples t-test

### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

1) ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.67:82.33 สูงกว่าเกณฑ์ 80:80 และเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยอภิปรายผล ได้ดังนี้

### 5.2.1 ประสิทธิภาพของบทเรียน

พบว่าได้ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่าค่าประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์มีค่าเท่ากับ 80.67:82.33 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งนี้อาจเป็นเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักสังเกต รอบคอบและมีความรับผิดชอบต่อการเรียนมากขึ้น โดยกระบวนการเรียนมีการตรวจปรับความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนตลอดเวลาที่ศึกษา และขั้นตอนการออกแบบมีความเหมาะสมทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อ ในขณะที่เรียนรู้เนื้อหาจากบทเรียน และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีการเตรียมและออกแบบ วิเคราะห์เนื้อหาที่เหมาะสม อีกทั้งยังได้ผ่านการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนด้านเนื้อหา และด้านการผลิตสื่อ จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอน ทำให้ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และการประเมินทางด้านการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี แล้วได้ผ่านการทดลองใช้มาแล้วถึง 2 ครั้ง ก่อนที่จะนำไปทดลองใช้จริง พร้อมทั้งผ่านการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ทำให้เกิดความคิดรวบยอดดีขึ้น นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถเรียนได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก และสามารถย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาเดิมได้เท่าที่ผู้เรียนต้องการ โดยไม่มีแรงกดดันจากกลุ่มเพื่อน ไม่มีอารมณ์จากผู้สอนเข้ามาเกี่ยวข้อง และการรู้ผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจในตัวเนื้อหามากขึ้น เพราะต้องการรู้ว่าตนเองสามารถทำคะแนนได้มากน้อยเท่าไร ประกอบกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถที่จะคำนวณผลให้ทราบได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการ

เสริมแรงของ B.F.Skinner ( กรมวิชาการ. 2544 : 35) ที่ว่าผู้เรียนจะเกิดกำลังใจต้องการเรียนต่อไป เมื่อได้รับการเสริมแรงในขั้นที่เหมาะสม การที่ผู้เรียนได้รู้ผลคำตอบของตนเองจะเป็นแรงหนุนให้ผู้เรียนสนใจที่จะตอบปัญหาใหม่ต่อไปเรื่อย ๆ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และตรงตามสมมติฐานของการวิจัย ซึ่งสอดคล้องผลการวิจัยของ ศิริวรรณ หยูทองคำ ( 2546: บทคัดย่อ ) ที่ได้สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างของเซลล์ วิชาชีววิทยา พบว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.25:87.75

## 5.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม พบว่า ผลสัมฤทธิ์หลักการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องจากเนื้อหา มีความเหมาะสมต่อการนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีภาพ มีเสียงประกอบ มีเสียงบรรยาย มีคำอธิบายชัดเจน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสนใจในบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณชอุทานนท์ ( 2543:บทคัดย่อ ) ทำการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบนิเวศ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สราวุธ สวัสดิ์ ( 2545 : บทคัดย่อ ) ทำการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุ์ปลาทอง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม วิชาวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม รหัสวิชา 2000-1420 ผู้วิจัยขอเสนอแนะ ดังนี้

1) ในการจัดการเรียนการสอน ควรมีการจัดเตรียมความพร้อมด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่สมบูรณ์ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาและอุปสรรคในการเรียนการสอน อาจส่งผลไปถึงความตั้งใจในการเรียนและความสนใจเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลดลง

2) ไม่จำกัดเรื่องเวลาในการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และตอบสนองความแตกต่างของบุคคล แต่จะต้องชี้แจงให้ผู้เรียนทราบในงานที่ได้รับมอบหมาย เพื่อป้องกันการที่ผู้เรียนหลงทาง และไม่ศึกษาบทเรียนตามที่กำหนด

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

- 1) ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม ในเนื้อหาอื่นๆ บ้าง
- 2) ควรมีการศึกษาผลกระทบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งอาจส่งผลต่อนักเรียนทางด้านร่างกาย อารมณ์ และด้านสังคม
- 3) ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องอื่น ๆ โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้ให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้น

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.2544. **ความรู้เกี่ยวกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา.**กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ครูสภาลาดพร้าว.
- กรมอาชีวศึกษา . 2540 .**หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม.**กรุงเทพมหานคร:กระทรวงศึกษาธิการ.
- กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์.2539. **“การออกแบบจอคอมพิวเตอร์:การเลือกสี”** วารสารพัฒนาเทคนิคศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .
- กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ . 2536 . **เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ . 2538.**แนวคิดหาประสิทธิภาพบทเรียน CAI.**วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.ปีที่ 5 ฉบับที่ 3 . กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิดานันท์ มลิทอง.2536. **เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.**กรุงเทพฯ ฯ : ภาควิชาโสตทัศนศึกษาคณะครุศาสตร์.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา.2539.**เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีการศึกษา.** กรุงเทพฯ:ฝ่ายเอกสารและตำราสถาบันราชภัฏสวนดุสิต.
- ช่วงโชติ พันธุ์เวช. 2535. **“ การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ”** วารสารมหาวิทยาลัยรามคำแหง.15 ( 3 ) : 50 – 56 .
- ชาติรี เกิดธรรม.2544. **เอกสารประกอบการสอนรายวิชาหลักการสอน.**กรุงเทพมหานคร.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2533. **“ เทคโนโลยีการศึกษา : ทฤษฎีและการวิจัย ”** กรุงเทพมหานคร.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. 2530. **“ เทคโนโลยีการสอน : การออกแบบและพัฒนา ”** กรุงเทพมหานคร : โอเอสพริ้นติ้งเฮาส์.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ.2520.ระบบการสอน(CAI). กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์จุฬารักษ์มหาวิทยาลัย.
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.**กรุงเทพฯ:ควงกมล โปรดักชั่น.
- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541. **“ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ”** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ ฯ : วงกมลโปรดักชั่นจำกัดทักซิมา สวนานนท์.2530. **คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา.** กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์ครูสภาลาดพร้าว.

- ทวีศักดิ์ รัสโหมด.2545. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์ ว 203 เรื่อง หลุมและชาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ทักษิณา สวานานนท์ . 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- รัชชชัย งามสันติวงศ์.2540.มัลติมีเดีย Tool Book หลักการพัฒนางานคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. กรุงเทพฯ:เซ็นจูรี่.
- นิภาพรรณ คงแก้ว.2540. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ คอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นิคม ทาแดง. 2540.หน่วยที่ 11 การออกแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมเพื่อการสอน. เอกสารประกอบการสอนวิชาการจัดระบบและการออกแบบระบบเทคโนโลยีการสอนและ ฝึกอบรมทางการอาชีพและเทคโนโลยีศึกษา.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- นุชรี ปุตุระเสรี.2535. “ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ)เพื่อเสริม ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 ” คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2537. การพัฒนาการสอน . กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2538. การประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพื้นฐาน การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- บุรณะ สมชัย.2542. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ปรีชา จุลชัยวรกุล.2537.บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการชี้หน้าด้วยลูกศรเคลื่อนที่มีเสียง. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยาภรณ์ ชาวสบาย.2547.บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง เพศศึกษา.สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2541. เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติสำหรับการวิจัย.สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540.วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร : สำหรับทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ โรฒประสานมิตร.

- พรเทพ เมืองแมน.2544.การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ CAI MULTIMEDIA .  
กรุงเทพฯ:บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- ไพฑูริย์ นพกาศ. 2535 . การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับซ่อมเสริมวิชา  
คณิตศาสตร์ เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนาม. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพโรจน์ ตรีณชนากุล. 2529. “ไมโครคอมพิวเตอร์ประยุกต์ทางการศึกษา ” กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อ  
เสริมกรุงเทพฯ.
- ปิ่น กุ้ววรรณ. 2531.การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนไมโครคอมพิวเตอร์.  
กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล.2542.การทำวิจัยทางการศึกษา.กรุงเทพฯ:ที.พี.พี.พันธ์ุ.ราชบัณฑิตยสถาน.  
2535.พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2535. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ: อักษรเจริญ  
ทัศน์.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. หลักการวิจัยทางการศึกษา.กรุงเทพฯ:ศึกษาพร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.2539. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร :  
สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2527
- วชิระ อินทร์อุดม.2540.คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.เอกสารประกอบการสอนวิชาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วสันต์ อดิศักดิ์. 2530. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการศึกษาในระดับอุดมศึกษา.วารสาร  
ศึกษาศาสตร์.
- ศักดิ์ ไชกิจภิญโญ.2533. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( Computer Assisted Instruction ) วารสาร  
ส่งเสริมประสิทธิภาพทางการเรียนการสอน.
- ศิริวรรณ หยูทองคำ.2546. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างของเซลล์  
วิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว 441”วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์  
บัณฑิตศึกษา.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สันทัต ภิบาลสุข.2537.คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.วารสารศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2531. การใช้คอมพิวเตอร์ในโรงเรียน.เอกสารประชุมวิชาการเรื่องเทคโนโลยี  
กับการเปลี่ยนแปลงระบบการศึกษา.กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุ  
ศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง.2531. “การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน” วารสารรามคำแหง.  
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- สุพิทย์ กาญจนพันธุ์.2540.รวมศัพท์เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา.กรุงเทพมหานคร:  
บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- สุพิทย์ กาญจนพันธุ์.2541.เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยทางเทคโนโลยีการศึกษา  
กรุงเทพมหานคร:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุเทพ สุขเจริญ. 2547. วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ:บริษัทเอมพันธ์
- สุราวุช สวัสดิ์.2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพันธุ์ปลาทอง.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- “.....”. 2540. “เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยทางการศึกษา” กรุงเทพฯ :  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เอกสารอัดสำเนา.
- โสภา ชูพิกุลชัย.2521.จิตวิทยาทั่วไป.กรุงเทพฯ:ไทยวัฒนาพานิช.
- อรนุช อุทานนท์.2543. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบนิเวศ” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา  
บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการสอน.กรุงเทพฯ: คอมแมนเพรส.
- อมรพรรณ เฟื่องทอง. 2545.การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง โครงสร้างของร่างกาย  
วิชากายวิภาค 1 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรศิลปกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง .  
สารนิพนธ์ กศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา).กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครี  
นทรวิโรฒ.
- อธิพร ศรียมก.2525.เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับมัธยมศึกษา เล่ม 3 หน่วยที่ 11-15 .  
กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช.
- อาทิตย์ จิรวัดผล.2525. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์” วิทยานิพนธ์  
ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย.จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย.
- อำนาจ ทะพงค์แก และชยันต์.2523. “จริยธรรมในสังคมไทยในทัศนะของนักศึกษา.” วารสาร  
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (มิถุนายน-กรกฎาคม 2532 ) : 29-33.
- อำพล สงวนศิริธรรม.2528.ศูนย์การเรียนรู้คอมพิวเตอร์ในโรงเรียนมัธยม:สารพัฒนาหลักสูตร.34

Bradley, Virginia N. 1984 – 1984. **The Surface Feature of Four Microcomputer Reading Programs. In Educational Technology Systems.** 12(3):221-223.

Park,OK-Choon.1981-1982. **A Response – Sensitive Strategies in Computer Base Instruction; A Strategies for Concept Teaching.** In Education Technology Systems. 10(2) : 187 – 196.

Romiszowski,A.J.1986.**Developing Auto-Instruction Materials : From Programmed Texts to CAI And Interactive Video.** New York : Nichols Publishing.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือราชการ
- ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
- ภาคผนวก ค เนื้อหาบทเรียนเรื่อง พันธูกรรม
- ภาคผนวก ง แบบทดสอบ
- ภาคผนวก จ แบบประเมินบทเรียน
- ภาคผนวก ฉ ค่าทางสถิติ
- ภาคผนวก ช ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพันธูกรรม

ภาคผนวก ก  
หนังสือราชการ

- หนังสือแต่งตั้งคณะกรรมการควบคุม และ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ  
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์
- ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
- หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเนื้อหาวิจัย
- หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



คำสั่งคณะกรรมการอุดมศึกษา  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ 180/2548

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ  
เค้าโครงวิทยานิพนธ์ ของ นางสาวสาวิตรี อารีย์

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ รหัสประจำตัว46069601  
เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณา  
หัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
ดร.ผดุงชัย	ภูพัฒน์	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.สมพร	ไชยะ	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	กรรมการ
ดร.ผดุงชัย	ภูพัฒน์	กรรมการ
ผศ.ดร.อำนาจ	ตั้งเจริญชัย	กรรมการ
ดร.ทิวัดดี	มณีโชติ	กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 30 พฤษภาคม พ.ศ. 2548

(รองศาสตราจารย์ รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดี

27พ.ค. 48  
100 100  
27พ.ค. 48



ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวสาวิตรี อารีย์ รหัสประจำตัว 46069601 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม (DEVELOPMENT OF COMPUTER’S ASSISTED INSTRUCTION ON HERIDITY)” โดยมี ศศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2548

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ.2548

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ่มจัด)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ที่ ศธ 0524.04/ 1683

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๒ เมษายน ๒๕๔๙

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก

สิ่งที่ส่งมาด้วย

1. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอนนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02-326-4325

ที่ ศธ 0524.04/ 1683



คณะกรรมการผู้ดุษฎีบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๕๒ เมษายน ๒๕๔๙

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย  
เรียน อาจารย์เถียร โรจน์วิทย์โอกาส

- สิ่งที่ส่งมาด้วย
1. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย
  2. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะกรรมการผู้ดุษฎีบัณฑิต พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอนนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



ที่ ศธ 0524.04/ 1683

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๒ เมษายน ๒๕๔๙

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย  
เรียน อาจารย์วีรพันธ์ เอี่ยมสะอาด

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย  
2. แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอนนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้  
งานวิจัยของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)  
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 1683

วันที่ 12 เมษายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม” โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 1683



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

12 เมษายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการค้า  
เรียน ดร.พรเลิศ แสงกวีเลิศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่อง  
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ว่า  
มีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ  
นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศษ 0524.04 / **1683**

วันที่ 22 เมษายน 2549

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย  
เรียน อาจารย์สมเกียรติ คันทิวงศ์วานิช

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม”  
โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์  
เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียน  
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของ  
ท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นางสาวสาวิตรี อารีย์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบท  
ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็น  
อย่างอ้อมมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี



ที่ ศธ 0524.04/ 2453

คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๕๐ พฤษภาคม 2549

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ใหญ่โรงเรียน พระรามหกเทคโนโลยี

ด้วย นางสาวสาวิตรี อารีย์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม” โดยมี ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผดุงชัย ภูพัฒน์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะกรรมการอุดมศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวสาวิตรี อารีย์ ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนระดับปวช. ชั้นปีที่ 2 เพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้  
ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 326-4325

ภาคผนวก ข

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

### รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบสื่อการสอน

ในการตรวจสอบสื่อการสอน แบ่งการประเมินเป็น 2 ด้าน คือ แบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังมีรายนามผู้ทรงคุณวุฒิดังต่อไปนี้

#### ด้านเนื้อหา

1. ดร.สมปรรธนา วงศ์บุญหนัก  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์วีรพันธ์ เขี่ยมสะอาด  
อาจารย์ 2 ระดับ 7 วิทยาลัยพณิชยการอินทราชัย
3. อาจารย์เถียร โรจน์วิทย์โอกาส  
ผู้ช่วยครูใหญ่ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี

#### ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

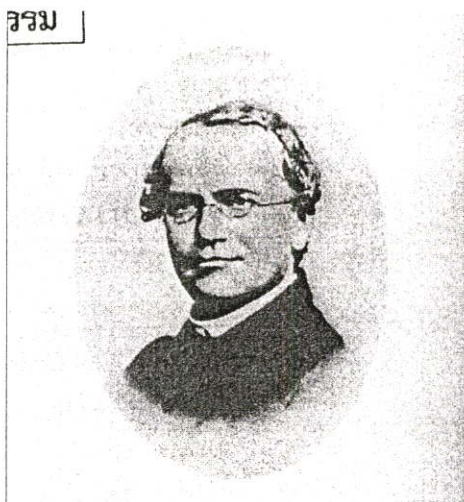
1. ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี  
อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรการสอนและอาชีวศึกษา  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ดร.พรเลิศ แสงทวีเลิศ  
อาจารย์ใหญ่ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี
3. อาจารย์สมเกียรติ ต้นดวงศ์วานิช  
อาจารย์ประจำสาขาวิชาหลักสูตรการสอนและอาชีวศึกษา  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ก

เนื้อหา เรื่อง พันธกรรม

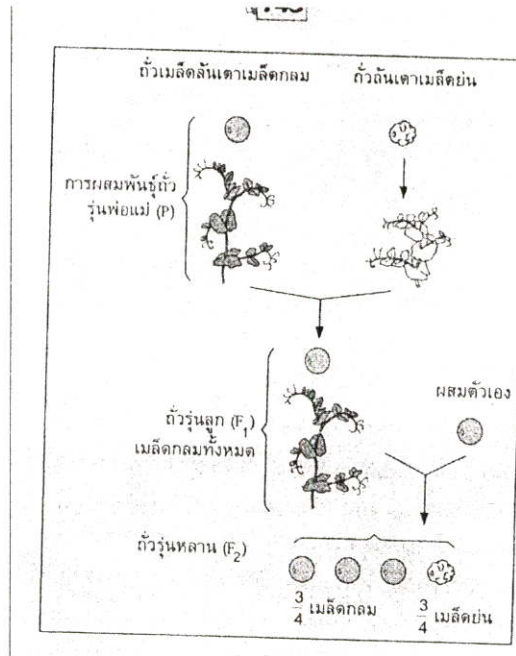
## เนื้อหาบทเรียน เรื่อง พันธุกรรม

### 1. กฎของเมนเดล และการค้นพบสารพันธุกรรม



ภาพที่ 1.1 เกรเกอร์ เมนเดล บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์

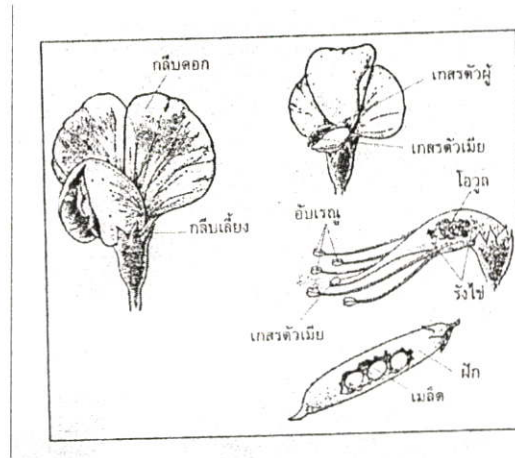
ในปี พ.ศ. 2401 นักบวชชาวออสเตรีย ชื่อว่า เกรเกอร์ เมนเดล ( Gregor Mendel ) ได้ทดลองผสมถั่วลันเตา ( *Pisum Sativum* ) หลายลักษณะ เช่น ถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมกับถั่วลันเตาที่มีเมล็ดขุ่น ได้รุ่นลูกเป็นถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมทั้งหมด หากเอาถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมทั้งหมด หากเอาถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมรุ่นนี้ผสมกันเอง เมื่อนำเมล็ดถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมทั้งหมด หากเอาถั่วลันเตาที่มีเมล็ดกลมรุ่นนี้ผสมกันเอง เมื่อนำเมล็ดถั่วที่ได้ไปเพาะจะได้ถั่วลันเตารุ่นหลาน มีลักษณะเมล็ดกลม 3 ส่วนอีก 1 ส่วนมีลักษณะเมล็ดขุ่น



ภาพที่ ๓.2 แสดงการทดลองผสมถั่วถั่วสั้นเตาเมล็ดกลมกับถั่วถั่วสั้นเตาเมล็ดขุ่น

เมนเดล ได้ทดลองผสมพันธุ์ถั่ว ดังกล่าว แล้วตีพิมพ์ผลงานลงในวารสารของสมาคมธรรมชาติศึกษาในเมืองบริน ประเทศออสเตรีย ในปี พ.ศ. 2408 แต่ไม่มีผู้สนใจกระทั่งจนถึงปี พ.ศ. 2443 มีนักชีววิทยาศึกษาผลงานของเมนเดลอย่างจริงจัง พบว่าการที่เมนเดลเลือกศึกษาพันธุกรรมจากต้นถั่วถั่วสั้นเตานั้นเพราะเหตุผล ดังนี้

1. ถั่วถั่วสั้นเตาเป็นพืชที่ปลูกง่าย อายุสั้น ทำให้ทราบผลการทดลองได้เร็วกว่าพืชที่มีอายุยืน
2. มีหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ให้ลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น สีของเมล็ด มีสีเขียวกับสีเหลือง ต้นสูงกับต้นเตี้ย ฯลฯ ทำให้มีโอกาสเลือกพันธุ์ได้มาก
3. ดอกมีลักษณะพิเศษโดยกลีบดอกจะหุ้มเกสรไว้ทำให้เกิดการผสมในดอกเดียว (Self Fertilization) เหมาะแก่การควบคุมการทดลอง
4. ดอกถั่วถั่วสั้นเตามีโครงสร้างป้องกันมิให้ลมและแมลงพาละอองเรณูมาผสมกับเกสรตัวเมียได้ง่าย ๆ เพราะมีกลีบดอกปกคลุมยอดเกสรตัวเมีย ทำให้สามารถควบคุมการผสมพันธุ์กับละอองเรณูได้ตามต้องการ



ภาพที่ ก.3 ลักษณะของดอกถั่วลันเตา

การผสมถั่วลันเตาของเมนเดลทั้งหมดนี้ เป็นการผสมพันธุ์โดยพิจารณาทีละหนึ่งลักษณะ (Monohybrid Cross) วิธีการผสมของเมนเดล ใช้วิธีตัดอับเรณูของดอกถั่วลันเตาที่จะผสมออกไป เช่น เมื่อจะดูลักษณะเมล็ดกลมหรือเมล็ดขุ่น (หรือขรุขระ) เมนเดลจะตัดอับเรณูของถั่วลันเตาพันธุ์เมล็ดขุ่นออกไป ตั้งแต่ระยะออกถั่วยังตูมอยู่ แล้วเอาถุงกระดาษห่อดอกตูมเอาไว้เพื่อป้องกันไม่ให้เรณูจากแหล่งอื่นเข้ามาผสม เมื่อดอกโตเต็มที่จึงเปิดถุงกระดาษที่หุ้มไว้ ออก แล้วเช็ดละอองเรณูจากต้นถั่วลันเตาพันธุ์เมล็ดกลมใส่ลงบนยอดเกสรตัวเมียของดอกที่ห่อเอาไว้แล้วปิดถุงดั้งเดิม นอกจากนั้นเมนเดลยังทำการทดลองสลับกัน โดยการนำละอองเรณูจากต้นถั่วลันเตาพันธุ์เมล็ดขุ่นใส่ลงบนยอดเกสรตัวเมียของดอกที่อยู่บนต้นถั่วลันเตาพันธุ์เมล็ดกลม และเมนเดลยังได้ผสมลักษณะต่าง ๆ ของถั่วลันเตาอีกหลายลักษณะ เช่น ต้นสูงกับต้นเตี้ย เมล็ดสีเหลืองกับเมล็ดสีเขียว เมล็ดกลมกับเมล็ดขุ่น ดอกถั่วมีสีและดอกถั่วไม่มีสี ถั่วที่ดอกอยู่บริเวณปลายยอดกับถั่วที่ดอกอยู่ตามกิ่ง ถั่วที่มีฝักอวบกับถั่วที่มีฝักแฟบ ถั่วที่มีฝักเหลืองกับถั่วที่มีฝักเขียว เป็นต้น

ถั่วลันเตาที่เมนเดลนำมาผสมทำเป็นรุ่นพ่อแม่ (Parental Generation หรือ เขียนย่อๆ ว่ารุ่น P) เป็นถั่วลันเตาที่มีลักษณะเด่น กับถั่วลันเตาที่มีลักษณะด้อย (ซึ่งต้องเป็นพันธุ์แท้เสมอ) รุ่นลูก First Filial Generation เขียนย่อว่า  $F_1$  จะต้องมียุทธลักษณะครึ่งหนึ่งมาจากพ่อ อีกครึ่งหนึ่งมาจากแม่ ลักษณะด้อย เช่น ต้นเตี้ย เมล็ดขรุขระ ฝักสีเหลือง ฯลฯ จะไม่ปรากฏออกมาในรุ่นลูกเลย แต่กลับปรากฏอีกในรุ่นหลาน (Second Filial Generation) หรือเขียนย่อๆ ว่า  $F_2$  เมนเดลอธิบายว่า ลักษณะเด่น (Dominant) จะข่มลักษณะด้อย (Recessive) เอาไว้ในรุ่นลูก ( $F_1$ ) จึงไม่ปรากฏลักษณะด้อยออกมา แต่เมื่อเอาลูกผสมกันเอง ลักษณะด้อยจะแสดงออกมาอีกครั้งในรุ่นหลาน ( $F_2$ ) สรุปได้ว่า ลักษณะเด่น เป็นลักษณะเด่น เป็นลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อๆ ไปเสมอๆ เช่น ลักษณะต้นสูงของถั่ว ฯลฯ ในขณะที่ลักษณะด้อยอาจไม่ปรากฏออกมาในบางรุ่น และถึงแม้จะปรากฏออกมาในบางรุ่นก็มีจำนวนน้อยกว่าลักษณะเด่น เช่น ลักษณะต้นเตี้ยของถั่ว ฯลฯ

เมนเดลได้ทดลองเป็นเวลา 2 ปี ทดลองหลายครั้ง พบลักษณะที่แตกต่าง กันของถั่ว  
ลันเตา 7 ลักษณะ คือ

1. รูปร่างเมล็ด มี 2 แบบ คือ เมล็ดกลมกับเมล็ดขรุขระ
2. สีของเนื้อเมล็ด มี 2 สี คือ สีเหลืองกับสีเขียว
3. สีของดอก มี 2 สี คือ ดอกมีสีกับดอกสีขาว
4. รูปร่างของฝักถั่วที่แก่เต็มที่ มี 2 แบบ คือ ฝักอวบกับฝักแฟบ
5. สีของฝักถั่วอ่อน มี 2 สี คือสีเขียวกับสีเหลือง
6. ตำแหน่งของดอกมี 2 แบบ คือ ดอกอยู่ที่กิ่งกับดอกอยู่ที่ปลายยอด
7. ความยาวของลำต้น มี 2 แบบ ต้นสูง ( สูง 72 – 84 นิ้ว ) กับต้นเตี้ย ( สูง 9-18 นิ้ว )

ลักษณะที่ศึกษา	ลักษณะเด่น	ลักษณะด้อย
รูปร่างของเมล็ด	กลม	ขรุขระ
สีของเมล็ด	สีเหลือง	สีเขียว
รูปร่างของฝัก	อวบ	แฟบ
สีของฝักอ่อน	สีเขียว	สีเหลือง
สีของดอก	สีม่วง	สีขาว
ตำแหน่งของดอก	ตามกิ่ง	ตามยอด
ความยาวของลำต้น	สูง	เตี้ย

ภาพที่ ก.4 แสดงลักษณะทั้ง 7 ของถั่วลันเตาที่เมนเดลได้ศึกษา

เมนเดลได้ทดลองใช้พันธุ์แท้ในการผสมกัน โดยการตัดอับละอองเรณูของดอกถั่วพันธุ์  
ขรุขระทิ้งไป ตั้งแต่ดอกยังตูมแล้วใช้ถุงห่อดอกตูมไว้เพื่อไม่ให้ละอองเรณูอื่นเข้าไปผสม เมื่อดอก  
โตเต็มที่จึงเขี่ยละอองเรณูจากดอกถั่วพันธุ์เมล็ดกลมลงบนยอดเกสรตัวเมียของดอกที่ห่อหุ้มไว้แล้ว  
ห่อไว้อย่างเดิม เขาทำสลับกันอีกโดยการนำละอองเรณูจากพันธุ์เมล็ดขรุขระไปผสมกับไข่พันธุ์  
เมล็ดกลม และได้ทำการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกันนี้กับถั่วลันเตาอีก 6 ลักษณะ ทดลองผสม  
287 ครั้ง ใช้ต้นพันธุ์ 70 ต้น ปรากฏผลดังนี้

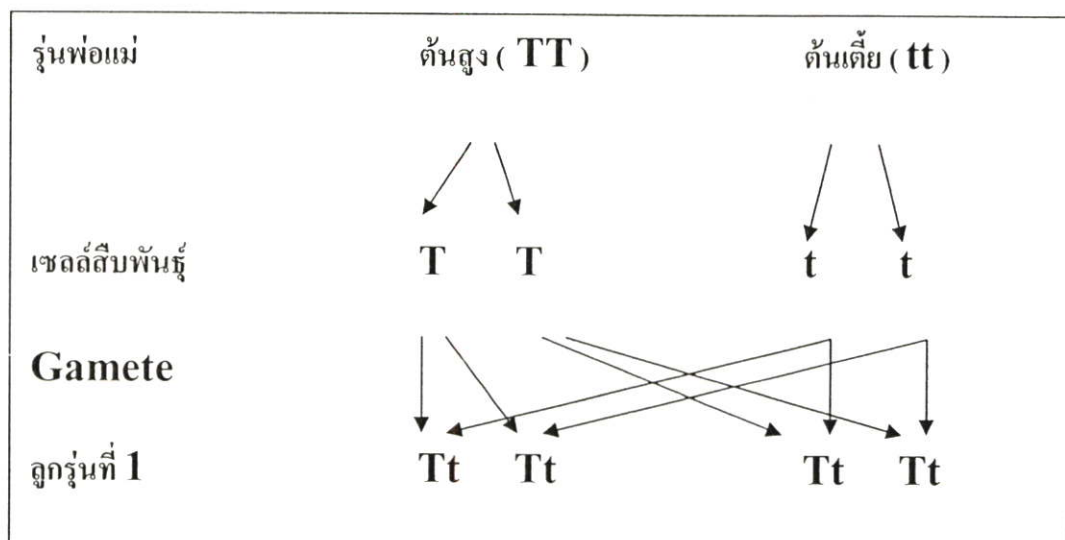
ลักษณะที่ศึกษา	รุ่นพ่อแม่ (Parent) (P)	First Filial Generation ลูกรุ่นที่ 1 ( $F_1$ )	Second Filial Generation ลูกรุ่นที่ 2 ( $F_2$ )
1. รูปร่างเมล็ด	กลม x ขรุขระ	กลมทั้งหมด	เมล็ดกลม:เมล็ดขรุขระ 2.96 : 1
2. สีของเนื้อเมล็ด	เหลือง x เขียว	เหลืองทั้งหมด	เนื้อสีเหลือง : เนื้อสีเขียว 3.01 : 1
3. สีของดอก	มีสีเทา x สีขาว	มีสีเทาทั้งหมด	ดอกมีสี : ดอกสีขาว 3.15 : 1
4. รูปร่างของฝัก	อวบ x แผบ	อวบทั้งหมด	ฝักอวบ : ฝักแผบ 2.92 : 1
5. สีของฝัก	เขียว x เหลือง	เขียวทั้งหมด	สีเขียว : สีเหลือง 2.82 : 1
6. ตำแหน่งของดอก	ที่กิ่ง x ที่ยอด	ดอกที่กิ่งทั้งหมด	ดอกที่กิ่ง : ดอกที่ยอด 3.14 : 1
7. ความยาวของลำต้น	ต้นสูง x ต้นเตี้ย	ต้นสูงทั้งหมด	ต้นสูง : ต้นเตี้ย 2.84 : 1

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในลูกรุ่นที่ 1 มีบางลักษณะที่ปรากฏให้เห็นเสมอ และบางลักษณะไม่ปรากฏให้เห็น เรียกลักษณะที่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 ทั้งหมดว่า “ ลักษณะเด่น ” (Dominance) และลักษณะที่ไม่ปรากฏในลูกรุ่นที่ 1 เรียกว่า “ ลักษณะด้อย ” (Recessive) ซึ่งในลูกรุ่นที่ 1 จะปรากฏลักษณะเด่นเท่านั้น แต่ในลูกรุ่นที่ 2 ปรากฏลักษณะเด่น : ลักษณะด้อย = 3:1 เสมอจากการทดลอง เมเนเดลสรุปเป็นกฎของเมเนเดล (Mendel's Law) ดังนี้

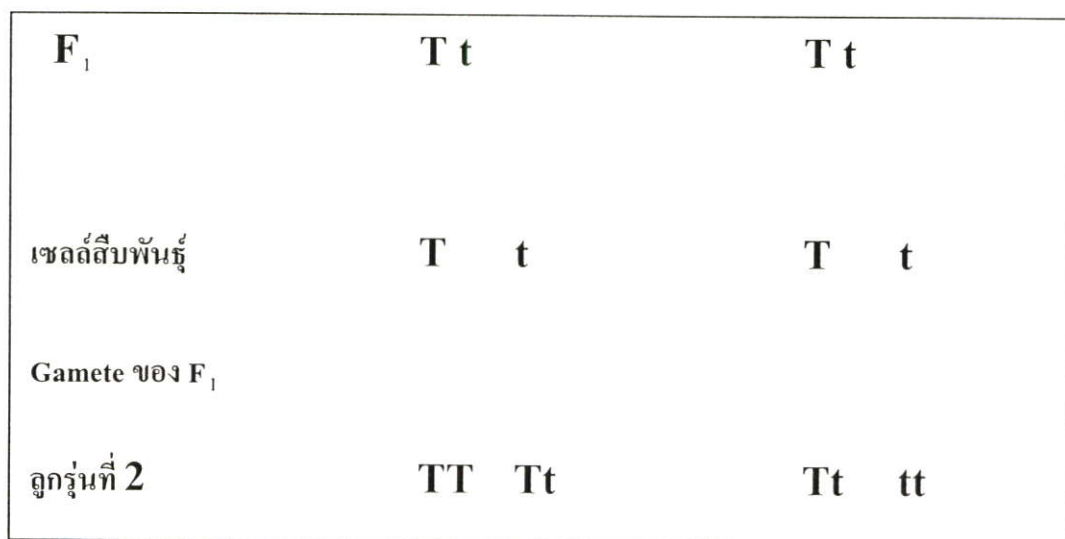
1. กฎแห่งการแยกตัว (Law of Segregation) มีใจความสรุปว่า สิ่งที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศมีอยู่เป็นคู่ ๆ แต่ละคู่จะแยกจากกันในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้เซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีหน่วยควบคุมลักษณะเพียง 1 หน่วย และจะกลับมาเข้าคู่กันอีกเมื่อเซลล์สืบพันธุ์มาผสมกัน

2. กฎแห่งการเลือกกลุ่มอย่างอิสระ (Law of Independent Assortment) มีใจความสรุปว่า ในเซลล์สืบพันธุ์จะมีการรวมกลุ่มของหน่วยพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ การรวมกลุ่มเหล่านี้เป็นไปอย่างอิสระ ทำให้สามารถทำนายผลที่เกิดขึ้นในรุ่นลูกได้

จากกฎของเมเนเดล เมื่อมีการผสมโดยพิจารณาเพียงลักษณะเดียว (Monohybrid Cross) ถ้านำถั่วต้นสูงพันธุ์แท้ผสมกับต้นเตี้ยพันธุ์แท้ จะทำให้ลูกรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 ได้ดังนี้



ลูกรุ่นที่ 1 จะมีลักษณะที่ปรากฏให้เห็น ( Phenotype ) เป็นต้นสูงหมดแต่จะมีลักษณะทางพันธุกรรม ( Genotype ) เป็น Tt เมื่อนำลูกรุ่นที่ 1 มาผสมกันเอง



$F_2$  ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นจะเป็นต้นสูง : ต้นเตี้ย = 3 : 1

และลักษณะ Genotype TT : Tt : tt = 1 : 2 : 1

ถ้าพิจารณาสองลักษณะ ( Dihybrid Cross ) จะให้ผลดังนี้

รุ่นพ่อแม่ Phenotype	เมล็ดกลม - สีเหลือง	เมล็ดขรุขระ - สีเขียว
( P ) Genotype	RRYY	rryy
เซลล์สืบพันธุ์ รุ่นพ่อแม่	RY	ry
ลูกรุ่นที่ 1 Phenotype	เมล็ดกลม - สีเหลือง	
( $F_1$ ) Genotype	Rr	Yy

เซลล์สืบพันธุ์ของ  $F_1$  มี 4 แบบ คือ RY, Ry, rY, ry

Phenotype เมล็ดกลม – เหลือง : กลม – เขียว : ขรุขระ – เหลือง : ขรุขระ – เขียว

ลูกรุ่นที่ 2 ( $F_2$ ) 9 : 3 : 3 : 1

Genotype ลูกรุ่นที่ 2 ( $F_2$ )	ไข่ สเปิร์ม	RY	Ry	rY	ry
	RY	RRYY	RRYy	RrYY	RrYy
	Ry	RRYy	RRyy	RrYy	Rryy
	rY	RrYY	RrYy	rrYY	rrYy
	ry	RrYy	Rryy	RrYy	rryy

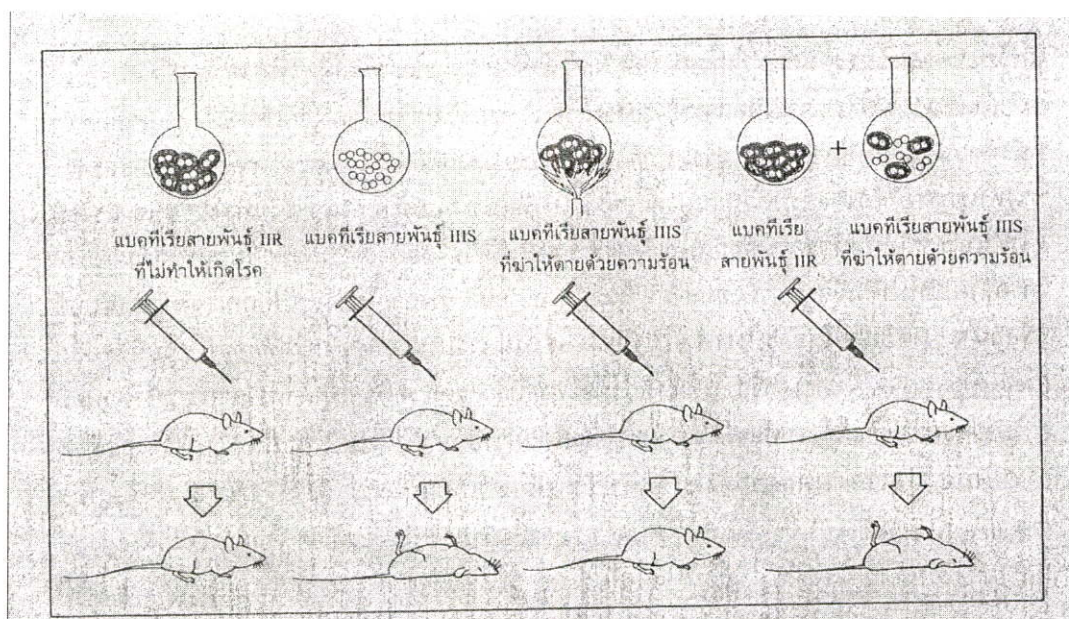
ในทางใช้กฎของเมนเดลนั้นสามารถใช้ได้กับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ แต่มีข้อสังเกตดังนี้

1. สิ่งมีชีวิตอื่นอาจมีลักษณะเด่นและด้อยที่ต่างไปจากตัวต้นเตา เช่น ลักษณะต้นเดี่ยวอาจเป็นลักษณะเด่นก็ได้ เป็นต้น
2. บางลักษณะอาจเป็นลักษณะเด่นร่วม ( Co-dominance ) หรือเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ ( Incomplete Dominance ) ทำให้ไม่มีลักษณะเด่นหรือด้อยที่แท้จริง
3. ลักษณะบางลักษณะถูกควบคุมโดยหน่วยพันธุกรรมหลายคู่ ( Polygene หรือ Multiple Gene )

#### การค้นพบสารพันธุกรรม

หลังจากเมนเดลพิมพ์ผลงานแปลแพร่ ในปี พ.ศ. 2409 แล้ว ในปี พ.ศ. 2412 โยฮันน์ ฟรีดริช มีเชอร์ ( Johann Miescher ) นายแพทย์ชาวสวิสได้ศึกษานิวเคลียสของเม็ดเลือดขาวที่ติดมากับผ้าพันแผลแล้วนำมาย่อยโปรตีนออกด้วยเอนไซม์เปปซิน ปรากฏว่ามีสารอยู่ชนิดหนึ่ง ไม่ถูกย่อยสลาย ซึ่งมีเชอร์เรียกชื่อสารนี้ว่า นิวคลีอิน ( Nuclein ) จากการค้นพบของมีเชอร์ครั้งนี้พบว่า นิวคลีอินเป็นสารที่อยู่ในนิวเคลียส แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าอยู่บริเวณใดของนิวเคลียส ในระยะต่อมามีการเปลี่ยนชื่อเป็น กรดนิวคลีอิก ( Nucleic Acid ) เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นกรด อีก 2-3 ปีต่อมา ฟูลเกน ( Feulgen ) นักเคมีชาวเยอรมัน ใช้สีฟูกซิน ( Fuchsin ) ย้อมกรดนิวคลีอิกได้จากการพัฒนาเทคนิคในการย้อม ทำให้สีฟูกซินย้อมติดที่โครโมโซม ฟูลเกนจึงสรุปว่ากรดนิวคลีอิกอยู่บนโครโมโซม นั่นคือ โครโมโซมนอกจากจะมีโปรตีนแล้ว ยังมีกรดนิวคลีอิกอยู่ด้วย จะเป็นไปได้หรือไม่ว่ากรดนิวคลีอิกเป็นสารพันธุกรรม จากการค้นพบว่ากรดนิวคลีอิกอยู่บนโครโมโซม ทำให้นักวิทยาศาสตร์บางคนคิดว่ากรดนิวคลีอิกเป็นสารพันธุกรรม แต่นักวิทยาศาสตร์ส่วนมากในสมัยนั้นเชื่อว่าโปรตีนน่าจะเป็นสารพันธุกรรม เพราะสารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดย่อมทำ

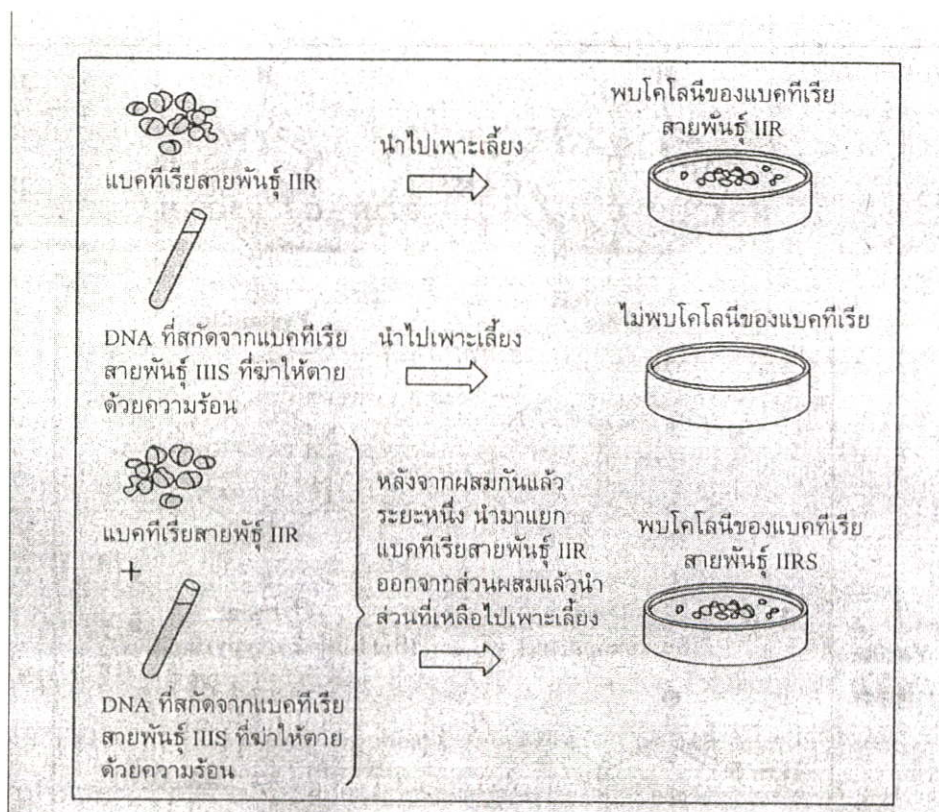
หน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมทุก ๆ ลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้น จึงจะสามารถควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ เพราะโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนถึง 20 ชนิด น่าจะมีโปรตีนมากชนิดพอที่จะควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตได้อย่างครบถ้วน ในระยะเวลาต่อมาได้มีการค้นพบว่าโปรตีนมีส่วนประกอบโปรตีน แต่เป็นสารประกอบกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic Acid) หรือ DNA การที่จะทราบว่ากรดนิวคลีอิกเป็นสารพันธุกรรมซึ่งควบคุมการถ่ายทอดลักษณะ โดยอาศัยหลักฐานและข้อมูลจากการศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียจำพวกนิวโมค็อกคัส (Pneumococcus) ซึ่งเป็นที่ทำให้เกิดโรคปอดบวม เมื่อนำมาแยกเชื้อพบว่าเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวมีหลายสายพันธุ์อยู่ในคนไข้ เมื่อนำสายพันธุ์เหล่านั้นมาฉีดเข้าไปในหนู พบว่าหนูนั้นเป็นโรคปอดบวมตาย แต่ถ้าเป็นอีกสารพันธุ์ซึ่งไม่มีแคปซูลหุ้ม ลักษณะโคโลนีขรุขระ พบว่าหนูนั้นเป็นโรคปอดบวมตาย แต่ถ้าเป็นอีกสายพันธุ์ซึ่งไม่มีแคปซูลหุ้ม ลักษณะโคโลนีขรุขระ เรียกว่า สารพันธุ์ R เมื่อนำสายพันธุ์นี้ฉีดเข้าหนู หนูจะไม่ตาย กริฟฟิทจึงได้ทดลองฉีดแบคทีเรียทั้งสองสายพันธุ์เข้าไปในหนู การทดลองของ กริฟฟิท ใช้แบคทีเรียนิวโมค็อกคัสสายพันธุ์ III S ฉีดเข้าหนู พบว่าหนูตาย และฉีดแบคทีเรียนิวโมค็อกคัส สารพันธุ์ II R เข้าหนู พบว่าหนูปกติ ต่อมนำแบคทีเรียนิวโมค็อกคัสสายพันธุ์ II S มาฆ่าด้วยความร้อนก่อนแล้วมาฉีดให้หนู ปรากฏว่าหนูไม่ตายกริฟฟิทจึงใช้สายพันธุ์ III S ที่ฆ่าด้วยความร้อนแล้วผสมกับแบคทีเรียสายพันธุ์ R ฉีดเข้าหนูปรากฏว่าหนูตาย เมื่อเอาเชื้อแบคทีเรียจากหนูที่ตายนั้นมาตรวจ พบว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ R ฉีดเข้าหนูปรากฏว่าหนูตาย เมื่อเอาเชื้อแบคทีเรียจากหนูที่ตายนั้นมาตรวจ พบว่ามีแบคทีเรียสายพันธุ์ III S อยู่ด้วย กริฟฟิทเรียกปรากฏการณ์แปรสภาพนี้ว่า ทรานสฟอร์มเมชัน (Transformation) และกริฟฟิทเรียกชื่อ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแปรสภาพนี้ว่า ทรานสฟอร์มมิงแฟกเตอร์ (Transforming Factor) หรือ TF ซึ่งกริฟฟิทนั้นยังไม่ทราบว่า TF คืออะไร



ภาพที่ ก.5 แผนภาพแสดงการทดลองของกริฟฟิท

จนมาถึงปี พ.ศ. 2487 มีการค้นคว้าที่น่าสนใจของนักวิทยาศาสตร์ 3 ท่าน คือ โอ.ที. อะเวรี (O.T.Avery) ซี.เอ็ม. แมคเคลอดด์ (C.M. Macleod) และแมคคาร์ที (McCarty) แห่งสถาบันร็อกกีเฟลเลอร์ นิวยอร์ก ทำการทดลองคล้าย ๆ กับกริฟฟิท แต่มิได้ใช้หนูทดลอง (in vitro) โดยใช้กรดนิวคลีอิกจากเชื้อแบคทีเรียชนิดแคปซูลหรือสายพันธุ์ III S แยกออกเป็น 2 หลอด หลอดที่ 1 นำไปย่อยด้วยเอนไซม์ย่อย DNA อีกหลอดหนึ่งไม่ต้องใส่เอนไซม์ ทั้งสองหลอดนี้เติมแบคทีเรียชนิดไม่มีแคปซูลหรือสายพันธุ์ II R ลงไป ปรากฏว่าในหลอดที่เป็นของผสมระหว่าง DNA ของแบคทีเรียชนิดมีแคปซูลที่ไม่ได้มีเอนไซม์และแบคทีเรียชนิดไม่มีแคปซูลเกิดปนกันอยู่ในหลอด เมื่อนำของผสมนี้ฉีดให้หนู ปรากฏว่าหนูตายด้วยโรคปอดบวม แต่อีกหลอดที่เป็นของผสมระหว่าง DNA ของแบคทีเรียชนิดมีแคปซูลที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์กับแบคทีเรียชนิดที่ไม่มีแคปซูลนั้นไม่มีการแปรสภาพ คือไม่มีแบคทีเรียชนิดมีแคปซูลเกิดขึ้น เมื่อทดลองนำไปฉีดหนูพบว่า หนูไม่เป็นโรคปอดบวม

การทดลองของอะเวรี และคณะจึงพิสูจน์ให้เห็นว่า ผลการทดลองของกริฟฟิทนั้น ตัวที่ทำให้เกิดการแปรสภาพนั้นคือสารประกอบ DNA ปรากฏว่า การเปลี่ยนแปลงนี้เมื่อเกิดขึ้นแล้ว จะถ่ายทอดเป็นพันธุกรรมต่อไปได้ หมายความว่า แบคทีเรียสายพันธุ์ II R บางตัวอาจถูกแปรสภาพเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ III S ขึ้นมาได้มากมาย อะเวรีและคณะจึงเป็นนักวิทยาศาสตร์กลุ่มแรกๆ ที่ให้เห็นความสำคัญของ DNA ว่ามีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพันธุกรรม



ภาพที่ ๑.๖ แผนภาพแสดงการทดลองของอะเวรีและคณะ

สารพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

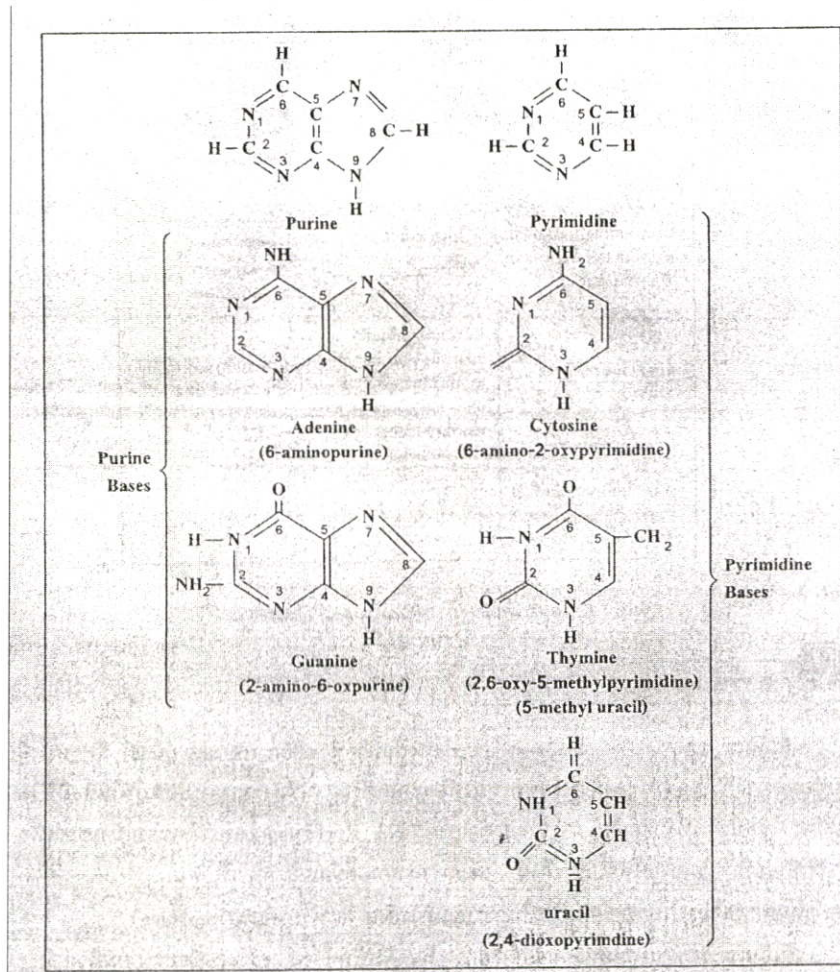
ดีเอ็นเอ ( DNA: Deoxyribonucleic Acid ) เป็นกรดนิวคลีอิก ( Nucleic Acid ) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความเหมือนกันในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โดยมีหน้าที่สำคัญคือ การจำลองตัวเอง ( DNA Replication ) เมื่อเกิดการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างดีเอ็นเอที่เหมือนเดิมให้กับเซลล์ใหม่ และการถ่ายทอดข้อมูลผ่านอาร์ เอ็น เอ ( Transcription ) เพื่อกำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน ( Translation )

ดีเอ็นเอประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ ( Nucleotide ) ซึ่งประกอบด้วย

1. ไนโตรจีนัสเบส ( Nitrogenous Base ) แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

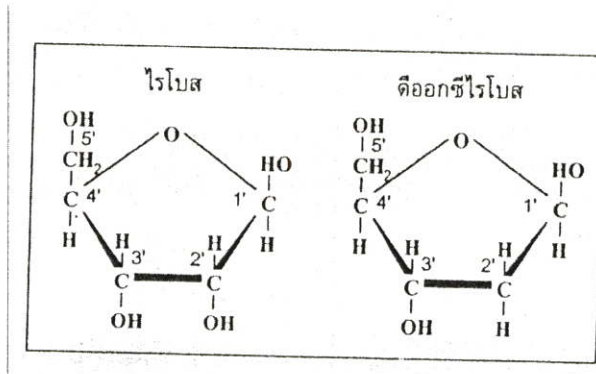
1.1 พิวรีนเบส ( Purine ) เป็นเบสที่มีวงแหวน 2 วง ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนและไนโตรเจน มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ Thymine ( T ) และ Cytosine ( C )

1.2 ไพริมิดีนเบส ( Pyrimidine ) เป็นเบสที่มีวงแหวน 1 วง ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนและไนโตรเจน มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ Adenine ( A ) และ Guanine ( G )



ภาพที่ ค.7 เบส 2 ประเภท คือ พิวรีน ได้แก่ อะดีนีน กัวนีน และไพริมิดีน ได้แก่ ไทมีน ไซโตซีน ยูราซิล (หมายเลขในรูปคือตำแหน่งของคาร์บอนและไนโตรเจนในโมเลกุลของเบส )

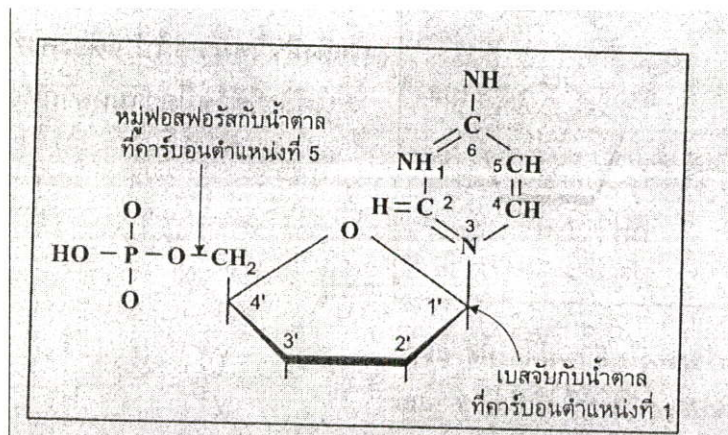
2. น้ำตาล 5 คาร์บอน (Deoxyribose Sugar)



ภาพที่ ค.8 น้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม คือ ไรโบส และดีออกซีไรโบส (หมายเลขในรูป คือ ตำแหน่งของคาร์บอนในโมเลกุลของน้ำตาล)

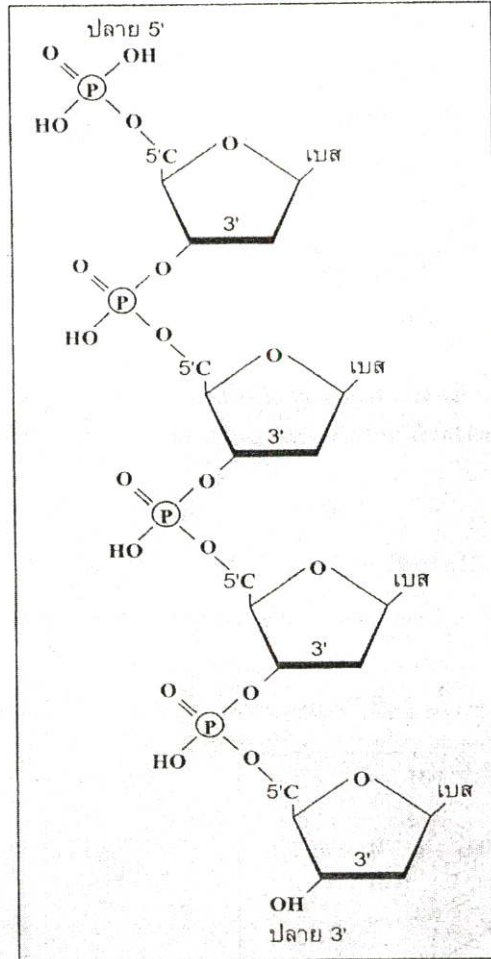
3. กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid)

ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนรวมตัวเป็นนิวคลีโอไทด์ในดีเอ็นเอ ซึ่งมีอยู่ 4 ชนิด ตามชนิดของไนโตรจีนัสเบส คือ Adenosine Triphosphate (ATP), Guanosine Triphosphate (GTP), Cytosine Triphosphate (CTP) และ Thymidine Triphosphate (TTP) การเรียงลำดับของนิวคลีโอไทด์ทั้ง 4 ชนิด ทำให้เกิดความหลากหลาย และสร้างความแตกต่างในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด



ภาพที่ ค.9 ภาพแสดงโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสเป็นชนิดไพริมิดีน

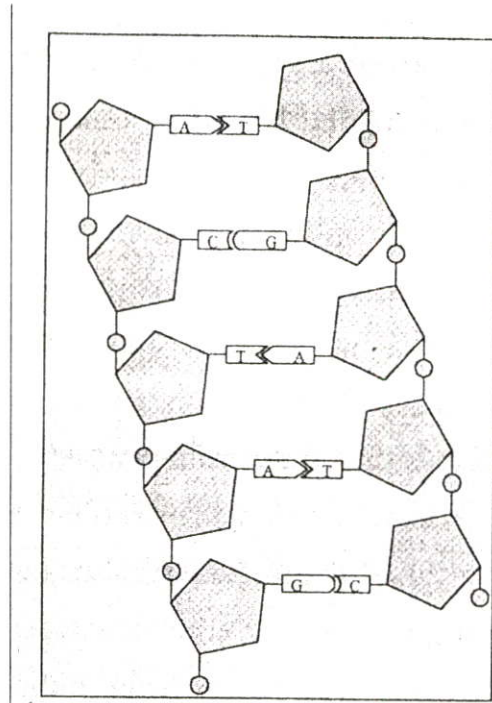
โครงสร้างของดีเอ็นเอจะประกอบด้วยสายโพลีนิวคลีโอไทด์ที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของนิวคลีโอไทด์หลาย ๆ หน่วยด้วยพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์จำนวน 2 สายเรียงตัวขนานกันในทิศทางตรงกันข้าม พันกันเป็นเกลียวเวียนขวาที่เรียกว่า ดับเบิลเฮลิกซ์ (Double Helix) คล้ายบันไดเวียน



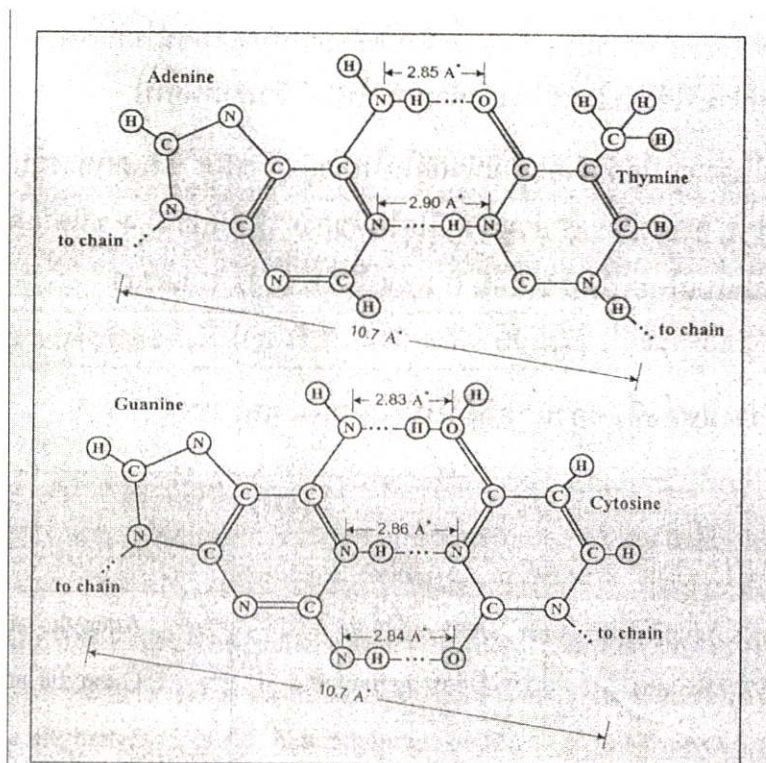
ภาพที่ ค.10 โครงสร้างของโพลินิวคลีโอไทด์  
แสดงให้เห็นปลายด้านหนึ่งที่เป็น 5' และปลายอีกด้านหนึ่งที่เป็น 3'

โดยที่สายโพลินิวคลีโอไทด์ทั้งสองเส้นที่มีลำดับเบสเป็นคู่สม ( Complementary ) มาเชื่อมต่อกัน น้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตทำหน้าที่เป็นแกนอยู่ด้านนอกโมเลกุล การเข้าคู่กันของสายโพลินิวคลีโอไทด์ เกิดจากการเข้าคู่กันระหว่างเบสพิวรีน และเบสไพริมิดีน จากการสร้างพันธะไฮโดรเจน โดย A จะสร้างพันธะจำนวน 2 พันธะกับ T ( A = T ) และ G จะสร้างพันธะจำนวน 3 พันธะกับ C ( G ≡ C ) จึงทำให้ดีเอ็นเอ มีคุณสมบัติทางเคมี 3 ประการ คือ

1. ปริมาณของเบสพิวรีน และเบสไพริมิดีนจะเท่ากันเสมอ ( A+G=C+T ) ในสิ่งมีชีวิตทุกๆ ชนิด
2. ปริมาณของ Adenine จะเท่ากับ Thymine และ Guanine จะเท่ากับ Cytosine
3. อัตราส่วนของ A+T ต่อ G+C จะไม่คงที่ในสิ่งมีชีวิตทั่ว ๆ ไป แต่จะคงที่ในสิ่งมีชีวิตหนึ่ง ๆ ทำให้สิ่งมีชีวิตมีความหลากหลาย



ภาพที่ 11(ก) ภาพแสดงการจับกันระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G ใน DNA



ภาพที่ 12(ข) โครงสร้างโมเลกุล ภาพแสดงการจับกันระหว่างเบส A กับ T และ C กับ G ใน DNA สารพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง( Eucaryotic Cell )อยู่ในรูปของโครโมโซม(Chromosome)

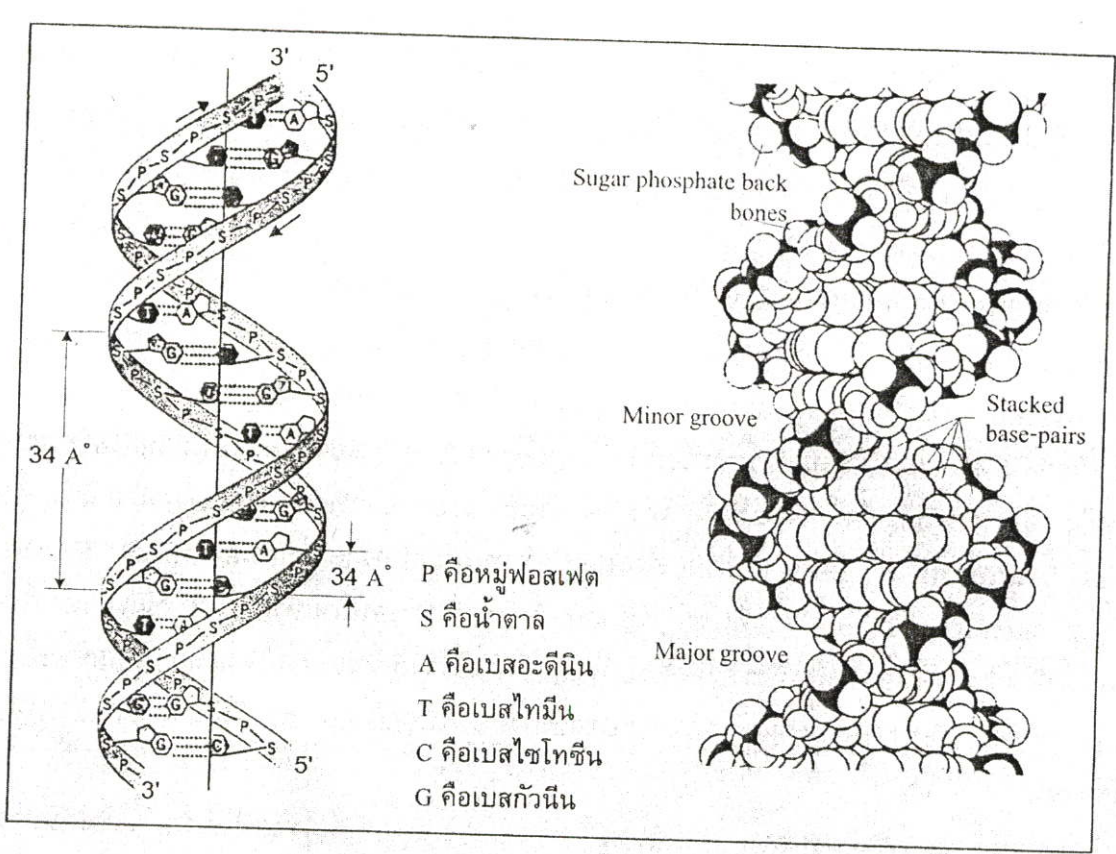
ประกอบด้วยส่วนที่เป็นดีเอ็นเอ และส่วนที่เป็นโปรตีนฮิสโตน (Histone) จับกันด้วยพันธะไฮออนิกรวมกันเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า นิวคลีโอโซม (Nucleosome) ซึ่งเกิดการพันเกลียวเพิ่มขนาดขึ้นจนเป็นโครโมโซม โครโมโซมมีความสามารถในการถ่ายทอดจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกได้ โดยที่ลูกจะได้รับโครโมโซมชุดหนึ่งจากพ่อ และอีกชุดหนึ่งจากแม่ทำให้ลักษณะทางพันธุกรรมต่าง ๆ มีถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง ดีเอ็นเอ มีคุณสมบัติในการเสียสภาพ (Denaturation) และการคืนสภาพ

(Renaturation) ได้เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างเบสเป็นพันธะอ่อน ดีเอ็นเอ จึงสามารถที่จะแยกออกเป็นเส้นเดี่ยวได้เมื่ออยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง หรืออยู่ในสภาพที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) สูงมาก ๆ และสามารถคืนสู่สภาพเดิมเมื่อทำการปรับอุณหภูมิ หรือปรับความเป็นกรดเป็นด่างให้ลดลง การจับเข้าคู่ของดีเอ็นเอจะเป็นในรูปแบบเดิม คือ A จะจับกับ T และ G จะจับกับ C ดังนั้นการมีดีเอ็นเอจำนวนมากๆ ในสารละลายเดียวกันเมื่อผ่านการเสียสภาพจะเกิดการคลายตัวเป็นสายเดี่ยว (Single Strand DNA) จำนวนมาก เมื่อผ่านกระบวนการคืนสภาพดีเอ็นเอจากเส้นเดี่ยวจะเกิดการเข้าคู่ โดยจับกันในเส้นที่เป็นคู่สมกัน ดีเอ็นเอจึงกลับเป็นสายคู่ดังเดิมคุณสมบัติและพฤติกรรมของดีเอ็นเอจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการตรวจหาความแตกต่างของดีเอ็นเอ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านเทคโนโลยีชีวภาพต่อไป

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ดีเอ็นเอมีนิวคลีโอไทด์อยู่ 4 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันตามส่วนประกอบที่เป็นเบส ได้แก่ A,T,C และ G ส่วนนิวคลีโอไทด์ของอาร์เอ็นเอก็มี 4 ชนิด และแตกต่างกันตามส่วนประกอบที่เป็นเบส โดยที่ไม่มี T แต่มี U แทน ได้แก่ A,T,C และ G

#### ตารางแสดงชื่อของนิวคลีโอไทด์ใน DNA และ RNA

ชื่อเบส	ชื่อนิวคลีโอไทด์	
	DNA	RNA
Adenine	Deoxyadenine acid	Adenylic acid
Guanine	Deoxygualic acid	Guanylic acid
Cytosine	Deoxycytidylic acid	Cytiadylic acid
Thymine	Deoxythymidylic acid	-
Uracil	-	Uridylic acid



ภาพที่ ก.13 ภาพโครงสร้างของ DNA (ซ้ายมือ)และ โมเลกุลของ DNA (ขวามือ)

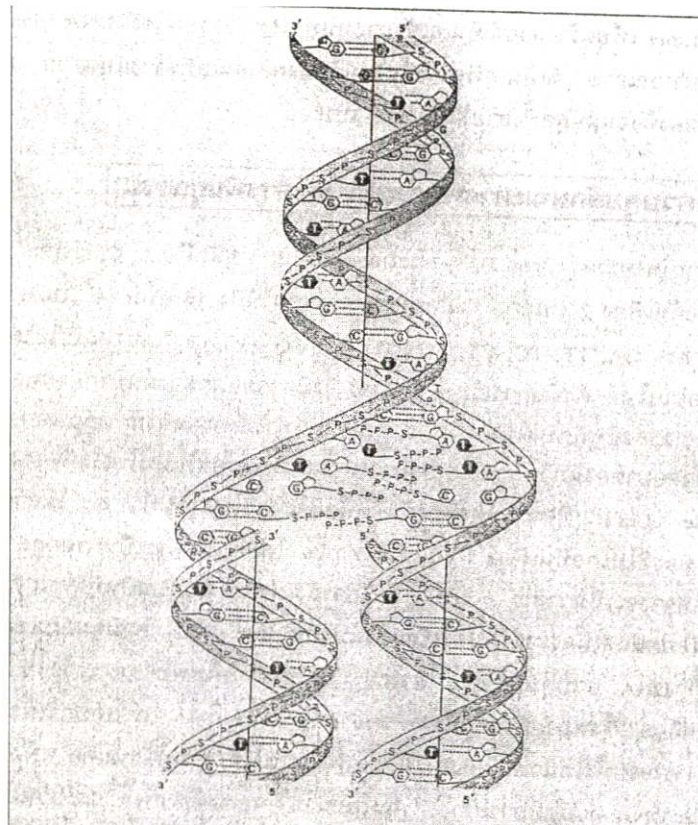
**การจำลองตัวของดีเอ็นเอ ( DNA Replication )**

การจำลองตัวของดีเอ็นเอเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการแบ่งเซลล์ เป็นการสร้างดีเอ็นเอที่เหมือนกับดีเอ็นเอเส้นต้นแบบซึ่งมีจำนวนและลำดับเบสเหมือนสายเดิมทุกประการ การจำลองตัวเองของดีเอ็นเอต้องอาศัย นิวคลีโอไทด์ เอนไซม์ต่าง ๆ และพลังงานมาใช้ในกระบวนการ

การจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ เกิดขึ้นกับทุกชนิดของดีเอ็นเอ ทั้งดีเอ็นเอที่เป็นสายยาวหรือดีเอ็นเอที่เป็นวงแหวน จะแตกต่างกันในรายละเอียดแต่มีหลักการที่เหมือนกัน กลไกการจำลองตัวเองเริ่มจากการแยกสายดีเอ็นเอออกเป็นสายเดี่ยวโดยการทำงานร่วมกันของเอนไซม์หลายชนิด ได้แก่ เอนไซม์ Helicase ทำหน้าที่คลายพันระหว่างเบสทำให้สายดีเอ็นเอแยกออกจากกัน จากนั้นโปรตีนชนิดหนึ่งคือ Single Strand DNA Binding Protein ( SSB ) ทำหน้าที่เข้ามาเกาะบนสายดีเอ็นเอทำให้ไม่เกิดการเข้าสู่ของสายดีเอ็นเอได้อีก เอนไซม์ Gyrase เข้ามาทำหน้าที่คลายปมที่เกิดขึ้นเหนือจุดแยกโดยการตัดสายดีเอ็นเอสายหนึ่งให้ขาด ทำการคลายปมแล้วต่อสายดีเอ็นเอขึ้นใหม่ให้เหมือนเดิม การสังเคราะห์ดีเอ็นเอเส้นใหม่เริ่มจาก เอนไซม์ Primase สังเคราะห์อาร์เอ็นเอสายสั้น ๆ ที่จำเพาะกับลำดับเบสบริเวณจุดเริ่มต้นบนสายดีเอ็นเอมาเชื่อมกับสายดีเอ็นเอเพื่อใช้เป็น

จุดเริ่มต้นในการสังเคราะห์ เอนไซม์ DNA Polymerase ทำหน้าที่นำเอานิวคลีโอไทด์ที่มีเบสเป็นคู่สมกับเบสบนสายดีเอ็นเอต้นแบบมาต่อเข้ากับสายอาร์เอ็นเอ ตั้งต้น โดยมีทิศทางเริ่มจากปลายด้าน 5' ไปปลาย 3' (การเชื่อมต่อของนิวคลีโอไทด์จะเกิดการเชื่อมต่อกันโดยพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์ระหว่างกรดฟอสฟอริกที่ต่ออยู่กับคาร์บอนที่ 5 ของน้ำตาลไรโบสซึ่งเป็นน้ำตาล 5 คาร์บอนกับหมู่คาร์บอกซิลในตำแหน่งคาร์บอนที่ 3 ของน้ำตาลบนนิวคลีโอไทด์อีกตัวหนึ่ง จากการเชื่อมต่อลักษณะนี้ ทำให้สายดีเอ็นเอ และสายอาร์เอ็นเอสายเคียวมีจำนวน 2 ปลาย ได้แก่ปลาย 5' คือปลายที่เป็นกรดฟอสฟอริกที่เกาะอยู่ตรงคาร์บอนตำแหน่งที่ 5 ของน้ำตาล และปลาย 3' คือปลายที่เป็นคาร์บอนซิลที่ต่อกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ของน้ำตาลในสายนิวคลีโอไทด์) ในอีกสายหนึ่งของดีเอ็นเอต้นแบบ การสร้างดีเอ็นเอสายใหม่จะทำการสร้างเป็นสายสั้น ๆ เพราะทิศทางการสร้างต้องเริ่มจากปลายด้าน 3' ไปปลาย 5' ทำให้ไม่สามารถสร้างเป็นสายยาวได้

ต่อมา เอนไซม์ DNA Polymerase ทำการกำจัดสายอาร์เอ็นเอที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้นการสังเคราะห์ และสร้างสายดีเอ็นเอขึ้นมาแทนที่ สุดท้ายช่องว่างที่เกิดระหว่างสายดีเอ็นเอที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่จะถูกเชื่อมต่อกันด้วยเอนไซม์ DNA Ligase การจำลองตัวของดีเอ็นเอจึงได้ดีเอ็นเอสายคู่จำนวน 2 สาย ซึ่งแต่ละสายประกอบด้วยดีเอ็นเอที่เป็นเส้นต้นแบบ 1 สายกับดีเอ็นเอที่ทำการสังเคราะห์ใหม่ 1 สาย จึงเรียกการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ เป็นแบบกึ่งอนุรักษ์ (Semiconservative)



ภาพที่ ก.14 การจำลองตัวของดีเอ็นเอ ( DNA Replication )

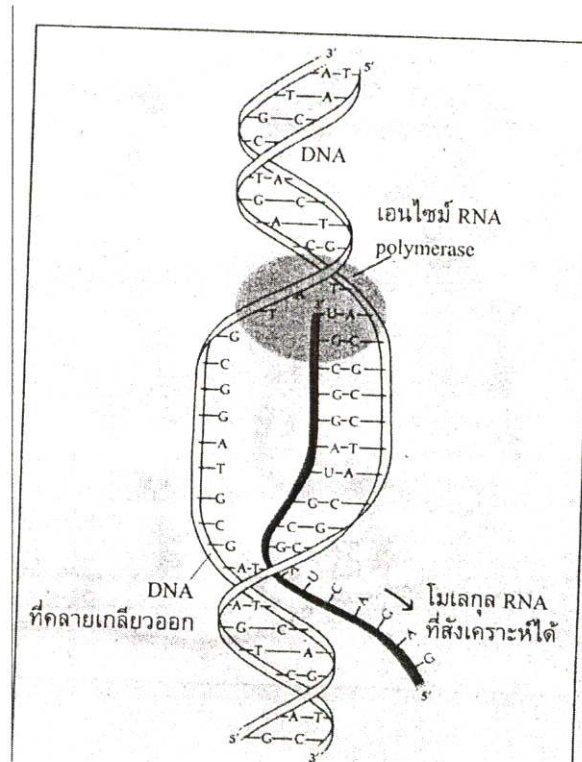
การจำลองตัวของดีเอ็นเอ ( DNA Replication ) เริ่มจาก 1 ) การคลายเกลียวของดีเอ็นเอ ทำการแยกให้เป็นสายเดี่ยวด้วยเอนไซม์ Helicase 2 ) DNA Binding Protein ( DBP ) มาจับกับสายเดี่ยวของดีเอ็นเอกันการเข้าคู่ดั้งเดิม 3) เอนไซม์ DNA gyrase ตัดและต่อดีเอ็นเอบริเวณเหนือจุดแยกป้องกันการเกิดปม 4 ) เกิดการสังเคราะห์สายอาร์เอ็นเอสายสั้น ๆ บนสายดีเอ็นเอเพื่อเป็นจุดเริ่มการสร้างสายดีเอ็นเอเส้นใหม่โดยใช้เอนไซม์ Primase 5) เอนไซม์ DNA Polymerase ทำการสังเคราะห์ดีเอ็นเอโดยมีทิศทางจากปลาย 5' ไปปลาย 3' ส่วนในอีกสายที่ทิศทางการสังเคราะห์ ไม่เหมาะสมทำการสังเคราะห์เป็นสายสั้น ๆ 6) ทำการย่อยกำจัดสายอาร์เอ็นเอที่ทำหน้าที่เป็น Primer เพื่อสร้างสายดีเอ็นเอเข้ามาแทนที่ และ 7) เอนไซม์ DNA Ligase ทำหน้าที่ต่อสารดีเอ็นเอบริเวณสายดีเอ็นเอที่สร้างขึ้นใหม่กับสายดีเอ็นเอที่สร้างแทนสาย Primer เกิดกระบวนการจำลองตัวจนสิ้นสุดทั้งสายดีเอ็นเอต้นแบบ

### การควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสารพันธุกรรม

เนื่องจากในโครงสร้างของ DNA ประกอบด้วยเบส 4 ชนิด คือ A, C, G และ T ดังนั้น ถ้าที่นิวคลีโอไทด์ต่อกันเพียง 2 โมเลกุล จะมีความแตกต่างกันได้ถึง 16 แบบ (  $4^2$  แบบ ) คือ AA, AT, AT, AC, CA, AG, GA, TT, TC, CT, TG, GT, CC, CG, GC, GG แต่ DNA ไม่ได้ประกอบด้วย 2 หรือ 3 นิวคลีโอไทด์ ดังนั้นการเรียงลำดับเบส จึงมีความแตกต่างกันมากมายหลายแบบขึ้นอยู่กับความแตกต่างของลำดับเบสในสายโพลีนิวคลีโอไทด์ทำให้การแสดงลักษณะแตกต่างกัน และจากการค้นคว้าต่อมาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าในคนปกติและคนที่ เป็นโรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์ ( Sickle Cell ) มีความแตกต่างกันที่ชนิดและอะมิโนลำดับที่ 6 ในสายโพลีเปปไทด์ ( Polypeptide ) ของฮีโมโกลบินเพียง 1 ตำแหน่งเท่านั้น โดยคนปกติจะเป็นกรดกลูตามิกส่วนในคนที่ เป็นโรคโลหิตจางจะเป็นวาเลิน นั่นคือ การสังเคราะห์ฮีโมโกลบินที่ผิดปกติทำให้ลักษณะบางลักษณะผิดปกติแต่เนื่องจากฮีโมโกลบินเป็นโปรตีน แต่เนื่องจากไม่พบ DNA ควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นแสดงว่า DNA ควบคุมการสร้างโปรตีน แต่เนื่องจากไม่พบ DNA ในไซโตพลาสซึมพบเฉพาะในนิวเคลียส ซึ่งหมายถึงต้องมีสารตัวกลางที่ช่วยให้ DNA ควบคุมการสร้างโปรตีน โดยสารนี้สามารถพบทั้งในนิวเคลียสและในไซโตพลาสซึม สารที่พบตัวนั้นคือ RNA ซึ่งขั้นตอนในการควบคุมคือ DNA ควบคุมการสร้างโปรตีนโดยผ่านตัวกลางคือ RNA กระบวนการสร้างโปรตีนเป็นดังนี้ คือ

DNA ในนิวเคลียสคลายเกลียวออกโดยมีการสลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างคู่เบส ทำให้สายโพลีนิวคลีโอไทด์ เป็นสายเดี่ยว 2 สาย และสายใดสายหนึ่งจะเป็นต้นแบบให้โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ที่มีเบสเข้าคู่กันได้มาจับตัว เช่น ถ้าเบสของ DNA เป็น C ( Cytosine ) โมเลกุลของนิวคลีโอไทด์ที่มาจับมีเบสเป็น G ( Guanine ) แต่ถ้าเบสของ DNA เป็น A ( Adenine ) นิวคลีโอไทด์

ที่มาจับจะมีเบสเป็น U ( Uracil ) เพราะใน RNA ไม่มี T ( Thymine ) มีแต่ Uracil นิวคลีโอไทด์ แต่แต่ละโมเลกุลของ RNA จะเชื่อมต่อกันโดยอาศัยเอนไซม์ชื่อ อาร์เอ็นเอโพลิเมอเรส ( RNA Polymerase )

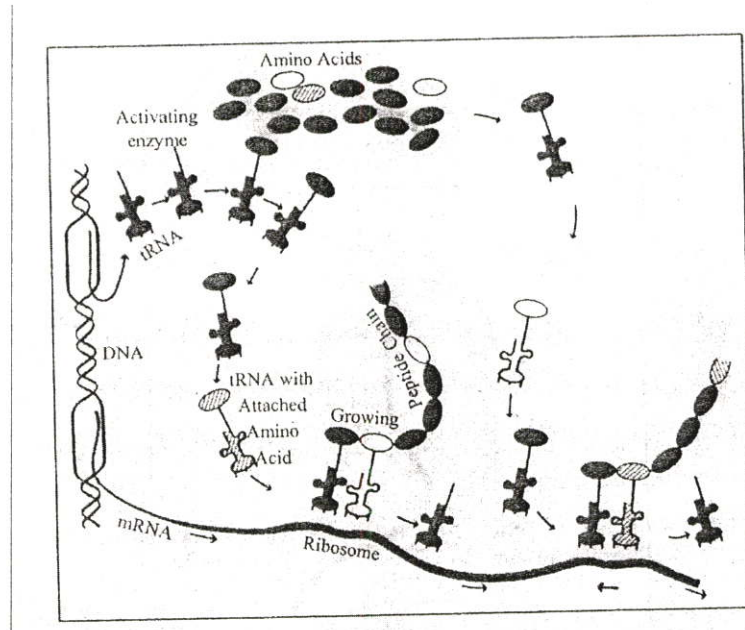


ภาพที่ค.15 การถอดรหัสพันธุกรรม ( Transcription ) ในกระบวนการสังเคราะห์ RNA จาก DNA

RNA ที่ได้จะเป็น mRNA ( Mesenger RNA ) ซึ่งมีลำดับเบสสอดคล้องกับลำดับเบสใน DNA เรียกลำดับเบสใน mRNA ว่า "รหัสพันธุกรรม" ( Genetic Code ) แต่ละรหัสประกอบด้วยเบส 3 ตัว เช่น AUG เนื่องจากเบสมี 4 ชนิด ดังนั้นจึงมีรหัสทั้งหมด  $= 4^3 = 64$  รหัส นักวิทยาศาสตร์พบทั้งหมด 81 รหัส ส่วนอีก 3 รหัส เป็นรหัสหยุดการสังเคราะห์โปรตีน คือ UAA, UAG, UGA โดยทั่วไปรหัสเริ่มต้นให้สร้างโปรตีนคือ AUG และจะเป็นรหัสให้นำกรดอะมิโนชนิด Methionine มาสร้างสายโพลีเพปไทด์ด้วย

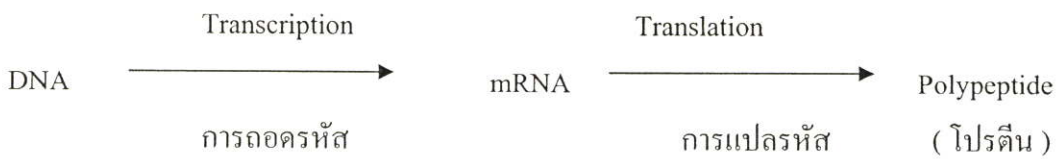
เมื่อ mRNA ได้ถอดรหัสพันธุกรรม ( Transcription ) ของ DNA แล้วก็จะเคลื่อนออกมาจากนิวเคลียสเข้าสู่ไรโบโซม ( Ribosome ) ในไซโตพลาสซึม ( Cytoplasm ) แล้วเริ่มกระบวนการสร้างโปรตีนโดยการแปลรหัส ( Translation ) โดยมี tRNA ( Transfer RNA ) นำกรดอะมิโนที่มีรหัสตรงกับ mRNA เช่น เป็น AUG ก็จะนำกรดอะมิโนชนิด เมไทโอนีน ( Methionine ) มาจับกับ RNA ถ้า mRNA มีรหัสเป็น GUG และ RNA ก็จะนำวาเลิน ( Valine ) มาจับกับ mRNA แล้วสร้างพันธะเชื่อมระหว่างกรดอะมิโนแต่ละตัวทำให้ได้สายโพลีเพปไทด์

Polypeptide สร้างเป็นโปรตีนชนิดต่าง ๆ เมื่อ mRNA เคลื่อนไปพบรหัสหยุดการสังเคราะห์โปรตีนแล้วไรโบโซมก็จะแยกออกจาก mRNA การสังเคราะห์โปรตีนก็จะหยุดลง



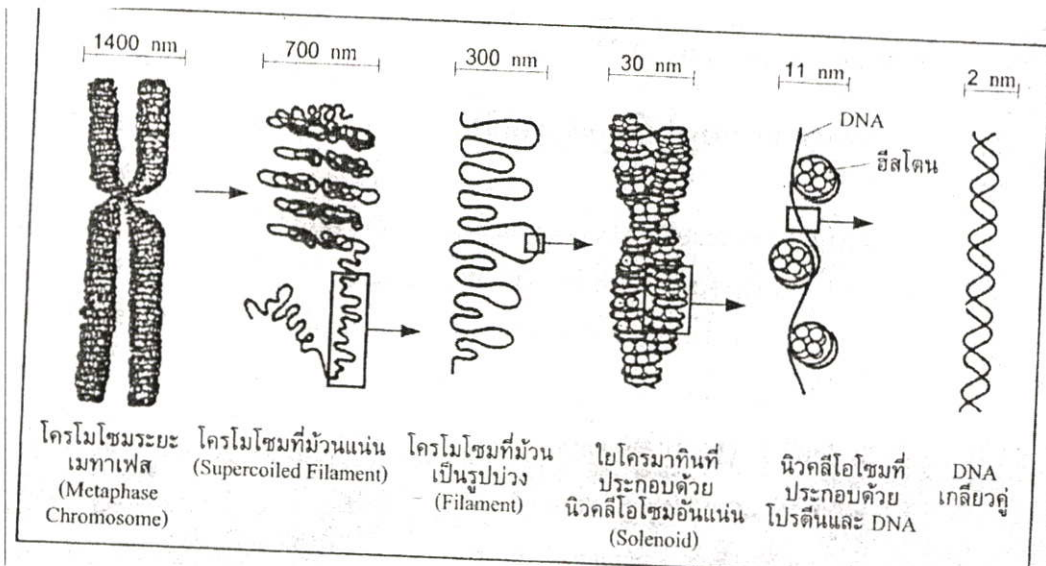
ภาพที่ ค.16 แผนภาพแสดงขั้นตอนการสังเคราะห์โปรตีน

โปรตีนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสิ่งมีชีวิต เช่น เป็นองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ ฮีโมโกลบิน เอนไซม์ ฯลฯ จากการที่ DNA ควบคุมการสร้างโปรตีน ดังนั้น DNA จึงควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมนั่นเอง



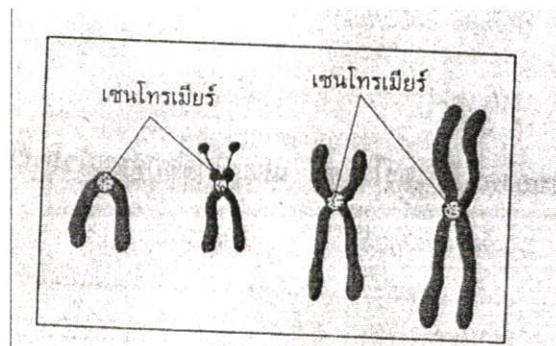
**ความผิดปกติของโครโมโซม**

สิ่งมีชีวิตจะมี DNA เกาะติดอยู่กับโปรตีน ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่คือ ฮิสโตน (Histone) เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นสายใยที่เรียกว่า “โครมาติน” (Chromatin) ซึ่งในขณะที่เซลล์กำลังแบ่งตัวเส้นใยโครมาตินจะหดสั้นเข้าจนมองเห็นเป็นแท่งสั้น ๆ หลายแท่ง เรียกว่า “โครโมโซม” (Chromosome)



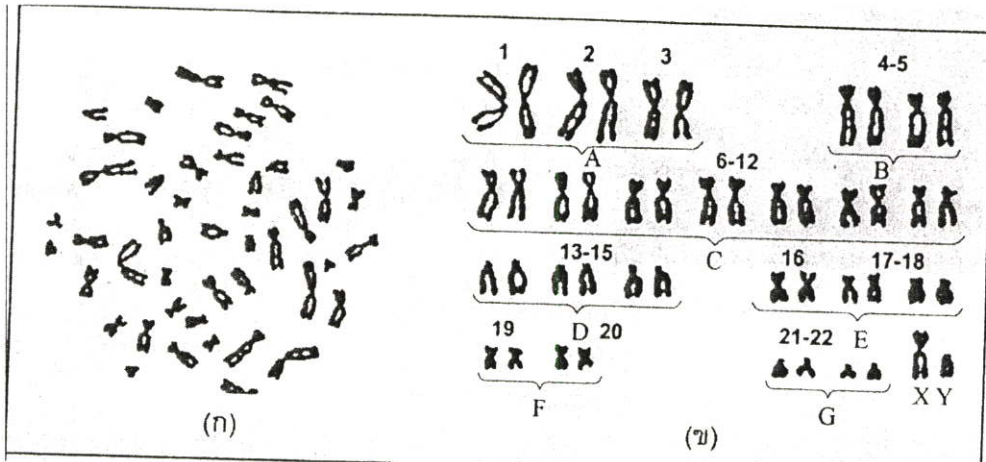
ภาพที่ ค.17 แสดง DNA และฮิสโตนที่ประกอบกันเป็นโครโมโซมของยูคาริโอต

โครโมโซมแต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 2 โครมาทิด (Chromatid) บริเวณส่วนที่ติดกันเรียกว่า เซนโทรเมียร์ (Centromere) บางโครโมโซมอาจมีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ อยู่ตรงกลางหรือก่อนไปทางปลายก็ได้



ภาพที่ ค.18 แสดงตำแหน่งของเซนโทรเมียร์บนโครโมโซมแบบต่าง ๆ

โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมคงที่ เช่น กลัวย มีโครโมโซม 22 คู่ แมวมี 76 โครโมโซม และคนมี 46 โครโมโซม เราสามารถศึกษาโครโมโซมของคนจากเซลล์ไขกระดูกหรือเซลล์เม็ดเลือดขาวโดยทำให้เซลล์แตกแล้วย้อมสีโครโมโซมแล้วส่องดูกล้องจุลทรรศน์เมื่อนำมาจัดเป็นคู่ ๆ ตามลักษณะและขนาดเรียกว่า คาริโอไทป์ (Karyotype) จะได้ 32 คู่ โดย 22 คู่จะเหมือนกันทั้งชายและหญิง เรียกว่า ออโตโซม (Autosome) ส่วนอีก 1 คู่ต่างกัน เรียกว่า โครโมโซมเพศ (Sex Chromosome) โดยเพศหญิงเป็น XX และเพศชายเป็น XY



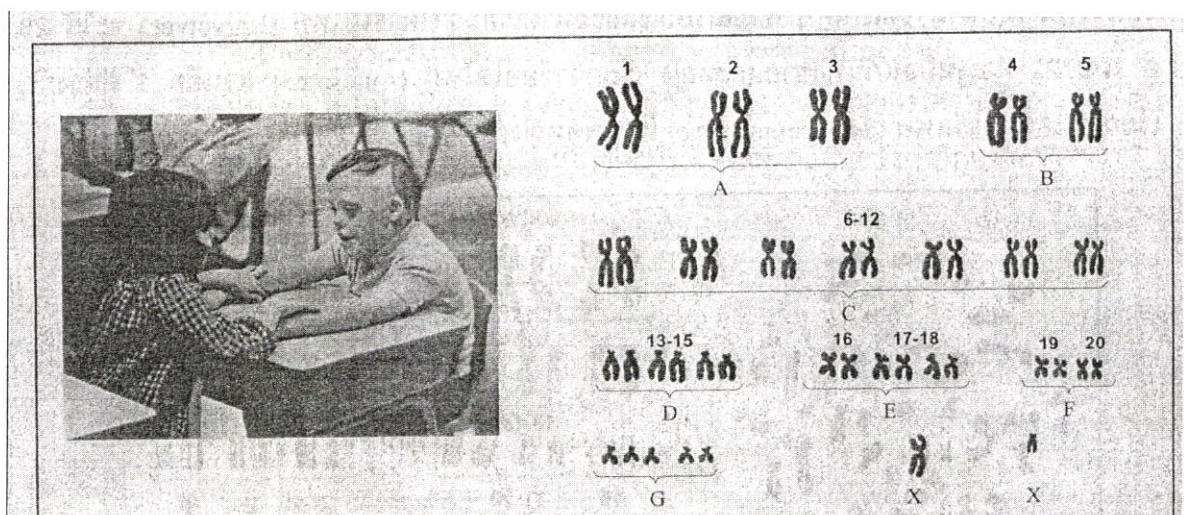
ภาพที่ ค.19 แสดงโครโมโซมเซลล์ร่างกาย 1 เซลล์ของผู้ชาย

- ก. โครโมโซมที่กระจายตัวอยู่ภายในเซลล์
- ข. โครโมโซมที่นำมาจัดเรียงเป็นคู่ โดยจำแนกตามรูปร่างลักษณะขนาด และตำแหน่งของเซนโทรเมียร์

การที่ตำแหน่งหรือหน่วยเล็ก ๆ บน DNA เรียกว่า ยีน ( Gene ) จึงทำให้บนโครโมโซมเป็นแหล่งของยีนจำนวนมากมาใช้ในการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์หรือแบ่งเซลล์ร่างกาย ความผิดพลาดย่อมเกิดขึ้นได้บ้างแม้เป็นส่วนเล็กน้อยบนโครโมโซม ก็จะมีผลต่อลักษณะทางพันธุกรรม ความผิดปกติบนโครโมโซมที่มักพบบ่อย ๆ ทำให้คนมีอาการผิดปกติได้

1. กลุ่มอาการที่เกิดจากความผิดปกติของออโตโซม ( Autosome )

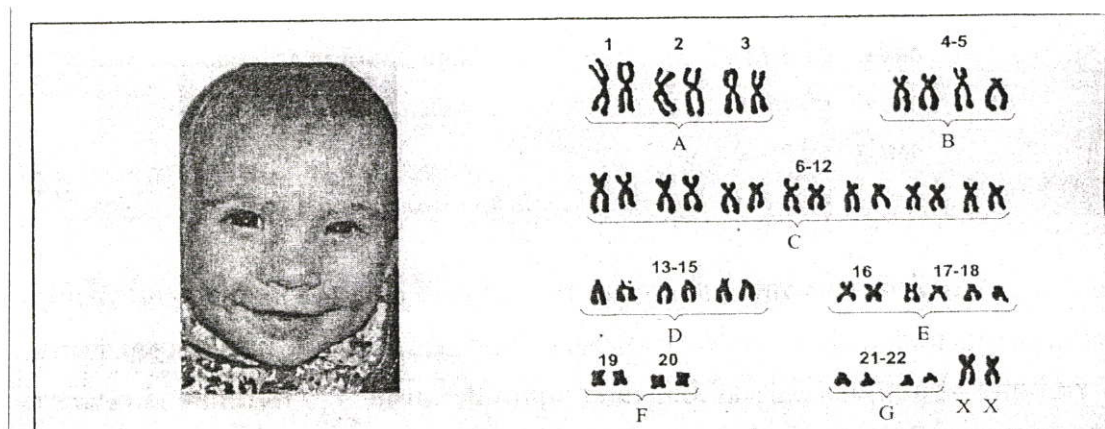
1.1 กลุ่มอาการดาวน์ ( Down's Syndrome ) เกิดจากมีโครโมโซมที่ 21 เกินมา 1 เส้น จึงทำให้มีโครโมโซมในเซลล์ร่างกายเป็น  $2n = 47$  พบประมาณ 1 ในทารก 660 คน



ภาพที่ ค.20 กลุ่มอาการดาวน์และคาริโอไทป์

อาการของคนที่เป็นกลุ่มอาการความโง่ จะมีความผิดปกติทั้งร่างกายและสติปัญญา คือ มี IQ อยู่ระหว่าง 20 – 50 สมองเล็ก ท้ายทอยแบน จมูกแฟบ นัยน์ตาห่าง หางดาซีขึ้นบน ลิ้นจุกปาก นิ้วมือสั้นป้อม เส้นลายมือขาด

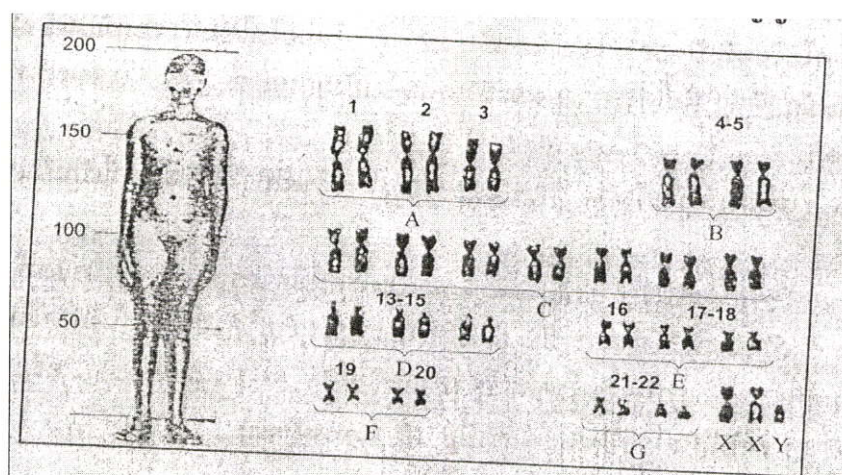
1.2 กลุ่มอาการคริดูชาต์ ( Cri – Du – Chat Syndrome หรือ Cat – Cry - Syndrome ) เกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 5 บางส่วนของแขนข้างหนึ่งขาดหายไป แต่ยังมีโครโมโซมเป็น  $2n = 46$  เหมือนคนปกติทั่วไป



ภาพที่ ค.21 เด็กที่ป่วยเป็นกลุ่มอาการคริดูชาต์เนื่องจากโครโมโซมคู่ที่ 5 เส้นหนึ่งมีบางส่วนขาดหายไปอาการ คือ หน้ากลม ปัญญาอ่อน ศีรษะเล็ก บางครั้งมีหัวใจพิการมาแต่กำเนิด ร้องไห้เสียงเหมือนแมว

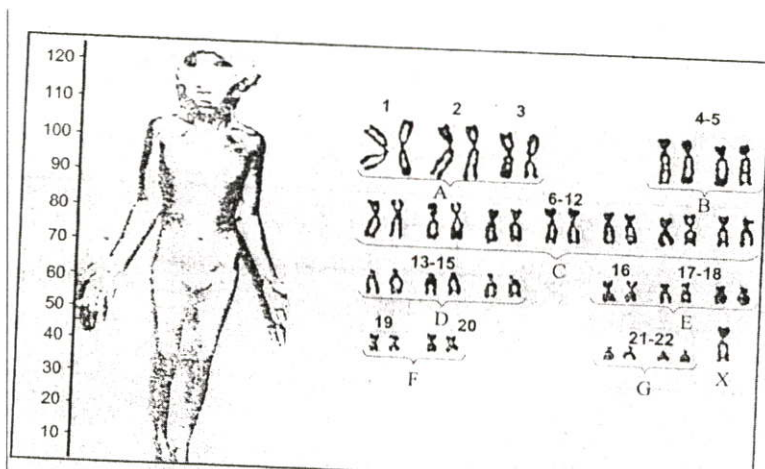
## 2. กลุ่มอาการที่เกิดจากความผิดปกติของโครโมโซมเพศ

2.1 กลุ่มอาการไคลน์เฟลเดอร์ ( Klinefelter's Syndrome ) เกิดจากโครโมโซม X เกินมา 1 โครโมโซมในเพศชาย ทำให้มีโครโมโซมเพศเป็น  $XXY$  เป็น 47 หรือ  $XXXy$  เป็น 48 โครโมโซม อาการคือ หน้าอกโตคล้ายผู้หญิง รูปร่างสูง เป็นหมันอาจมีอาการปัญญาอ่อนร่วมด้วย



ภาพที่ ค.22 กลุ่มอาการไคลน์เฟลเดอร์และคาริโอไทป์

2.2 กลุ่มอาการเทอร์เนอร์ (Turner's Syndrome) เกิดจากมีโครโมโซม x เพียง 1 โครโมโซมในเพศหญิง ทำให้มีโครโมโซมเป็น 45 โครโมโซม อาการ คือ รูปร่างเตี้ย ออกกว้าง หัวนมห่าง เต้านมเล็ก คนสั้น มีพังผืดที่คอ มดลูกเล็ก รังไข่เล็ก ไม่มีการสร้างไข่ ไม่มีประจำเดือน เป็นหมัน มักมีอาการปัญญาอ่อน



ภาพที่ ค.23 กลุ่มอาการเทอร์เนอร์และคาริโอไทป์

### โรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ลักษณะทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดไปยังลูกหลานมีจำนวนมาก ลักษณะที่ผิดปกติบางลักษณะจะถ่ายทอดไปโดยยีนบนโครโมโซม โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ โรคที่ถ่ายทอดไปโดยยีนในออโตโซม และโรคที่ถ่ายทอดไปโดยยีนในโครโมโซมเพศ

#### 1. โรคที่ถ่ายทอดโดยยีนในออโตโซม (Autosome)

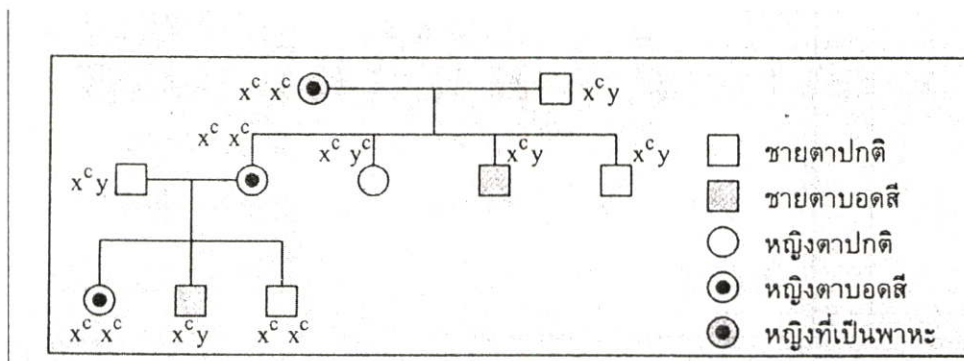
โครโมโซมที่เป็นออโตโซมในคนมี 22 คู่ ในออโตโซมแต่ละคู่มียีนจำนวนมาก ยีนบางส่วนเป็นยีนด้อยที่ทำให้เกิดโรค และจะถ่ายทอดไปยังลูกหลาย เช่น โรคมะเร็งที่เรตินา โรคทาลัสซีเมีย ฯลฯ

โรคมะเร็งที่เรตินา (Retinoblastoma) ยีนที่ทำให้เกิดโรคนี้นับเป็นยีนด้อย อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 13

โรคทาลัสซีเมีย (Thalassemia) เป็นโรคที่มีอาการโลหิตจางมาแต่กำเนิดอาจเกิดเดี่ยวหรือร่วมด้วย ถ้าเป็นมากจะมีอาการ ตับ ม้ามโต และหัวใจวายได้ ยีนที่ทำให้เกิดโรคนี้นับเป็นยีนด้อยบนโครโมโซมคู่ที่ 16 ทำให้เกิดโรคแอลฟาทาลัสซีเมีย ( $\alpha$ -Thalassemia) หรือเป็นยีนด้อยบนโครโมโซมคู่ที่ 11 ทำให้เกิดโรคบีตาทาลัสซีเมีย ( $\beta$ -Thalassemia)

## 2. โรคที่ถ่ายทอดโดยยีนในโครโมโซมเพศ

ยีนในโครโมโซมเพศ อาจเรียกว่า “ยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ” (Sex-Linked Gene) โรคในกลุ่มนี้เกิดจากยีนด้อย บน  $x$  โครโมโซมหรือ  $Y$  โครโมโซม แต่เนื่องจากโครโมโซม  $X$  มีขนาดใหญ่กว่าโครโมโซม  $Y$  จึงมีโรคที่เกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม  $X$  มากกว่า แต่ทั้งยีนด้อยบนโครโมโซม  $X$  และโครโมโซม  $X$  2 โครโมโซม ทำให้ลักษณะเด่นบน  $X$  อีกโครโมโซมสามารถข่มลักษณะด้อยไม่ให้แสดงอาการ แต่เพศหญิงอาจเป็นพาหะไปสู่ลูกชายได้ โรคที่เกิดจากยีนด้อยบนโครโมโซม  $X$  เช่น โรคฮีโมฟีเลีย (Hemophilia) โรค  $G-6-PD$  โรคตาบอดสี ฯลฯ



ภาพที่ ก. 24 ตัวอย่างแผนภาพโรคตาบอดสีของครอบครัวหนึ่ง

## การตรวจสอบ DNA ของพ่อ – แม่ – ลูก

การพิสูจน์ความเกี่ยวพันทางสายเลือดอาศัยหลักการซึ่งเกิดขึ้นบนพื้นฐานความเข้าใจในรหัส DNA ของคนมาพัฒนาสร้างลายพิมพ์ DNA ขึ้น

ลายพิมพ์ DNA เป็นลักษณะของสารพันธุกรรมเฉพาะของแต่ละบุคคลที่ไม่ซ้ำกัน คำว่าลายพิมพ์ DNA มีความหมายตรงกับศัพท์เทคนิคได้หลายคำ คือ DNA Profile , DNA Fingerprint , Genetic Profile หรือ DNA Typing

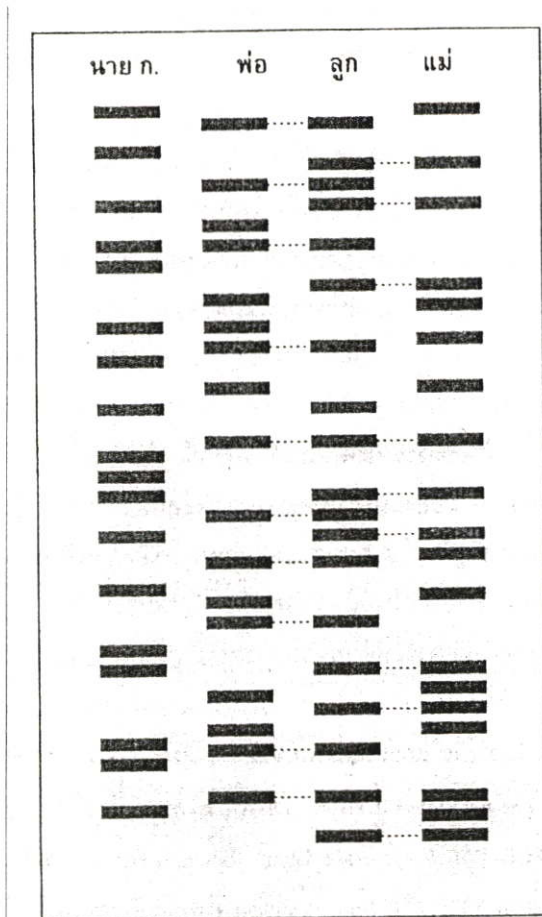
นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษและคณะได้สร้างลายพิมพ์ DNA ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2528 โดยใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรม ซึ่งอาศัยหลักการคือ ในร่างกายคนจะมีสารพันธุกรรมเป็น DNA ขนาดยาว 3 พันล้านเบสอยู่ภายในแต่ละเซลล์ ประมาณ 10 % ของ DNA ทำหน้าที่เป็นยีน ซึ่งคนเราจะมียีนอยู่ประมาณ 50,000 – 100,000 ยีนส่วนที่เหลือนั้นบางส่วนที่มีการเรียงลำดับเบสในลักษณะพิเศษ คือ มีการเรียงตัวแบบซ้ำ ๆ กันอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ซ้ำ 2 ครั้งจนถึงบางชุดอาจซ้ำกันได้ถึงพันครั้งแต่ละบุคคลก็จะมีจำนวนซ้ำแตกต่างกัน ลักษณะของ DNA แบบนี้เรียกว่า Variation Number of Tandem Repeat ( VNTR ) ตัวอย่างของลำดับเบสแบบซ้ำนี้ เช่น ( GATA )<sub>n</sub> โดยที่ n คือจำนวนครั้ง ของการซ้ำและเป็นค่าที่จำเพาะของแต่ละบุคคล ความแตกต่างกันในจำนวน n ของ VNTR ที่

พบในแต่ละบุคคลเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความหลากหลายของลายพิมพ์ DNA ( Polymorphism ) ขึ้น เมื่อทำการตัด DNA ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะที่เหมาะสมจะทำให้เกิดแบบแผนของ DNA ที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยตัวตรวจสอบ ( DNA Probe ) ที่มีลักษณะเป็นลำดับเบสซ้ำ ๆ หรือ VNTR นั่นเอง ผลการตรวจจะได้ลายพิมพ์ DNA ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบคล้าย Bar Code ที่เป็นรหัสสินค้าในซูเปอร์มาร์เก็ต และแต่ละคนก็จะมีลายพิมพ์ DNA ที่จำเพาะตัว

ปัจจุบันนี้การตรวจวิเคราะห์ลายพิมพ์ DNA ที่ให้ผลดีที่สุดได้จากการศึกษาโดยวิธี PCA Base STR Analysis ( PCR หรือ Polymerase Chain Reaction คือ ปฏิกริยาลูกโซ่ในการเพิ่มปริมาณ DNA ในหลอดทดลอง ส่วน STR หรือ Short Tandem Repeat คือ ท่อนของ DNA ที่มีจำนวนชุดของการซ้ำ ๆ กันได้หลายแบบ ) หรือการวิเคราะห์ลายพิมพ์ DNA จากการทำปฏิกริยาเพิ่มปริมาณ DNA ตรงบริเวณที่มีท่อ DNA ซ้ำ ๆ กัน ในช่วงสั้น ๆ ประมาณ 2-7 Base หลายชุด

ขั้นตอนในการตรวจลายพิมพ์ DNA มีดังนี้

1. เก็บตัวอย่างสิ่งตรวจสอบ เช่น เลือดอย่างน้อย 200 ไมโครลิตร ( ประมาณ 4 หยด )  
เซลล์ปลายรากผม 3-4 ราก คราบเลือด คราบอสุจิ
2. สกัด DNA จากสิ่งตรวจสอบโดยวิธีการทางชีวเคมี
3. ทำการเพิ่มปริมาณ DNA ในหลอดทดลอง โดยปฏิกริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส ( PCR=Polymerase Chain Reaction )
4. แยกขนาดของ DNA ที่ได้ด้วยกระแสไฟฟ้า ( Electrophoresis )
5. วิเคราะห์ผล ( ซึ่งจะได้เป็นแถบของ DNA ที่มีลักษณะเฉพาะในแต่ละบุคคล )



ภาพที่ ก.25 แสดงลายพิมพ์ดีเอ็นเอที่ใช้ตรวจความเป็น พ่อ - แม่ - ลูก

### ประโยชน์ของการตรวจลายพิมพ์ DNA

1. ใช้พิสูจน์ความเป็น พ่อ - แม่ - ลูก เนื่องจากลูกจะได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากทั้งพ่อและแม่ จึงสามารถบอกได้ว่าลูกที่ต้องการพิสูจน์นั้นเป็นลูกของพ่อและแม่จริงหรือไม่
2. ใช้พิสูจน์หลักฐานทางนิติเวช สามารถตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมของพยานวัตถุได้ เช่น กระโหลกศีรษะ ชันเนื้อ กราบเลือด กราบอสุจิ กระดูก เส้นผม เป็นต้น
3. ใช้ในการรักษาทางการแพทย์ เช่น ติดตามผลของการปลูกถ่ายไขกระดูกของผู้ป่วยโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาว ( Leukemia ) ได้ทำให้ทราบถึงสถานะปัจจุบันว่าผู้ป่วยมีไขกระดูกของผู้ให้ ( Donor ) อยู่ในตัวของผู้ป่วยหรือไม่
4. ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโครโมโซมเพศก่อนคลอด สามารถบอกเพศของทารกที่อยู่ในครรภ์มารดาได้เพื่อประโยชน์ในการคัดกรองผู้ป่วยที่มีโอกาสเป็นโรคทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับ X - Linked Gene ได้

การศึกษาลายพิมพ์ DNA ในประเทศไทยเริ่มในปี พ.ศ. 2529 โดยคณะอาจารย์ในภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หลังจากนั้นเป็นต้นมาได้มีผู้รู้จักการศึกษาลายพิมพ์

DNA มากขึ้น จนกระทั่งในปัจจุบันมีการเปิดให้บริการตรวจสอบลายพิมพ์ DNA ได้ เมื่อประมาณ พ.ศ. 2540 ดังนั้น การตรวจสอบลายพิมพ์ DNA จึงเป็นมิติใหม่ของการแพทย์ในประเทศไทย ในการศึกษาลักษณะเฉพาะของสารพันธุกรรมของแต่ละบุคคลได้อย่างแม่นยำ ชัดเจน และถูกต้อง อีกทั้งยังเป็นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ในการตรวจวิเคราะห์หลักฐานสำคัญทางนิติเวชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### สรุปท้ายหน่วย

1. พันธุกรรม เป็นการถ่ายทอดลักษณะทางชีวภาพทั้งหมดของพ่อและแม่ และบรรพบุรุษไปยังลูกหลาน โดยผ่านกระบวนการทางชีววิทยา
2. กฎของเมนเดลสรุปได้ว่า ( 1 ) เมื่อมีการสร้าง Gamete จำนวน Gene ลดลงครึ่งหนึ่ง และเมื่อเกิดผสมพันธุ์ มีการรวมตัวของ Gene โดย Gene เด่นจะข่ม Gene ค่อย และถ้าให้ รุ่น  $F_1$  ผสมกันเอง ลักษณะที่หายไปในเรื่อง  $F_2$  ( 2 ) การถ่ายทอดลักษณะหนึ่งลักษณะใดของสิ่งมีชีวิตจะถูกควบคุมโดย Gene ( 3 ) ได้เมล็ดสีเหลือง : เมล็ดสีเขียว = 3 : 1
3. DNA เป็นสารพันธุกรรมซึ่งเป็นโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของยีนส์และโครโมโซม ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นพ่อแม่ไปยังรุ่นลูกและหลานต่อไป โดยผ่านกระบวนการทางชีวเคมี
4. โครโมโซมเพศหญิงสัญลักษณ์ XX โครโมโซมเพศชายสัญลักษณ์ XY
5. ความผิดปกติของโครโมโซมเกิดจาก ( 1 ) ความผิดปกติของออโตโซม ( 2 ) ความผิดปกติของโครโมโซมเพศ

## ภาคผนวก ง

### แบบทดสอบ

- แบบทดสอบย่อย ( แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน )
- เฉลยแบบทดสอบย่อย ( แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน )
- แบบทดสอบหลังเรียน
- เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

## แบบทดสอบระหว่างเรียน

คำชี้แจง : ข้อสอบมีทั้งหมด 2 ตอน จำนวน 20 ข้อ

ตอนที่ 1 แบบทดสอบระหว่างเรียนหน่วยที่ 1-3 จำนวน 10 ข้อ

ตอนที่ 2 แบบทดสอบระหว่างเรียนหน่วยที่ 4-6 จำนวน 10 ข้อ

ตอนที่ 1 แบบทดสอบระหว่างเรียนหน่วยที่ 1-3 จำนวน 10 ข้อ

1. ใครเป็นบิดาแห่งพันธุกรรม

- ก. ชาร์ลส์ ดาร์วิน
- ข. ลามาร์ก
- ค. เกรเกอร์ เมนเดล
- ง. ลานีเยส

2. ข้อใดไม่ใช่เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม

- ก. สายตา
- ข. คิงहु
- ค. สีตา
- ง. สีผิว

3. สมมติว่าลักษณะคั่นสูงและคั่นเตี้ยของพืชตระกูลถั่ว มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นตามทฤษฎีของเมนเดล นักเรียนจะพิสูจน์ให้ง่ายที่สุดว่าพืชคั่นสูงที่ท่านพบ เป็นพันธุ์สูงหรือไม่โดยวิธีใด

- ก. หาคั่นเตี้ยมาผสม
- ข. หาพันธุ์สูงแท้มาผสม
- ค. หาพันธุ์สูงเทียมมาผสม
- ง. นำเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียของคั่นเตี้ยกันมาผสมกันเอง

4. การผสมพันธุ์พืช เพื่อศึกษาลักษณะเด่นและลักษณะด้อย พบว่าในรุ่นหลาน ( $F_2$ ) ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์กันของรุ่นลูก ( $F_1$ ) เราจะพบลักษณะด้อยในกรณีใด
- พ่อเป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้ แม่เป็นพันทาง
  - พ่อเป็นพันทาง แม่เป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้
  - พ่อเป็นลักษณะด้อยพันธุ์แท้ แม่เป็นพันทาง
  - พ่อเป็นลักษณะด้อยพันธุ์แท้ แม่เป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้
5. ลักษณะกรรมพันธุ์ที่ถูกถ่ายทอดไปตามไซโตพลาสซึมแทนที่จะเป็นนิวเคลียส ลูกจะมีลักษณะดังกล่าวเหมือน
- พ่อ
  - แม่
  - ทั้งพ่อและแม่
  - ไม่เหมือนพ่อแม่
6. ข้อใดเป็นความหมายของ จีโนไทป์ (genotype)
- ยีนเด่นที่เข้ามาเข้าคู่กันและแสดงลักษณะเด่นออกมา
  - เซลล์ผสมระหว่างเซลล์สุจิในเพศผู้กับเซลล์ไข่ในเพศเมีย
  - แบบของยีนที่อยู่กันเป็นคู่ๆ ในสภาพโฮโมไซกัสหรือเฮเทอโรไซกัสก็ได้
  - ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏออกมาให้เห็น ซึ่งเกิดขึ้นจากผลของการควบคุมของยีน
7. ในหนูตะเภา ยีนที่นำลักษณะขนสีดำเป็นยีนเด่น (B) และยีนที่ทำให้ขนสีขาวเป็นยีนด้อย (b) จากการผสมพันธุ์หนูตะเภา โดยใช้พ่อแม่ที่มีขนสีดำทั้งคู่ ได้ลูกที่มีขนสีดำ 4 ตัว และขนสีขาว 1 ตัว จีโนไทป์ของพ่อ-แม่ หนูตะเภาเป็นดังข้อใด
- BB × BB
  - Bb × BB
  - BB × bb
  - Bb × Bb

8. พ่อมีลักษณะมมหยิกแต่งงานกับแม่ที่มีมมหยิกมีลูกคนแรกมมตรง โดยกำหนดให้ ยีนส์ที่แสดงมมหยิกแทนด้วย A มมตรงแทนด้วย a ข้อใดคือจีโนไทป์ของพ่อแม่
- AA × AA
  - AA × Aa
  - Aa × Aa
  - Aa × aa
9. ในคนลักษณะตาที่น้ำตาลข่มตาสีน้ำเงิน ชายคนหนึ่งตาสีน้ำเงินแต่งงานอยู่กับหญิงตาสีน้ำตาล และให้กำเนิดลูกคนแรกมีตาสีน้ำเงิน จงหาโอกาสที่จะได้ลูกคนที่สองมีตาสีน้ำตาล
- 100 %
  - 50 %
  - 25 %
  - 0 %
10. ในการผสมพันธุ์แมวขนสีดำลักษณะเด่นพันธุ์แท้ กับแมวขนสีขาวลักษณะด้อย ลูกในรุ่น ( $F_1$ ) จะมีขนสีอะไร
- สีขาวพันธุ์แท้
  - สีดำพันทาง
  - สีเทาพันธุ์แท้
  - สีขาวจุดดำพันทาง

ตอนที่ 2 แบบทดสอบระหว่างเรียนหน่วยที่ 4-6 จำนวน 10 ข้อ

1. ลักษณะใดไม่เกี่ยวข้องกับลักษณะพันธุกรรม
  - ก. ลักษณะอ้วน เตี้ย
  - ข. ผิวสีดําแดง ฟันหน้ายื่น
  - ค. ฟันน้องฝาแฝดมีเลือดคนละกลุ่ม
  - ง. ผิวเปลี่ยนจากขาวเป็นดําแดง หลังจากฝึกภาคทางทะเล
  
2. ลักษณะใดต่อไปนี้ไม่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
  - ก. ความรู้
  - ข. รูปของปาก
  - ค. ลักษณะคิงहु
  - ง. ความฉลาดหรือสติปัญญา
  
3. อะไรที่เกิดจากการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์เท่านั้น
  - ก. สีตา
  - ข. สีผิว
  - ค. ความสูง
  - ง. โรคเบาหวาน
  
4. ลักษณะผมเหยียดตรงเป็นลักษณะด้อยซึ่งอยู่บนโครโมโซม X ของผู้ชายทุกคน ถ้าผู้หญิงมีลักษณะผมหยิกซึ่งเป็นลักษณะเด่นแท้แต่งงาน ผู้ใดจะมีโอกาสมีลักษณะผมเหยียดตรง
  - ก. หลานชาย
  - ข. หลานสาว
  - ค. ลูกชาย
  - ง. ลูกสาว
  
5. ยีนที่เป็นคู่กันมีลักษณะอย่างไร
  - ก. ยีนที่เรียงตัวติดกันบนโครโมโซม
  - ข. ยีนที่อยู่ในโครโมโซมแท่งเดียวกัน
  - ค. ยีนที่มีชนิดและลำดับเบสเหมือนกัน
  - ง. ยีนที่ในตำแหน่งเดียวกันในโครโมโซมที่เป็นคู่กัน

6. ข้อใดเป็นสัญลักษณ์แทนโครโมโซมเพศชาย

- ก. X
- ข. Y
- ค. XX
- ง. XY

7. ข้อใดคือสาเหตุของการเกิดอาการดาวน์ Down'S Syndrome

- ก. โครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง
- ข. โครโมโซมคู่ที่ 19 เกินมา 1 แท่ง
- ค. โครโมโซมคู่ที่ 21 ขาดไป 1 แท่ง
- ง. โครโมโซมคู่ที่ 19 ขาดไป 1 แท่ง

8. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับฝาแฝดไม่ถูกต้อง

- ก. ฝาแฝดเหมือนจะมีเพศเดียวกัน
- ข. ฝาแฝดเหมือนจะมีอวัยวะบางส่วนติดกันได้
- ค. ฝาแฝดคล้ายจะมีรูปร่างลักษณะที่เหมือนกันทุกอย่าง
- ง. ฝาแฝดคล้ายจะมีเพศเหมือนกันหรือไม่เหมือนกันก็ได้

9. ข้อใดกล่าวถึงยีน ( gene ) ไม่ ถูกต้อง

- ก. มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม
- ข. ลักษณะของยีนถูกกระตุ้นให้เกิดการแปรผันได้
- ค. แต่ละลักษณะของสิ่งมีชีวิต ถูกควบคุมโดยยีนเพียงยีนเดียวเท่านั้น
- ง. การแสดงแต่ละลักษณะของสิ่งมีชีวิตมักควบคุมโดยยีน อย่างน้อย 2 อัลลีล

10. ถ้าพ่อมีหมู่เลือด A แม่มีหมู่เลือด B ลูก ๆ ที่เกิดอาจมีหมู่เลือดใด

- ก. A
- ข. A หรือ B
- ค. A , B หรือ AB
- ง. A , B , AB หรือ O

เฉลยแบบทดสอบระหว่างเรียน

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1.	ก	11.	ง
2.	ก	12.	ข
3.	ก	13.	ก
4.	ง	14.	ข
5.	ข	15.	ง
6.	ก	16.	ง
7.	ง	17.	ก
8.	ก	18.	ง
9.	ข	19.	ก
10.	ง	20.	ง

## แบบทดสอบหลังเรียน

### คำแนะนำ

1. ข้อสอบมีทั้งหมด 30 ข้อ ให้ทำทุกข้อ
  2. ให้กากบาท ( X ) ข้อที่คิดว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวลงในกระดาษคำตอบ
- 

1. ใครเป็นบิดาแห่งพันธุกรรม
  - ก. ชาร์ลส์ ดาร์วิน
  - ข. ลามาร์ก
  - ค. เกรเกอร์ เมนเดล
  - ง. ลานีเยส
  
2. ข้อใดไม่ใช่เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม
  - ก. สายตา
  - ข. ดั้งหู
  - ค. สีตา
  - ง. สีผิว
  
3. อาชีพใดที่ได้ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุศาสตร์มากที่สุด
  - ก. กหกรรม
  - ข. เกษตรกรรม
  - ค. อุตสาหกรรม
  - ง. พาณิชยกรรม
  
4. ถ้าลักษณะต้นสูงและต้นเตี้ยของพืชตระกูลถั่ว มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นไปตามทฤษฎีของเมนเดลท่านจะพิสูจน์ให้ง่ายที่สุดว่าพืชต้นสูงที่ท่านพบ เป็นพันธุ์สูงหรือไม่โดยวิธีใด
  - ก. หาด้านเดียวมาผสม
  - ข. หาพันธุ์สูงเทียมมาผสม
  - ค. หาพันธุ์สูงแท้มาผสม
  - ง. นำเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียของต้นเดียวกันมาผสมกันเอง

5. การผสมพันธุ์พืช เพื่อศึกษาลักษณะเด่นและลักษณะด้อย พบว่าในรุ่นหลาน ( $F_2$ ) ซึ่งเกิดจากการผสมพันธุ์กันของรุ่นลูก ( $F_1$ ) สามารถพบลักษณะด้อยในกรณีใดบ้าง

- ก. พ่อเป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้ แม่เป็นพันทาง
- ข. พ่อเป็นพันทาง แม่เป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้
- ค. พ่อเป็นลักษณะด้อยพันธุ์แท้ แม่เป็นพันทาง
- ง. พ่อเป็นลักษณะด้อยพันธุ์แท้ แม่เป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้

6. ลักษณะใดเป็นความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous Variation)

- ก. การมีลักข้ม , การมีหนังตาชั้นเดียว
- ข. การเวียนของขวัญ, การมีผิวเผือก
- ค. ความสูงของคน, ปริมาณการให้นมของวัว
- ง. พันธุกรรมหมู่เลือด , ความสามารถในการห่อลิ้น

7. กำหนดให้ A คือ ลักษณะสูง a คือ ลักษณะเตี้ย  
B คือ ผิวดำ b คือ ผิวขาว

ข้อใดคือจีโนไทป์ของการผสมระหว่างลักษณะสูงผิวดำพันธุ์แท้กับลักษณะสูงผิวขาวพันธุ์แท้

- ก. AABB
- ข. AaBb
- ค. AABb
- ง. AaBB

8. ในข้าวโพดลักษณะพรวงกลอโรฟิลล์ (ลักษณะเผือก) ควบคุมโดยยีน a ในการผสมข้าวโพดที่มีสภาพเฮเทอโรไซกัสสำหรับยีนนี้ทั้งคู่แล้วเก็บเมล็ดมาได้จำนวน 500 เมล็ด เมื่อนำไปปลูก คาดว่าจะได้ต้นที่มีลักษณะเผือกและปกติที่เป็นพันธุ์แท้อย่างละกี่ต้น

- ก. 125 : 125
- ข. 125 : 250
- ค. 125 : 375
- ง. 375 : 125

9. ชายตาสีน้ำตาล แต่งงานกับหญิงที่มีตาสีน้ำตาลเช่นเดียวกัน มีลูกคนแรกตาสีฟ้า ยีนที่แสดงลักษณะตาสีน้ำตาลแทนด้วยยีน B และตาสีฟ้าแทนด้วยยีน b ข้อใดเป็นจีโนไทป์ของพ่อแม่คู่นี้
- BB × BB
  - BB × Bb
  - Bb × Bb
  - Bb × bb
10. ในคนลักษณะตาที่น้ำตาลข่มตาสีน้ำเงิน ชายคนหนึ่งตาสีน้ำเงินแต่งงานอยู่กับหญิงตาสีน้ำตาลและให้กำเนิดลูกคนแรกมีตาสีน้ำเงิน จงหาโอกาสที่จะได้ลูกคนที่สองมีตาสีน้ำตาล
- 100 %
  - 50 %
  - 25 %
  - 0 %
11. โรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบ มักเกิดในเพศชายมากกว่าเพศหญิง ถ้าชายคนหนึ่งเป็นโรสดังกล่าว แต่งานกับหญิง ปกติ แต่เป็นพาหะสำหรับโรคชนิดนี้ โอกาสจะมีลูกหญิงเป็นโรคกล้ามเนื้อแขนขาลีบก็เปอร์เซ็นต์
- 100 %
  - 50 %
  - 25 %
  - 0 %
12. ข้อใดเป็นลักษณะทางพันธุกรรม (ความเข้าใจ)
- หูกาง
  - โรคเอ็ดส์
  - ตา 2 ชั้น โดยการทําคัลยกรรม
  - กล้ามเนื้อน่องใหญ่ของคนถีบสามล้อรับจ้าง

13. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม

- ก. โรคซาส์
- ข. โรคฮันดิงตัน
- ค. โรคโลหิตจาง
- ง. โรคฮีโมฟีเลีย

14. อาการที่แสดงออกของโรคฮีโมฟีเลียคือข้อใด

- ก. ร่างกายมีเมือกที่ข้นและเหนียวจำนวนมากในปอด
- ข. เลือดไหลไม่หยุด ทำให้เสียเลือดมากและมีโอกาสเสียชีวิตได้
- ค. เซลล์เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างแปลกๆ ทำให้น้ำแก๊สออกซิเจนได้น้อยลง
- ง. เมื่อมีอายุประมาณ 30-40 ปี จะมีอาการกระดูกอาการหงุดหงิดและกดดัน และจะรุนแรงมากขึ้น

15. ลักษณะใดไม่เกี่ยวข้องกับลักษณะพันธุกรรม

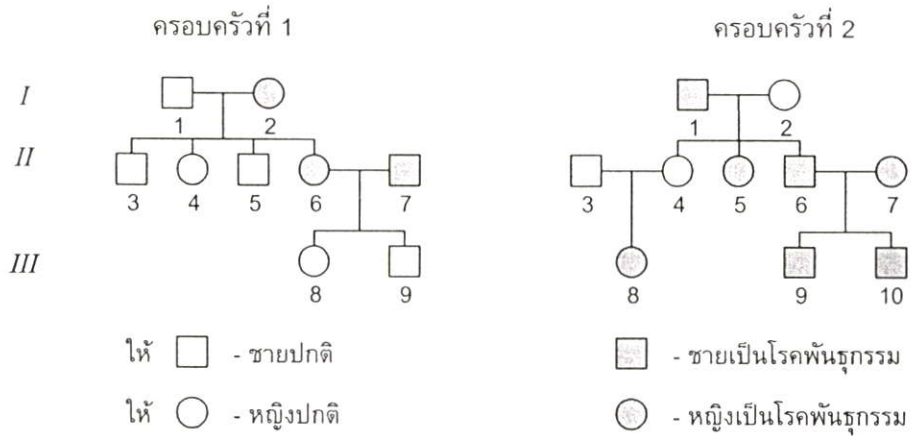
- ก. ลักษณะอ้วน เตี้ย
- ข. ผิวสีดําแดง ฟันหน้ายื่น
- ค. ฟันน้องฝาแฝดมีเลือดคนละกลุ่ม
- ง. ผิวเปลี่ยนจากขาวเป็นดําแดง หลังจากฝึกภาคทางทะเล

16. ถ้าโรคตาบอดสีเป็นลักษณะด้อยอยู่บน โครโมโซม X หญิงที่เป็นพาหะของโรคนี้แต่งงานกับชายที่เป็นโรคนี้ออกาสจะได้ลูกเป็นอย่างไร

- ก. ลูกสาวลูกชายตาบอดสีทุกคน
- ข. ลูกชายตาปกติทุกคน ลูกสาวตาบอดสีทุกคน
- ค. ลูกสาวตาบอดสีทุกคน ลูกชายตาปกติ 1 คน ตาบอดสี 1 คน
- ง. ลูกสาวลูกชายตาปกติ และลูกสาว ลูกชายตาบอดสีมีจำนวนเท่ากัน

17. จากแผนภาพโรคพันธุกรรม ก และโรคพันธุกรรม ข มีการถ่ายทอดในครอบครัวที่ 1 และครอบครัวที่ 2

ตามลำดับดังแสดงในแผนภาพ ยีนที่ทำให้เกิดโรค ก และ โรค ข มีลักษณะอย่างไร



- ก. เป็นยีนเด่นทั้งคู่
- ข. เป็นยีนด้อยทั้งคู่
- ค. โรคพันธุกรรม ก นำโดยยีนเด่น ส่วนโรคพันธุกรรม ข นำโดยยีนด้อย
- ง. โรคพันธุกรรม ก นำโดยยีนด้อย ส่วนโรคพันธุกรรม ข นำโดยยีนเด่น

18. กำหนดให้พ่อปกติและแม่เป็นพาหะนำโรคฮีโมฟีเลีย โอกาสลูกที่เกิดมาจะเป็นโรคฮีโมฟีเลีย ร้อยละเท่าใด

- ก. เพศหญิง ร้อยละ 25
- ข. เพศชาย ร้อยละ 25
- ค. เพศหญิง ร้อยละ 50
- ง. เพศชาย ร้อยละ 50

19. หน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดทางชีววิทยาที่มีคุณสมบัติถอดแบบ (Replication) ในการถ่ายทอดแพะพันธุ์ได้คือข้อใด

- ก. Virus
- ข. Gene
- ค. Bacteria
- ง. Chromosome

20. ยีนที่เป็นคู่กันมีลักษณะอย่างไร
- ยีนที่เรียงตัวติดกันบน โครโมโซม
  - ยีนที่อยู่ในโครโมโซมแท่งเดียวกัน
  - ยีนที่มีชนิดและลำดับเบสเหมือนกัน
  - ยีนที่ในตำแหน่งเดียวกันในโครโมโซมที่เป็นคู่กัน
21. ตัวอสุจิที่ปฏิสนธิกับไข่ แล้วทำให้เกิดทารกเพศชายจะมีโครโมโซมเพศดังข้อใด
- X
  - Y
  - XX
  - XY
22. ข้อใดเป็นสัญลักษณ์แทนโครโมโซมเพศชาย
- X
  - Y
  - XX
  - XY
23. เซลล์ไข่ของคนจะมีโครโมโซมเพศเป็นอย่างไร
- XX
  - XY
  - X
  - ครึ่งหนึ่งเป็น X และอีกครึ่งหนึ่งเป็น Y
24. กลุ่มอาการดาวน์ (Down's Syndrome) เป็นตัวอย่างหนึ่งของการเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต เกิดจากสาเหตุใด
- โครโมโซมแห่วงปลาย
  - โครโมโซมเกินมา 1 แท่ง
  - โครโมโซมขาดหายไป 1 แท่ง
  - โครโมโซมมีความยาวกว่าปกติ

25. ในเด็กผู้หญิงมีโครโมโซมร่างกายกี่คู่และเป็นโครโมโซมเพศกี่คู่มีลักษณะอย่างไร
- โครโมโซมร่างกาย 22 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่ XY
  - โครโมโซมร่างกาย 23 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่ XY
  - โครโมโซมร่างกาย 22 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่ XX
  - โครโมโซมร่างกาย 23 คู่ โครโมโซมเพศ 1 คู่ XX
26. ไนอินประกอบด้วยธาตุอาหารใด
- ไขมัน
  - โปรตีน
  - คาร์โบไฮเดรต
  - วิตามินและเกลือแร่
27. ข้อใดกล่าวเกี่ยวกับฝาแฝดไม่ถูกต้อง
- ฝาแฝดเหมือนจะมีเพศเดียวกัน
  - ฝาแฝดเหมือนจะมีอวัยวะบางส่วนติดกันได้
  - ฝาแฝดคล้ายจะมีรูปร่างลักษณะที่เหมือนกันทุกอย่าง
  - ฝาแฝดคล้ายจะมีเพศเหมือนกันหรือไม่เหมือนกันก็ได้
28. ถ้าพ่อมีหมู่เลือด A แม่มีหมู่เลือด B ลูก ๆ ที่เกิดอาจมีหมู่เลือดดังนี้
- A
  - A หรือ B
  - A , B หรือ AB
  - A , B , AB หรือ O
29. สิ่งที่ทำให้เกิดมิวเตชันในสิ่งมีชีวิต เรียกว่า
- Mutagen
  - Detergen
  - Hydrogen
  - Derma-gen

30. ข้อใดที่เป็นตัวอย่างของมิวเตชันทำให้เกิดพันธุ์ใหม่
- ก. ข้าวเหนียวพันธุ์ กข.26
  - ข. ข้าวขาวมะลิ 106
  - ค. พุททาลที่ดอกสีขาวตอนเช้า สีชมพูตอนสาย
  - ง. เป็นได้ทุกข้อ

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

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

ภาคผนวก จ

แบบประเมินบทเรียน

**แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( ด้านเนื้อหา )**  
**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม**

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2. การแบ่งเนื้อหา มีความเหมาะสมกับเวลา					
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา					
4. ความถูกต้องของเนื้อหา					
5. เนื้อหา มีระดับความยากง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน					
6. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
7. ความถูกต้องของภาพที่ใช้					
8. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา					
9. ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในการสื่อความหมาย					
10. แบบฝึกหัด ทบทวน มีความเหมาะสม					
11. แบบทดสอบ มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้					
12. บทเรียน มีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
รวม					

จุดเด่นของบทเรียน

.....  
 .....

ข้อควรได้รับการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
 (.....)  
 ตำแหน่ง.....  
 วันที่...../...../.....

**แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ )**  
**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม**

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. การวางรูปแบบของหน้าจอ					
2. ความเหมาะสมของภาพหน้าจอนำเข้าสู่บทเรียน					
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
5. ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง					
6. ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละเรื่อง					
7. ความเหมาะสมของสีและความชัดเจนของภาพกราฟิก					
8. ความเหมาะสมของสีและความชัดเจนของภาพเคลื่อนไหว					
9. ความเหมาะสมของการจัดวางภาพในแต่ละกรอบ					
10. ความเหมาะสมของเสียงบรรยาย					
11. ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ					
12. การควบคุมบทเรียนทำได้ง่ายและสะดวก					
13. ความเหมาะสมของการให้ข้อมูลย้อนกลับและการเสริมแรง					
14. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
15. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้บทเรียน					

จุดเด่นของบทเรียน

.....

.....

.....

ข้อควรได้รับการแก้ไข

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่...../...../.....

## ภาคผนวก ฉ

### การคำนวณค่าสถิติ

- หาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC)
- การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ
- การหาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (P)
- การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)
- การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20)
- การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร t-test
- การหาค่าประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ( $E_1 : E_2$ )
- การหาค่าความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง
- การหาค่า t (Independent Samples)

ตารางที่ ๑1 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม  
ของ

แบบทดสอบจำนวน 60 ข้อ จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ( N ) จำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็น			คะแนน รวม( R )	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
2	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
5	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
6	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
8	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
12	1	1	0	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
14	0	1	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
18	0	0	1	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
19	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
20	1	1	0	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
25	1	1	0	2	0.66	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ตารางที่ ๑1 ( ต่อ )

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็น			คะแนน รวม( R )	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
26	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
27	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
29	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
30	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
31	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
32	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
33	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
34	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
35	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
36	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
37	1	1	0	1	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
38	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
39	0	1	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
40	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
41	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
42	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
43	0	1	1	1	0.66	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
44	1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
45	1	1	0	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
46	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
47	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
48	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
49	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
50	1	1	0	1	0.66	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ตารางที่ ๑1 ( ต่อ )

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็น			คะแนน รวม( R )	$IOC = \frac{\sum R}{N}$	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
51	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
52	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
53	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
54	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
55	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
56	1	0	1	2	0.67	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
57	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
58	0	1	0	1	0.33	ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
59	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
60	1	1	1	3	1.00	สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

จากตารางที่ ๑1 ข้อคำถามในข้อ 5, 8, 18, 19, 30, 31, 44, 46 และ 58 ของแบบทดสอบไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยจะไม่นำไปใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ ๑๒ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อสอบ ความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและคุณภาพของ  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผลการวิเคราะห์ข้อสอบ		คุณภาพแบบทดสอบ	
	ค่า $p$	ค่า $r$	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
1	0.73	0.40	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
2	0.73	0.40	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
3	0.63	0.47	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
4	0.60	0.40	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
5	0.50	0.47	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
6	0.70	0.33	ค่อนข้างง่าย	ดีพอสมควร
7	0.67	0.53	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
8	0.70	0.33	ค่อนข้างง่าย	ดีพอสมควร
9	0.63	0.47	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
10	0.50	0.47	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
11	0.47	0.40	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
12	0.63	0.33	ค่อนข้างง่าย	ดีพอสมควร
13	0.73	0.53	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
14	0.60	0.40	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
15	0.43	0.60	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
16	0.67	0.53	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
17	0.30	0.47	ค่อนข้างยาก	ดีมาก
18	0.57	0.47	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
19	0.73	0.40	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
20	0.37	0.33	ค่อนข้างยาก	ดีพอสมควร
21	0.57	0.47	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
22	0.70	0.47	ค่อนข้างง่าย	ดีมาก
23	0.43	0.33	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีพอสมควร
24	0.40	0.53	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
25	0.30	0.33	ค่อนข้างยาก	ดีพอสมควร

ตารางที่ ๑๒ (ต่อ)

ข้อที่	ผลการวิเคราะห์ข้อสอบ		คุณภาพแบบทดสอบ	
	ค่า $p$	ค่า $r$	ความยากง่าย	อำนาจจำแนก
26	0.40	0.40	ยาก-ง่ายพอเหมาะ	ดีมาก
27	0.27	0.40	ค่อนข้างยาก	ดีมาก
28	0.27	0.40	ค่อนข้างยาก	ดีมาก
29	0.30	0.47	ค่อนข้างยาก	ดีมาก
30	0.27	0.40	ค่อนข้างยาก	ดีมาก

จากตารางที่ ๑๒ พบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพที่เหมาะสม โดยมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.73 ซึ่งมีคุณภาพแบบทดสอบค่อนข้างง่ายถึงค่อนข้างยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพที่เหมาะสม โดยมีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.60 ซึ่งมีคุณภาพของแบบทดสอบดีพอสมควรถึงดีมาก

ตารางที่ ๑๓ แสดงค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ จากการคัดเลือกเพื่อ  
เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อ ที่	คะแนนกลุ่มเก่ง ตอบถูก( $R_u$ )	คะแนนกลุ่มอ่อน ตอบถูก( $R_o$ )	จำนวนผู้ตอบถูก $R = (R_u + R_o)$	$P = \frac{R}{N}$	ความหมาย
1	12	6	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
2	11	3	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
3	12	4	16	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ
4	10	5	15	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ
5	12	4	16	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ
6	12	4	16	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ
7	10	4	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
8	12	6	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
9	10	4	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
10	11	2	13	0.43	ยากง่ายพอเหมาะ
11	10	3	13	0.43	ยากง่ายพอเหมาะ
12	11	5	16	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ
13	9	4	13	0.43	ยากง่ายพอเหมาะ
14	10	5	15	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ
15	11	3	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
16	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
17	10	4	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
18	12	5	17	0.57	ยากง่ายพอเหมาะ
19	12	6	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
20	10	4	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
21	13	5	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
22	10	5	15	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ
23	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
24	12	6	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
25	11	3	14	0.47	ยากง่ายพอเหมาะ
26	10	5	15	0.50	ยากง่ายพอเหมาะ

ตารางที่ ๓ (ต่อ)

ข้อ ที่	คะแนนกลุ่มเก่ง ตอบถูก( $R_u$ )	คะแนนกลุ่มอ่อน ตอบถูก( $R_i$ )	จำนวนผู้ตอบถูก $R = (R_u + R_i)$	$P = \frac{R}{N}$	ความหมาย
27	9	3	11	0.40	ยากง่ายพอเหมาะ
28	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
29	13	3	16	0.53	ยากง่ายพอเหมาะ
30	9	4	13	0.43	ยากง่ายพอเหมาะ
รวม	331	136	466	15.56	
$\bar{X}$	11.03	4.53	15.56	0.52	

จากตารางที่ ๓ ได้ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) อยู่ระหว่าง 0.43 – 0.63

(ค่า P ที่เหมาะสม 0.2 – 0.8)

ตารางที่ ๓4 แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ จากการคัดเลือกเพื่อ  
เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อที่	คะแนนกลุ่มเก่ง ตอบถูก( $R_u$ )	คะแนนกลุ่มอ่อน ตอบถูก( $R_o$ )	$R_u - R_o$	$r = \frac{R_u - R_o}{N/2}$	ความหมาย อำนาจจำแนก
1	12	6	6	0.40	สูง
2	11	3	8	0.53	สูง
3	12	4	8	0.53	สูง
4	10	5	5	0.33	ปานกลาง
5	12	4	8	0.53	สูง
6	12	4	8	0.53	สูง
7	10	4	6	0.40	สูง
8	12	6	6	0.40	สูง
9	10	4	6	0.40	สูง
10	11	2	9	0.60	สูง
11	10	3	7	0.46	สูง
12	11	5	6	0.40	สูง
13	9	4	5	0.33	ปานกลาง
14	10	5	5	0.33	ปานกลาง
15	11	3	8	0.53	สูง
16	12	7	5	0.33	ปานกลาง
17	10	4	6	0.40	สูง
18	12	5	7	0.46	สูง
19	12	6	6	0.40	สูง
20	10	4	6	0.40	สูง
21	13	5	8	0.53	สูง
22	10	5	5	0.33	ปานกลาง
23	13	7	6	0.40	สูง
24	12	6	6	0.40	สูง
25	11	3	8	0.53	สูง
26	10	5	5	0.33	ปานกลาง

ตารางที่ ๓4 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่มเก่ง ตอบถูก( $R_u$ )	คะแนนกลุ่มอ่อน ตอบถูก( $R_u$ )	$R_u - R_i$	$r = \frac{R_u - R_i}{N/2}$	ความหมาย อำนาจจำแนก
27	9	3	6	0.40	สูง
28	12	7	5	0.33	ปานกลาง
29	13	3	10	0.67	สูง
30	9	4	5	0.33	ปานกลาง
รวม	331	136	195	12.93	
$\bar{X}$	11.03	4.53	6.5	0.43	สูง

จากตารางที่ ๓3 ได้ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (r) อยู่ระหว่าง 0.33 – 0.67

(ค่า r ที่เหมาะสม  $r > 0.20$ )

ตารางที่ ๑๕ แสดงค่าความเชื่อมั่น KR-20 ของแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ จากการเลือกเพื่อ  
เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก R	$p = \frac{R}{N}$	$q=1-p$	$pq$
1	18	0.60	0.40	0.24
2	14	0.47	0.53	0.25
3	16	0.53	0.47	0.25
4	15	0.50	0.50	0.25
5	16	0.53	0.47	0.25
6	16	0.53	0.47	0.25
7	14	0.47	0.53	0.25
8	18	0.60	0.40	0.24
9	14	0.47	0.53	0.25
10	13	0.43	0.57	0.25
11	13	0.43	0.57	0.25
12	16	0.53	0.47	0.25
13	13	0.43	0.57	0.25
14	15	0.50	0.50	0.25
15	14	0.47	0.53	0.25
16	19	0.63	0.37	0.23
17	14	0.47	0.53	0.25
18	17	0.57	0.43	0.25
19	18	0.60	0.40	0.24
20	14	0.47	0.53	0.25
21	18	0.60	0.40	0.24
22	15	0.50	0.50	0.25
23	20	0.67	0.33	0.22
24	18	0.60	0.40	0.24
25	14	0.47	0.53	0.25
26	15	0.50	0.50	0.25

ตารางที่ ๖ (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก R	$p = \frac{R}{N}$	$q=1-p$	Pq
27	11	0.40	0.60	0.24
28	19	0.63	0.37	0.23
29	16	0.53	0.47	0.25
30	13	0.43	0.57	0.25
รวม				7.37

ตารางที่ ๗ แสดงการหาประสิทธิภาพพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำแบบทดสอบไป  
ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน

คนที่	ทดสอบก่อนเรียน (30 คะแนน)	ทดสอบระหว่างเรียน ( 20 คะแนน )	ทดสอบหลังเรียน (30 คะแนน)
1	12	9	20
2	16	15	24
3	21	18	27
คะแนนรวม	49	42	71
คะแนนเฉลี่ย	16.33	14.00	23.67
		$E_1 = 70.00$	$E_2 = 78.90$

ตารางที่ ๘ แสดงการหาประสิทธิภาพพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำแบบทดสอบไป  
ทดสอบใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 คน

คนที่	ทดสอบก่อนเรียน (30 คะแนน)	ทดสอบระหว่างเรียน ( 20 คะแนน )	ทดสอบหลังเรียน (30 คะแนน)
1	14	15	22
2	18	13	24
3	11	14	20
4	17	12	21
5	20	13	26
6	17	16	23
7	19	16	26
8	20	12	25
9	21	17	27
คะแนนรวม	157	128	214
คะแนนเฉลี่ย	17.44	14.22	23.78
		$E_1 = 71.10$	$E_2 = 79.27$

ตารางที่ ๑๑ แสดงการหาประสิทธิภาพพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำแบบทดสอบไป  
ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน

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

ตารางที่ ๑๑ (ต่อ)

คนที่	ทดสอบก่อนเรียน (30 คะแนน)	ทดสอบระหว่างเรียน ( 20 คะแนน )	ทดสอบหลังเรียน (30 คะแนน)
26	17	15	22
27	18	17	24
28	17	16	25
29	17	13	22
30	20	16	26
คะแนนรวม	597	484	741
คะแนนเฉลี่ย	19.90	16.13	24.70
S.D.	3.133	2.867	3.430
		$E_1 = 80.67$	$E_2 = 82.33$

ตารางที่ ๑๑๐ แสดงค่าความแปรปรวน ( $S_x^2$ ) ของแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ จากการคัดเลือก  
เพื่อ

เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คนที่	$X$	$X^2$
1	11	121
2	13	169
3	10	100
4	14	196
5	12	144
6	14	196
7	12	144
8	12	144
9	11	121
10	15	225
11	12	144
12	17	289
13	12	144
14	17	289
15	16	256
16	21	441
17	14	196
18	23	529
19	22	484
20	19	361
21	20	400
22	21	441
23	20	400
24	22	484
25	20	400
26	23	529

ตารางที่ ๑๑๐ (ต่อ)

คนที่	$X$	$X^2$
27	25	625
28	27	729
29	25	625
30	26	676
รวม	526	10002

ตารางที่ ๑1 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียนเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียน โดยใช้สูตร

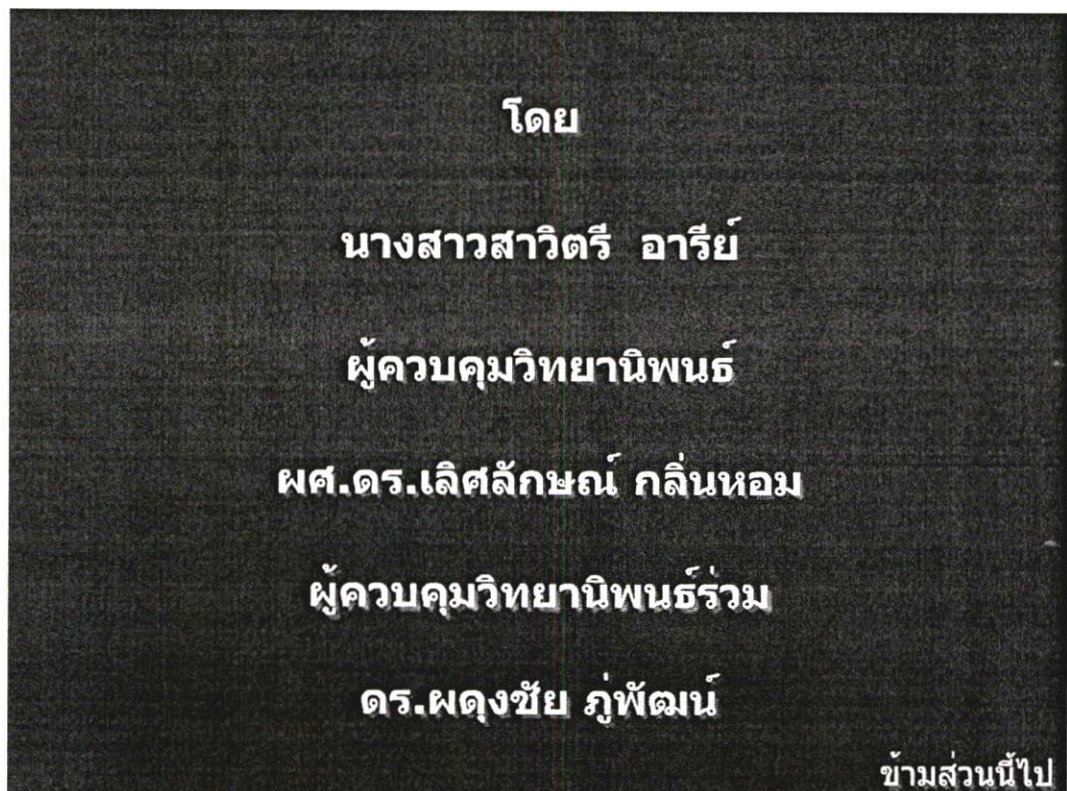
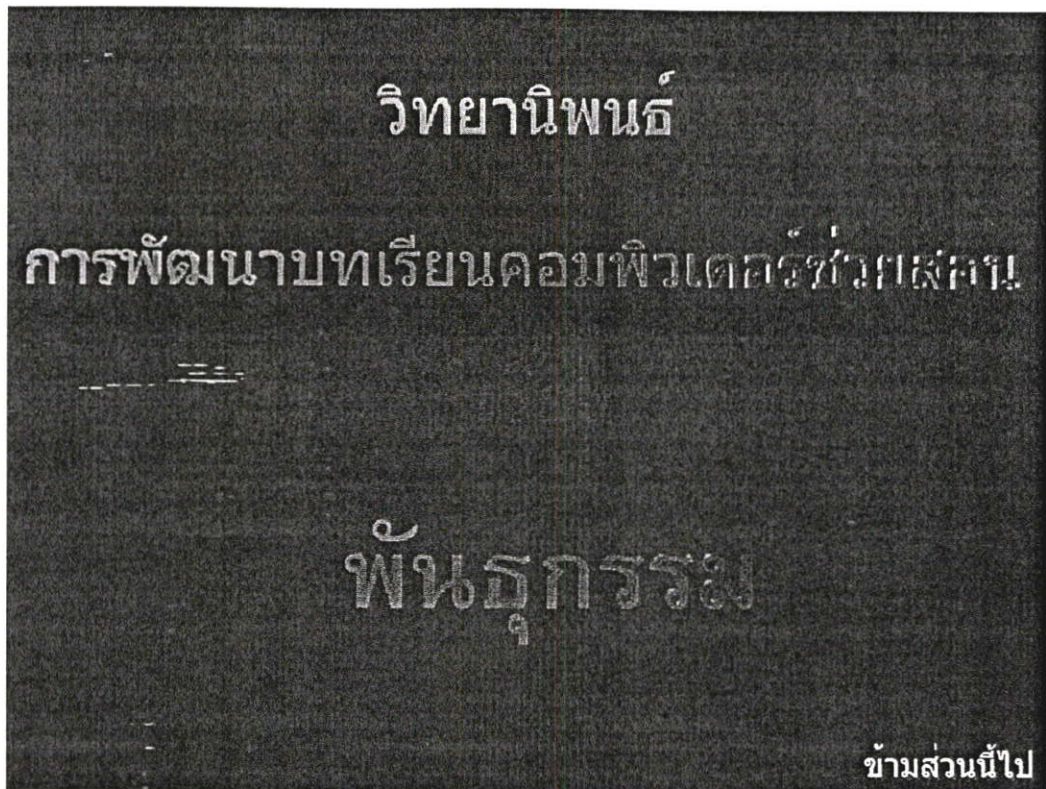
คนที่	คะแนนทดสอบ (เต็ม 30 คะแนน)		ความแตกต่าง $D = X_2 - X_1$	$D^2$
	ก่อนเรียน ( $X_1$ )	หลังเรียน ( $X_2$ )		
1	18	22	4	16
2	16	21	5	25
3	20	23	3	9
4	17	26	9	81
5	20	26	6	36
6	24	27	3	9
7	22	26	4	16
8	20	25	5	25
9	21	24	3	9
10	19	25	6	36
11	22	26	4	16
12	22	25	3	9
13	20	23	3	9
14	17	23	6	36
15	18	25	7	49
16	21	26	5	25
17	24	27	3	9
18	23	26	3	9
19	22	24	2	4
20	19	25	6	36
21	20	23	3	9
22	21	28	7	49
23	20	26	6	36
24	22	28	6	36
25	20	22	2	4

ตารางที่ ๑1 (ต่อ)

คนที่	คะแนนทดสอบ (เต็ม 40 คะแนน)		ความแตกต่าง $D = X_2 - X_1$	$D^2$
	ก่อนเรียน ( $X_1$ )	หลังเรียน ( $X_2$ )		
26	17	22	5	25
27	18	24	6	36
28	17	25	8	64
29	17	22	5	25
30	20	26	6	36
คะแนนรวม	597	741	$\sum D = 144$	$\sum D^2 = 784$

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง พันธุกรรม



คลิกเพื่อเข้าสู่หน้าหลัก



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

ข้ามส่วนนี้ไป

### แนะนำการใช้โปรแกรม

1. นักเรียนควรศึกษา "แนะนำการใช้โปรแกรม" ให้ละเอียดก่อนที่จะศึกษาหัวข้อต่อไป
2. นักเรียนควรอ่าน "คำอธิบายรายวิชา" เพื่อทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม เรื่องพันธกรรม
3. นักเรียนควรทำแบบทดสอบก่อนเรียนก่อนศึกษาเนื้อหา
4. นักเรียนควรเลือกเรียนตามลำดับ เช่น ศึกษาหน่วยที่หนึ่งจบแล้ว ทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วย แล้วจึงเลือกศึกษาหน่วยต่อไปตามลำดับ
5. เมื่อเรียนจบแล้วและทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยครบทุกหน่วยแล้ว ให้นักเรียนเลือกทำ "แบบทดสอบหลังเรียน" ในเมนูหลัก
6. หากต้องการเลิกการทำงาน ให้คลิกปุ่ม "ออกจากโปรแกรม"

Home

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พันธุกรรม**

- ✦ แนะนำการใช้โปรแกรม
- ✦ คำอธิบายรายวิชา
- ✦ จุดประสงค์การเรียนรู้
- ✦ แบบทดสอบก่อนเรียน
- ✦ หน่วยที่ 1 ความหมายของพันธุกรรมและกฎของเมนเดล
- ✦ หน่วยที่ 2 การค้นพบสารพันธุกรรม
- ✦ หน่วยที่ 3 การจำลองตัวของดีเอ็นเอ
- ✦ หน่วยที่ 4 ลักษณะทางพันธุกรรมและโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
- ✦ หน่วยที่ 5 โครโมโซมและความผิดปกติของโครโมโซม
- ✦ หน่วยที่ 6 ออครหัส DNA
- ✦ แบบทดสอบหลังเรียน

ออกจากโปรแกรม

แบบทดสอบ ก่อนเรียน

เรื่อง พันธุกรรม

# ยินดีต้อนรับ

กรุณาใส่ชื่อและรหัสเพื่อเข้าสู่อการสอบ

ชื่อ

ID

Macromedia Flash Player 8  
File View Control Help

แบบทดสอบ ก่อนเรียน ผู้ทำข้อสอบอยู่คนเดียว puupuu

**เรื่อง พันธุกรรม**

กลุ่มอาการดาวน์ (Down's Syndrome) เป็นตัวอย่างหนึ่งของการเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต เกิดจากสาเหตุใด ?

ก. โครโมโซมแห่งปลาย

ข. โครโมโซมเกินมา 1 แห่ง

ค. โครโมโซมขาดหายไป 1 แห่ง

ง. โครโมโซมมีความยาวกว่าปกติ


ตรวจคำตอบ    เลือกคำตอบที่ถูกต้อง

2 / 31

start E:\TID\Tid\_song\ Documents an... Documents an... 06 - Rain Macromedia Plas... EN 0:42

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**เมนเดล : บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์**



เกรเกอร์ เมนเดล(Gregor Mendel)เกิดในปี พ.ศ.2365 ในเมืองไฮเซนดอร์ฟ ประเทศออสเตรีย เมนเดลได้เรียนรู้ วิธีการผสมพันธุ์พืช การปรับปรุงพันธุ์พืชมาตั้งแต่เด็ก เนื่องจากมีบิดามารดาเป็นชาวสวน เมื่อเข้าสู่วัยหนุ่ม เมนเดลได้บวชเป็นนักบวช แต่ก็ยังศึกษา ทาความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงพันธุ์ตลอดเวลา เพราะเมน เดลเป็นผู้ที่รักธรรมชาติและให้ความสนใจในธรรมชาติ ตลอดเวลาเมนเดลได้ตัดแปลงที่ดินเล็กๆ หลังโบสถ์ของเขาให้เป็นแปลงทดลองปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งเขาได้ทำควบคู่ไปพร้อม ๆ กับงานสอนศาสนา

Back Home Next

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตัวเด่นสูงพันธุแท้ผสมกับตัวเด่นเดี่ยวพันธุแท้จะทำให้ได้ลูกรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2

รุ่นพ่อแม่	เด่นสูง (TT)	เด่นเดี่ยว (tt)
เซลล์สืบพันธุ	TT	tt
ลูกรุ่นที่ 1	Tt Tt	Tt Tt

2. กฎแห่งการเลือกกลุ่มอย่างอิสระ ( Law of Independent Assortment ) สรุปว่า ในเซลล์สืบพันธุจะมีการรวมกลุ่มของหน่วยพันธุกรรมของลักษณะต่าง ๆ การรวมกลุ่มเหล่านี้เป็นไปอย่างอิสระ ทำให้สามารถทำนายผลที่เกิดขึ้นในรุ่นลูกได้

Back Home Next

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หน่วยที่ 2

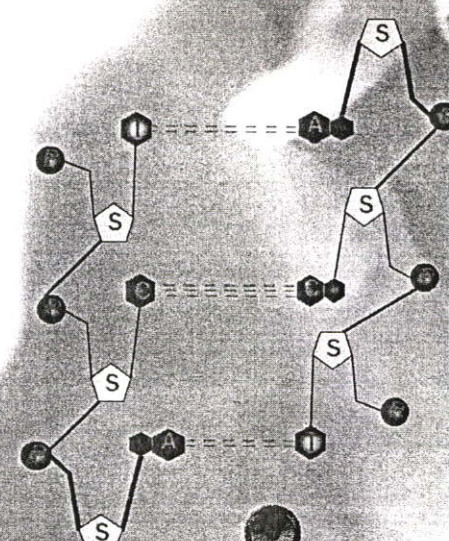
การค้นพบสารพันธุกรรม

หลังจากเมนเดลพิมพ์ผลงานเผยแพร่ ในปี พ.ศ. 2409 แล้ว ในปี พ.ศ. 2412 โยฮันน์ ฟรีดริช มีเชอร์ ( Johann Miescher ) นายแพทย์ชาวสวิสได้ศึกษานิวเคลียสของเม็ดเลือดขาวที่ติดมากับผ้าพันแผล แล้วนำมาย่อยไฮโดรเจนออกด้วยเอนไซม์ที่พบป็นปรากฏว่ามีสารอยู่ชนิดหนึ่ง ไม่ถูกย่อยสลาย ซึ่งมีเชอร์เรียกชื่อสารนี้ว่า นิวคลีอิน ( Nuclein ) จากการค้นพบของมีเชอร์ครั้งนี้พบว่า นิวคลีอินเป็นสารที่อยู่ในนิวเคลียส แต่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าอยู่บริเวณใดของนิวเคลียส ในระยะต่อมาได้มีการเปลี่ยนชื่อเป็น กรดนิวคลีอิก ( Nucleic Acid ) เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นกรด

Home Next

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### โครงสร้างดีเอ็นเอ



ดีเอ็นเอเป็นสารจำพวกกรดนิวคลีอิก ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่ เรียกว่านิวคลีโอไทด์ ( nucleotide) 4 ชนิด ประกอบด้วย

1. น้ำตาลเพนโทส(S)ซึ่งมักแทนด้วยสัญลักษณ์ 5เหลี่ยม เนื่องจากมีคาร์บอน5อะตอมเป็นวงค์ประกอบ

Back Home Next


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### ดีเอ็นเอ การจำลองตัวของดีเอ็นเอ (DNA Replication DNA Replication)




2. ไนโตรเจนเบสชนิดใดชนิดหนึ่งจาก4ชนิดซึ่งได้แก่ ะ: ดีนีน(adenineหรือA )ไทมีน (thymineหรือT)ไซโทซีน(cytosineหรือc) และกวานีน(guanineหรือG )
3. หมู่ฟอสเฟต(P )เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างนิวคลีโอ ไทด์ในสายดีเอ็นเอ

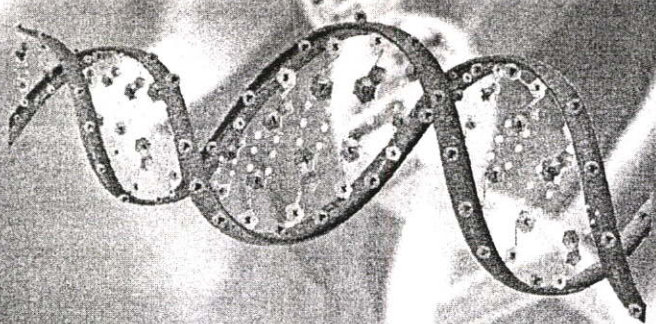
Back Home Next



## สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


### โครงสร้างของดีเอ็นเอเกลียวคู่






ดีเอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์สายยาวสองสายพันกันเป็นเกลียวคู่วนขวา นิวคลีโอไทด์ภายในสายเดียวกัน จะเชื่อมต่อกัน ระหว่างหมู่ฟอสเฟตและน้ำตาล ส่วนระหว่างสายนิวคลีโอไทด์ ทั้งสองสายจะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะระหว่างหมู่เบสที่เหมาะสมกัน กล่าวคือ อะดีนีนจะจับคู่กับไทมีน(A = T)และกวานีนจับคู่กับไซโทซีน(C = G)เสมอ เนื่องจากแต่ละสายดีเอ็นเอ ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์จึงมีได้มากมายหลายรูปแบบ

Back
Home
Next

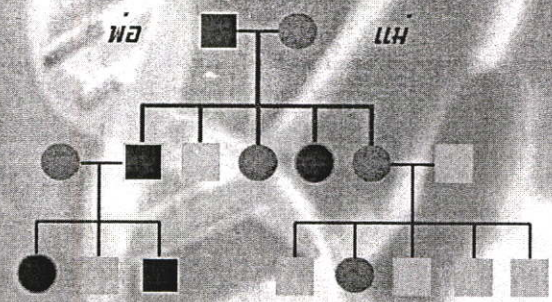


## สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### เพดิกรีแสดงการถ่ายทอดลักษณะการมีลักยิ้ม



พ่อ แม่



- ชาย
- หญิง
- ชายที่แสดงลักษณะที่ศึกษา
- (shaded) หญิงที่แสดงลักษณะที่ศึกษา
- คู่สมรส
- (shaded) คู่สมรสที่แสดงลักษณะที่ศึกษา
- (shaded) การแต่งงานหมู่ 3 คน

รุ่นลูก

รุ่นหลาน

Back
Home
Next

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### การถ่ายทอดลักษณะโรคตาสีฟ้า

เป็นพาหะ: ปกติ

2 ใน 4 เป็นพาหะ:

2 ใน 4 ปกติ:

กรณีที่พ่อหรือแม่เป็นพาหะเพียงคนเดียวโดยอีกฝ่ายปกติ โอกาสในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมดังกล่าว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### โครงสร้างของโครโมโซม

โปรตีน

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

## ลายพิมพ์ DNA

ตัวอย่างเลือด หรือเนื้อเยื่อ

สกัด DNA

คัด DNA ด้วยเอนไซม์

แยก DNA

ตามขนาด

การแสดงผลลายพิมพ์ DNA บนกัมมันตรังสี

โดยใช้การค้นคืนเปรียบเทียบ

ลายพิมพ์ DNA

การแสดงผลลายพิมพ์ DNA

ชาย 1

ชาย 2

- ใช้พิสูจน์ความเป็น พ่อ-แม่-ลูก เนื่องจากลูกจะได้รับ การถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากทั้ง พ่อและแม่ จึงสามารถ บอกได้ว่าลูกที่ต้องการพิสูจน์นั้นเป็นลูกของพ่อและแม่ จริงหรือไม่
- ใช้พิสูจน์หลักฐานทางนิติเวช สามารถตรวจวิเคราะห์ ลักษณะทางพันธุกรรมของพยาน วัตถุได้ เช่น กระโหลก ศีรษะ ชิ้นเนื้อ คราบเลือด คราบตุ๊ก กระจุก เศษผม
- ใช้ในการรักษาทางการแพทย์ เช่น ติดตามผลของการ ปลูกถ่ายไขกระดูกของผู้ป่วยโรคมะเร็งเม็ดโลหิตขาว (Leukemia) ได้ทำให้ทราบถึงสถานะปัจจุบันว่าผู้ป่วยมี ไขกระดูกของผู้ให้(Donor)อยู่ในตัวของผู้ป่วยหรือไม่
- ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโครโมโซมเพศก่อนคลอด สามารถบอกเพศของทารกที่อยู่ในครรภ์ มารดาได้เพื่อ ประโยชน์ในการคัดกรองผู้ป่วยที่มีโอกาสเป็นโรคทาง พันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับX-Linked Geneได้

Back Home Next

### แบบฝึกหัด ระหว่างเรียน

หน่วยที่ 1 ความหมายของพันธุกรรมและกฎของเมนเดล หน่วยที่ 2 การค้นพบสารทางพันธุกรรม หน่วยที่ 3 ลักษณะทางพันธุกรรม

# ยินดีต้อนรับ

ชื่อ

๑

**คำอธิบาย**

Macromedia Flash Player 8  
File View Control Help

**แบบฝึกหัด ระหว่างเรียน** ผู้ที่ทำข้อสอบอยู่ขณะนี้คือ puupuu

หน่วยที่ 1 ความหมายของพันธุกรรมและกฎของเมนเดล หน่วยที่ 2 การค้นพบสารทางพันธุกรรม  
หน่วยที่ 3 ลักษณะทางพันธุกรรม

**ข้อใดไม่ใช่เป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยพันธุกรรม ?**

ก. สายตา

ข. ดั้งหู

ค. สีตา

ง. สีผิว

6 / 11

start Windows Media Player Documents and Settings C:\Documents and Settings\puupuu Paint Macromedia Flash Player EN 12:25

**แบบทดสอบ หลังเรียน**

**เรื่อง พันธุกรรม**

**ยินดีต้อนรับ**

กรุณาใส่ชื่อและรหัสเพื่อเข้าสู่การสอบ

ชื่อ

ID

Macromedia Flash Player 8  
File View Control Help

**แบบทดสอบ หลังเรียน** ผู้ที่ทำข้อสอบอยู่ขณะนี้คือ puupuu

**เรื่อง พันธุกรรม**

**อาการที่แสดงออกของโรคฮีโมฟีเลียคือข้อใด ?**

- ก. ร่างกายมีเมือกที่ข้นและเหนียวจำนวนมากในปอด
- ข. เลือดไหลไม่หยุด ทำให้เสียเลือดมากและมีโอกาสเสียชีวิตได้
- ค. เซลล์เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างแปลกๆ ทำให้นำแก๊สออกซิเจนได้น้อยลง
- ง. เมื่อมีอายุประมาณ 30-40 ปี จะมีอาการกระดูก อารมณ์หงุดหงิด และ กัดฟันและจะรุนแรง

ตรวจคำตอบ    เลือกคำตอบที่ถูกต้อง

2 / 31

start | Windows Expl... | Windows Media Pl... | สอนพันธุกรรม... | 22 - Print | Macromedia Flash ... | EN | 4:33

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสาวิตรี อารีย์
วัน เดือน ปีเกิด	29 กันยายน 2520
สถานที่เกิด	อำเภอหล่มสัก จ.เพชรบูรณ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	221 หมู่บ้านปางทิพย์ ซอยลาดพร้าว 95 ถนนลาดพร้าว เขต/แขวงวังทองกลาง กรุงเทพมหานคร 10310
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี
ตำแหน่ง	หัวหน้างานฝ่ายวิจัยและพัฒนา และครูผู้สอน
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2543 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์ สาขาฟิสิกส์ สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง