

373.139445

45910

2.3

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

๕

ปริญญาโท

ของ

บุณสืบ พันธุ์ทิ

26 ก.ย. 2537

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการศึกษา

มีนาคม 2537

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

190031

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปัญหานี้เรียบร้อยแล้วเห็นสมควรรับ
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

..... ประธาน

(รศ.ดร.อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์)

..... กรรมการ

(รศ.ดร.วารินทร์ รัตนพรหม)

..... กรรมการ

(รศ.ดร.ติลก บุญเรืองรอด)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(รศ.ดร.อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์)

..... กรรมการ

(รศ.ดร.วารินทร์ รัตนพรหม)

..... กรรมการ

(รศ.ดร.ติลก บุญเรืองรอด)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผศ.ดร.สุกสิ รอดโพธิ์ทอง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปัญหานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุขบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริกานา มุลสุวรรณ)

วันที่..... 4 เดือน..... ธันวาคม..... พ.ศ. 2537

ประกาศคุณูปการ

การทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้ทุ่มความสามารถทุกวิถีทาง ทั้งด้านสมอง กำลัง ภายกำลังทรัพย์ และใช้เวลาอย่าง เต็มที่และต่อเนื่องด้วยความอุทิศสละวีริยะ เป็นอย่างมาก จึงทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เป็นอาณิสสงค์ให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้และเข้าใจ กระบวนการวิจัยเชิงพัฒนา(R & D) การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตลอดจนด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นอเนกประการ

ผลการวิจัยนี้เป็นประโยชน์โดยตรงกับสถานศึกษา ที่มีการสอนวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีการนำคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน และสถาบันระดับอุดมศึกษาที่มีการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาเป็นพื้นฐาน นอกจากนี้ยังจะเป็นประโยชน์แก่คณาจารย์ที่สอนวิชาคอมพิวเตอร์และวิชาชีววิทยา รวมทั้งนักเรียนตามโรงเรียนต่างๆ สามารถนำซอฟต์แวร์ไปเรียนด้วยตนเองได้ทั้งที่โรงเรียนและที่บ้าน

คุณความดีอันจะบัง เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแก่ดวงวิญญาณของบิดา ผู้บังเกิดเกล้าของผู้วิจัยและมารดาผู้ให้กำเนิดชีวิต นอกจากนี้ขอมอบให้ เป็นคุณความดีของท่านอาจารย์ 3 ท่าน ซึ่งเป็น คณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ได้แก่ รศ.ดร.อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์ ประธานกรรมการ รศ.ดร.วารินทร์ รัตนิพรหม และ รศ.ดร.ติลก บุญเรืองรอด เป็นกรรมการ ซึ่งท่านอาจารย์แต่ละท่านนั้นต่างก็มีงานล้นมืออยู่แล้ว ทั้งด้านการสอน การบริหาร การบริการ และงานวิจัย ทุกท่านไม่เคยรังเกียจเคียดแค้นท์เมื่อผู้วิจัยได้เข้าไปขอคำปรึกษา ไม่ว่าจะในเวลาราชการ ค่ามิด คึกคัก ทั้งที่ทำงานหรือที่บ้าน ซึ่งบางครั้งก็รับทวนปรึกษาทางโทรศัพท์ยามค่ำคืนก็มีบ่อยครั้ง นอกจากนี้ อาจารย์ทั้งสามท่านได้ให้ความเมตตาช่วยตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขทุกขั้นตอน พร้อมทั้งนำกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดเวลา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาคุณูปการอย่างหาที่สุดมิได้

อาจารย์อีกท่านหนึ่งคือ ผศ.ดร.สุกรี รอดฤทธิ์ทอง หัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้กรุณาเป็นกรรมการ เพิ่มเติมการสอบปริญญานิพนธ์ด้วยความเต็มใจยิ่ง ซึ่งเป็นพระคุณกับผู้วิจัยอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์มาลินี นิ่มเสมอ หัวหน้าสาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอน
การสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา สถาบันราชภัฏนครราชสีมา
ที่ช่วยให้คำปรึกษาและเขียนเนื้อหาชีววิทยา(ว.045) ตลอดจนช่วยออกข้อสอบประจำบทเรียน
อาจารย์มณฑล อนันต์ หัวหน้าภาควิชาคอมพิวเตอร์ สถาบันราชภัฏนครราชสีมา และอาจารย์
สิริรัตน์ ทิพย์วงศ์ ช่วยควบคุมดูแลการเขียนชุดคำสั่งทั้งแบบทดสอบและบทเรียน ตลอดจน
นักศึกษาที่ช่วยเขียนชุดคำสั่งจนเรียบร้อยได้แก่ นายณพนธ์ พนาวงศ์ นายกฤษกร มีสารานุก
นายจักรพันธ์ จันทร์หล้า น.ส.เบญจวรรณ บุญบุตร และ น.ส.รักชนก บุตรชาติ

คณาจารย์โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัยได้แก่ อาจารย์สมคิด นรานอก อาจารย์
อุทัย อาจบุร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกจัดหานักเรียนและควบคุมดูแลนักเรียน ตลอดจน
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนที่ได้กรุณาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง

รศ.ดร.วีระพงษ์ แผลสุวรรณ ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี และคณะอันประกอบด้วย อาจารย์นิยม ประทุมมา อาจารย์
สรพัชญ์ หัพะรังสี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์
และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยให้กลุ่มตัวอย่างได้ใช้ทดลอง และท่านอาจารย์ได้คอย
ควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ และขอบคุณเป็นอย่างสูง ต่อผู้ที่กล่าวนามข้างต้น ตลอดจน
ผู้ที่มีเก้กสาวนาม ไว้ ณ ที่นี้ อีก 2 ท่านที่จะละเลขในการกล่าวนามมิได้ก็คือ
น.ส.ขวัญใจ พรหมแดง นักศึกษาที่ช่วยพิมพ์ให้เรียบร้อยสวยงาม และอีกบุคคลหนึ่งที่คอย
เอื้ออาทรเป็นเพื่อนคู่คิดกับผู้วิจัย สนับสนุนให้กำลังใจ ช่วยเหลือตลอดเวลา งานวิจัยลุ่ล่ง
ด้วยดี คือ อาจารย์คารณิ พันธุ์ดี คู่ร่วมชีวิตของผู้วิจัย ตลอดจนที่้องญาติสนิท เพื่อนห้อง
ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ เกื้อกูลในทุกสิ่งทุกประการจนสำเร็จเรียบร้อย สมดังเจตจำนง

บุญสืบ พันธุ์ดี

มีนาคม 2537

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	10
ความสำคัญของการวิจัย	10
คานิยามศัพท์เฉพาะ	11
ขอบเขตของการวิจัย	12
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
ตอนที่ 1 การเรียนการสอนชีววิทยา	17
แนวความคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง	
กับการเรียนการสอนชีววิทยา	19
วิธีสอนชีววิทยา	32
งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนชีววิทยา.....	38
งานวิจัยเกี่ยวกับสื่อการสอนชีววิทยา.....	43
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
ตอนที่ 2 ลักษณะทั่วไปของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	56
1. แบบบททวนหรือแบบเพื่อการสอน	58
2. แบบฝึกปฏิบัติ	63
3. แบบจำลองสถานการณ์	67
4. แบบเกมการเรียนการสอน	69
5. แบบทดสอบ	73
6. แบบสาธิต	76

ตอนที่ 3 หลักการทั่วไปของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	78
การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา	78
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	85
การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	92
การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน...	97
สรุปขั้นตอนการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้วิจัย	103
สมมุติฐานการวิจัย	104
3 วิธีดำเนินการวิจัย	105
การศึกษาและเลือก เนื้อหาวิชาที่วิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	106
การเลือก เนื้อหา	106
การวิเคราะห์เนื้อหาและแยกเป็นหน่วยย่อย และให้ผู้เชี่ยวชาญ	
ตรวจสอบบทเรียนและหน่วยย่อย	107
การเขียนกรอบมโนทัศน์ย่อย	113
การปรับปรุงและแก้ไขบทเรียนและหน่วยย่อย	113
การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	114
การสร้างโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	114
การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบ	
ก่อนเรียนและหลัง เรียน	116
ขึ้นหาคคุณภาพของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลัง เรียน	119
การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1	127
การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1	129
การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2	129

บทที่	หน้า
การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2	131
การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3	131
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	135
ผลการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1	136
ผลการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1	138
ผลการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2	139
ผลการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2	139
ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ...	140
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ มาตรฐาน 90 ตัวแรก	140
ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ มาตรฐาน 90 ตัวหลัง	141
ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่าง ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	150
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	152
สรุปผลการวิจัย	154
การอภิปรายผล	154
ข้อเสนอแนะ	158
บรรณานุกรม	181

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	187
สคริปต์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษา	
ตอนปลาย	187
ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ ✓.....	197
ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน ✓.....	232
ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ✓.....	273
การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยการ เปรียบเทียบ	
ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	291
ประวัติดอยของผู้วิจัย	300
บทคัดย่อ	301

บัญชีการวาง

การวาง	หน้า
1 สรุปเปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	88
2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นตอน และหน่วยย่อย	108
3 การวิเคราะห์จำนวนกรอบตามเนื้อหา	111
4 แสดงข้อสอบที่เลือกแล้วจากแนกตามค่า ความยาก (P) และ อำนาจจำแนก (D).....	121
5 แสดงแบบทดสอบคู่ขนาน ก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน ตามเนื้อหาเป็นตอนๆ	126
6 แสดงข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1	136
7 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน เรื่อง " โครงสร้างและการทำงานของยีนทั้ง 3 ตอน " ..	141
8 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้อง ของ เนื้อหาในหน่วยย่อย ตอนที่ 1	142
9 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้อง ของ เนื้อหาในหน่วยย่อย ตอนที่ 2	144
10 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้อง ของ เนื้อหาในหน่วยย่อย ตอนที่ 3	146
11 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 ตอน คิดเป็นร้อยละ ของกลุ่มตัวอย่าง	147

12	แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	150
13	การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการ เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์	291
14	การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการ เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	294
15	การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการ เปรียบเทียบ ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	297

ดัชนีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	15
2 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบบททวนหรือแบบเพื่อการสอน...	60
3 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติ	65
4 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์	68
5 แผนภาพแสดงโครงสร้างบทเรียนแบบเกมการเรียนรู้การสอน	71
6 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบทดสอบ	74
7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์และความแตกต่าง ระหว่างการวิจัยการศึกษา กับการวิจัยและพัฒนาการศึกษา	80
8 แสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1 ...	128
9 แสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2 ...	130
10 แสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 3 ...	134

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาประเทศหนึ่งในโลก มีความก้าวหน้า และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และด้านการ ศึกษาวิทยาการทั้งหลายสาขาได้เจริญก้าวหน้าและขยายตัวอย่างรวดเร็ว เช่นเดียวกัน โดยเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งนี้เนื่องจากเทคโนโลยีการสื่อสารอัน ทันสมัยมีส่วนช่วยให้การถ่ายทอดความรู้เปลี่ยนรูปแบบจากอดีตเป็นอันมาก ด้วยเหตุ ดังกล่าวจึง เป็นผลให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่าง มากเช่นกัน หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการปรับปรุงหลักสูตร และการจัด การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย คือ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) ซึ่งได้พยายามปรับปรุงหลักสูตรการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสื่อ และอุปกรณ์การสอนทุกรูปแบบเพื่อให้ผู้เรียนได้รับ ความรู้ และกระบวนการที่เน้นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รู้จักคิดด้วยตนเอง รู้จัก ค้นคว้าหาเหตุผล และสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการนำวิธีต่าง ๆ ของกระบวนการ วิทยาศาสตร์มาใช้ ฉะนั้นการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ดี นอกจากจะ เน้นเนื้อหาวิชา การทางทฤษฎีแล้วยังต้อง เน้นกระบวนการซึ่งอาศัยการปฏิบัติด้วย เพื่อปลูกฝังให้ นักเรียนได้ฝึกการสังเกต การตั้งปัญหา และหาคำตอบได้เองอย่างมีเหตุผลเพื่อ ให้สามารถประยุกต์ความสามารถเหล่านี้ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ตามที่กระทรวง ศึกษาธิการ ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา

ตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ไว้ดังนี้

(กระทรวงศึกษาธิการ. 2535 : 111)

1. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้มีความเข้าใจในลักษณะขอบเขต และข้อจำกัดของวิชา

วิทยาศาสตร์

3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี

4. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

มวลมนุษย และสภาพแวดล้อมอันซึ่งมีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

6. เพื่อให้นักมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

นำไปใช้ประโยชน์ต่อสังคมและดำรงชีวิตอย่างมีคุณค่า

จากวัตถุประสงค์ของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จะเห็นว่า ต้องการให้นักเรียนได้รับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแสวงหาความรู้ และมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ ครุมีหน้าที่นำวิธีการต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นักเรียนบรรลุจุดหมายของการเรียนนี้ แต่ในปัจจุบันเรายังไม่สามารถจัดการศึกษา ให้กับนักเรียนได้ บรรลุจุดหมายที่วางไว้ได้ นักเรียนยังขาดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ อันมีสาเหตุมาจาก จำนวนนักเรียนในชั้นเรียนมากเกินไป เนื้อหาวิชาตามหลักสูตร มีมากเกินไปครูจะมี เวลาอธิบาย ทบทวนให้นักเรียนได้ เข้าใจต้องเท่า การสอนของครูส่วนใหญ่อาศัยแบบเรียนเป็นหลัก ขอบเขตของประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับจึงแคบ ครูส่วนมากสอนไม่ทันตามหลักสูตร จะเห็นได้จากการสำรวจของเฉลิม รอดทอง (2529 : 85-92) ในเขตการศึกษา 6 พบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีภาระหน้าที่มากเกินไป ไม่มีเวลาเตรียมการสอน ครูไม่สามารถดำเนินการสอน

ตามวิธีของสสวท. ได้ทั้งหมด ในขณะที่สอนจริง เนื้อหาบางหน่วยเป็นการบรรยาย บางหน่วยเป็นประวัติการค้นพบ ที่ไม่จำเป็นต้องมีการปฏิบัติทดลอง เสมอไป บางหน่วยเป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนรวมทั้งการขาดอุปกรณ์การสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาอีกด้วย

วิชาชีววิทยาเป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์สาขาหนึ่ง ที่ให้ความรู้และกระบวนการเกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า ความรู้ทางชีววิทยาพื้นฐานมีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากความก้าวหน้าในการศึกษาวิจัย และการค้นพบความรู้ใหม่ ๆ ที่ก้าวหน้าทางด้านชีววิทยาพื้นฐาน ทำให้มนุษย์มีความเข้าใจในรายละเอียดของโครงสร้าง และการทำงานของระบบต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต เข้าใจสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ จนมีความสามารถที่จะใช้ และควบคุมธรรมชาติโดยอาศัยความรู้ดังกล่าวมาประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมมนุษย์มากที่สุด ได้แก่ การประยุกต์ใช้ความรู้ชีววิทยาด้านการแพทย์ อาหาร พลังงาน การเกษตร และสิ่งแวดล้อม อาจกล่าวได้ว่าความก้าวหน้าทางวิชาการ ด้านชีววิทยานยุคปัจจุบันนี้ จะมีอิทธิพลสามารถพลิกผันสังคมมนุษย์ในอนาคตบนทางสร้างสรรค์ หรือทำลายล้างโดยฝีมือมนุษย์เอง นับว่าชีววิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ไม่ด้อยกว่าวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้วิชาชีววิทยาจึงได้บรรจุในหลักสูตรตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา การจัดหลักสูตร การเรียนการสอน ตลอดจนการกำหนดจุดมุ่งหมายของวิชาชีววิทยาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) โดยต้องจัดการศึกษาวิชาชีววิทยามีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของประชาชนชาวไทย ทั้งในแหล่งชุมชนใหญ่ และในชนบทให้มีความสอดคล้องกลมกลืนกับวัฒนธรรม ประเพณีอันดีงามของชาติไทยใน

ปัจจุบัน ดังที่คณะกรรมการพัฒนาปรับปรุงหลักสูตรวิชาชีววิทยาได้เสนอจุดประสงค์ด้านเนื้อหาและจุดประสงค์ด้านทักษะของการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ของประเทศไทย สรุปได้ดังนี้ (สสวท. 2527 : 47).

1. จุดประสงค์ด้านเนื้อหา หลักสูตรวิชาชีววิทยา ควรให้นักเรียนได้รับความรู้ทางชีววิทยาที่ถูกต้องและทันสมัย ครอบคลุมหลักการซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจข้อมูลต่าง ๆ ทางชีววิทยา เพื่อใช้เป็นรากฐานของการศึกษาวิชาชีววิทยาขั้นสูงขึ้นไปต่อไป เพื่อที่จะได้นำมาเข้าใจเป็นประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน โดยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของวิชาชีววิทยาที่มีต่อการเกษตร การแพทย์ การสาธารณสุขและอุตสาหกรรม ตลอดจนสังคมศาสตร์และประชากรศาสตร์ พยายามชักจูงนักเรียนให้เกิดความสนใจที่จะศึกษาสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตของประชากรในท้องถิ่นนั้น ๆ และให้รู้จักคุณค่าของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติรวมทั้งผลเสียของการทำลายสิ่งแวดล้อม และการทรัพยากรธรรมชาติ จากจุดประสงค์ด้านเนื้อหาดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้ตระหนักถึงประโยชน์ ที่จะได้รับตลอดจนถึงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และพินิจ กับการประยุกต์ความรู้ที่ได้รับทำให้เกิดประโยชน์ ทั้งนี้ผู้เรียนจะต้อง เข้าใจระบบการคิดทางวิทยาศาสตร์และรู้จักวิธีวิทยาศาสตร์

2. จุดประสงค์ด้านทักษะ การเรียนการสอนวิชาชีววิทยาจะต้องให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดอย่างมีเหตุผลในการที่จะตัดสินใจ ความเหมาะสมของข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางชีววิทยาโดยให้มีการประยุกต์ความรู้ให้เกิดประโยชน์กับชีวิตประจำวัน ทั้งที่เป็นส่วนบุคคลและส่วนรวม ผู้เรียนต้องนำหลักการทางนิเวศวิทยา มาก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของบุคคลและชุมชนไปพร้อม ๆ กับการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างถูกต้อง เพื่อให้เกิดความผาสุกแก่ประชาชนและความเจริญของประเทศชาติ

แต่อย่างไรก็ตาม การเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ในโรงเรียนมัธยมศึกษา
 ตอนปลาย ก็ยังประสบปัญหาอยู่นั่นเอง จากการศึกษาของ บัณฑิต อุทัยพันธ์
 (2524 : 21; อ้างอิงมาจาก กฤษ บุญเพ็ญ. 2532 : 3) พบว่าการเรียนการสอน
 วิชาชีววิทยา ปัญหาของครูมีหลายด้าน เช่น ด้านการเรียนการสอนครูไม่สามารถนำ
 เอาเนื้อหาวิชาชีววิทยามาผสมผสานกับการสอนปฏิบัติได้ คุณภาพของเครื่องมือใน
 การสอนชีววิทยายังไม่ดีพอ และปริมาณไม่เพียงพอ ครูยังขาดทักษะการใช้อุปกรณ์
 วิทยาศาสตร์ เพราะเอกสารเกี่ยวกับการแนะนำ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
 วิชาวิทยาศาสตร์ยังมีน้อย ด้านความสนใจของนักเรียนในการทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์
 ยังไม่มากเท่าที่ควร นักเรียนสนใจแต่เฉพาะให้ครูสรุปผลการทดลองให้ แสดงว่า
 การจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ยังไม่ได้ผลเท่า
 ที่ควร และจากการศึกษาของ อุบล เลี้ยววาริณ (2524 : 79 ; อ้างอิงมาจาก
 กฤษ บุญเพ็ญ. 2535 : 3) พบว่า อาจารย์ที่สอนวิชาชีววิทยาไม่ได้^{เช่น}เห็นว่าการฝึก
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนมากนัก เนื่องจากข้อจำกัด ด้าน
เวลาและ อุปกรณ์การสอน ซึ่งได้เสนอแนะให้ใช้การสอนหลายวิธี เพื่อให้นักเรียน
เรียนด้วยความสนุกสนานพึงพอใจ และได้รับความรู้ ขณะเดียวกันอาจารย์ผู้สอนควร
ให้สอดคล้องกับความรู้ที่ทันสมัยที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันด้วย- โดยที่อาจารย์ผู้สอน
ไม่ควรมุ่งที่จะสอนแต่ความรู้ทางเนื้อหาวิชา เพื่อเตรียมนักเรียนให้เข้าศึกษาต่อใน
ระดับอุดมศึกษาแต่เพียงอย่างเดียว ควรคำนึงถึงการพัฒนาในด้านทักษะ กระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้
ในชีวิตประจำวันได้ด้วย การฝึกให้นักเรียนได้มองเห็นหนทางการแก้ปัญหา รู้จัก
คิดค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยการให้ฝึกทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง และในแง่
การเรียนการสอนด้านมโนทัศน์ ว่า ไม่ว่า จะเป็นมโนทัศน์ด้านนามธรรม(Abstract)
หรือรูปธรรม(Concrete) จะต้องพยายามจัดการเรียนการสอน ให้อยู่ในลักษณะ

รูปธรรมามากที่สุด เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนคติอย่างชัดเจนถูกต้อง และเหมาะสมกับบุคลิกภาวะของผู้เรียน รวมทั้งการจัดอุปกรณ์การสอน ให้เหมาะสมกับเนื้อหาด้วย (ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2525: 6)

การเรียนการสอน ที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา
ชีววิทยาคงกล่าว และมีลักษณะเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้นนั้น คือวิธีนำเสนอการสอนมาประยุกต์ และ
ปรับปรุงการเสนอเนื้อหาซึ่งสื่อนั้นมีหลายชนิด เช่น ภาพยนต์ วิทยุทัศน์ สไลด์
บทเรียนสำเร็จรูป เครื่องปฏิบัติการทางภาษา เป็นต้น (ศิริวรรณ หึงบริศา. 2532:3;
อ้างอิงมาจาก กรมวิชาการ. 2527:153-181) เพราะสื่อการสอนมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้
เชื่อมโยงประสบการณ์จากรูปภาพ ไปสู่นามธรรมได้ (Kinder. 1959 : 42) เพื่อให้
ครูสอนได้อย่างมีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องอาศัยสื่อการสอน และเทคโนโลยีการศึกษาเข้า
มาช่วย โดยเฉพาะสื่อการสอนที่นำเสนอจนปัจจุบันนี้ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนวิธีหนึ่งเรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
(Computer Assisted Instruction) หรือ CAI มีวิธีการเรียนจดจำใช้คอมพิวเตอร์
เป็นสื่อในการเสนอเนื้อหาเรื่องราว เพื่อการสอนหรือทบทวน การทำแบบฝึกหัด
เกมการศึกษา สถานการณ์จำลอง การสาธิต และการทดสอบวัดผล เป็นต้น
การเรียนนั้นมีการจัดต่อบันทึกเวลา ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการเรียน
แบบปฏิสัมพันธ์ (Interaction) (ทักษิณา สอนานนท์. 2529 : 205 -207) และ
เป็นการสื่อสาร 2 ทาง (Two way communication) สามารถแสดงผลลัพท์บาง
ประการให้นักเรียนดูได้ ผู้เรียนจะรู้สึกตื่นเต้นเร้าใจ อยากรู้ทำให้เกิดการเรียนรู้
อย่างสนุกสนานได้ (ยีน ภูววรรณ. 2529:7) นอกจากนี้ กรือพเพอร์ (Leiblum.
1981:95 citing Gropper. 1976) ซึ่งได้แบ่งสื่อการสอนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ
กลุ่ม Active และ กลุ่ม Passive กรือพเพอร์ จัดว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในกลุ่ม
Active เพราะว่าสามารถเสนอสิ่งเร้าให้แก่ผู้เรียนได้

รวมทั้งมีการตอบสนอง และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน ซึ่งเป็นไปตามองค์ประกอบของการเลือกสื่อ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังตรงกับทิศทางการแบ่งประเภทการสอนแบบเอกัตบุคคลของกาเย และ บริกส์ (Gagné and Briggs. 1979 : 268-269) ที่ว่า ผู้เรียนจะเรียนตามความเร็วของตน (Self-pacing) โดยผู้เรียนจะบรรลุจุดมุ่งหมายในเวลาที่แตกต่างกัน ตามความสามารถของแต่ละบุคคลซึ่งเป็นไปตามปรัชญาการเรียนการสอน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า จะต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นจุดศูนย์กลาง (Student Center) คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Difference) จากการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แตกต่างไปจากการเรียนการสอนแบบอื่น ๆ คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูง ผู้เรียนสามารถโต้ตอบ และแสดงผลลัพธ์ให้ผู้เรียนทราบทันทีช่วยลดเวลาการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้บทเรียนน่าสนใจสนุกสนาน (Liu. 1975 : 1411-1414A; Oden. 1982 : 355A; Merritt. 1983 : 34-A; Oates. 1983 : 2822-A) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาที่เรียนด้วย (Casner. 1987 : 7105-A; Beck. 1979 : 3005-A; Oden. 1982 : 355-A) และผู้เรียนที่เรียนค่อนข้างต่ำจะมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นมากกว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนปกติ (ทักษิณา สวานานนท์. 2529 : 208) โดยเฉพาะการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้วิชานั้น สามารถใช้คอมพิวเตอร์จัดเก็บข้อมูล ทำการประเมินผลข้อมูล ทำการแก้ไขภาพให้ชัดเจน เลือกประมวลภาพเฉพาะขอบเขตพื้นที่ที่สนใจ (เลอสรุ ธนสุกาญจน์. 2530 : 53-57) สามารถบริการสนเทศทางไกล เป็นฐานข้อมูล (วิภาวรรณ มนูญิจ. 2530 : 70-77) ว่านักเรียนค้นคว้าหาคำตอบเองได้ คอมพิวเตอร์เป็นเพียงสื่ออย่างหนึ่งของมนุษย์เท่านั้น คอมพิวเตอร์จะทำอะไรไม่ได้เลย ถ้าไม่มีโปรแกรมที่ควบคุมให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้ (นิศยา กาญจนวรรณ. 2525 : 83) บทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอนมีหลักการและลักษณะเหมือนบทเรียนสำเร็จรูป กล่าวคือ มีลักษณะ เป็นข้อความ
 วนรอบ แล้วมีคำถามท้ายกรอบ ผู้เรียนตอบคำถามโดยกดแป้นพิมพ์ จากนั้นคอมพิวเตอร์
 ก็จะตรวจและวิเคราะห์คำตอบของผู้เรียน แล้วบอกผลการกระทำย้อนกลับมาให้ผู้เรียน
 ทราบ ผู้เรียนจะเรียนไปทีละขั้น ๆ ตั้งแต่ต้นจนจบ และหลักการที่สำคัญของบทเรียน
 สำเร็จรูป คือ การให้ผลย้อนกลับ (Feedback) ซึ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อดีกว่าบท
 เรียนสำเร็จรูป คือ การให้ผลย้อนกลับได้รวดเร็วกว่าบทเรียนสำเร็จรูป ทำให้ผู้เรียนได้
 ทราบว่า การสนองต่อกิจกรรมที่ผู้เรียนกระทำลงไปในนั้น ถูก หรือ ผิด และผู้เรียนจะ
 เรียนอะไรต่อไป (นิพนธ์ สุขบริดี. 2526 : 2-4) สภาพปัจจุบันเกี่ยวกับการมีการใช้
 คอมพิวเตอร์ของกรมสามัญศึกษานั้น กำหนดให้โรงเรียนที่เปิดสอนวิชา านหมวด
 คอมพิวเตอร์ มีเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สุด อย่างน้อย 1 เครื่องต่อนักเรียน
 5 คน (นงนุช วรรณวาทะ. 2534:1-19) ปัจจุบันนี้ปรากฏว่าโรงเรียนมัธยมศึกษา
 ทั่วประเทศที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ทางการศึกษา ทั้งหมด 164 โรง และจำนวน
 เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมด 1218 เครื่อง (กองแผนงาน กรมสามัญศึกษา. 2533:8)
 และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ และประเด็นที่สำคัญอีกประการหนึ่ง
 ในประเทศไทยก็คือ ซอฟต์แวร์ทางการศึกษาในรูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น
 ในประเทศไทย และหลายประเทศในโลกกำลังขาดแคลนและมีความต้องการมากโดย
 เฉพาะบทเรียนที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงทางการเรียนการสอน เป็นการปูทางสู่
 การเริ่มต้นที่ดี ในการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เข้ามาสู่วงการศึกษานในประเทศไทย.
 เป็นการสนองความต้องการของชาติ ที่จะสนับสนุน แรงรัก ชาติครูอาจารย์ และ
 นักศึกษาหันมาร่วมมือกับผู้นำทาง เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เพื่อผลิตซอฟต์แวร์ทางการ
 ศึกษา ที่มีคุณภาพมาสู่วงการศึกษ ถ้าจะเปรียบเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วจะเห็นว่า
ในบางประเทศ เช่น ฝรั่งเศส มีการผลิตซอฟต์แวร์ทางการศึกษา ป้อนให้แก่โรงเรียน
และสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้สอนอย่างพอเพียงจนเป็นผลให้ทัน

ทุนการผลิตลดลง ทำให้ราคาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีราคาถูกลงมาก การหา
มาซึ่งง่ายขึ้นมากจนครูสามารถบรรจุเนื้อหาที่ตนต้องการสอนลงไปได้ เพิ่มจากส่วนที่จัดมาให้
บนซอฟต์แวร์อยู่แล้ว โดยครูไม่จำเป็นต้องใช้ความรู้ใด ๆ ทางโปรแกรมเลย (มจรส
 สาขลวิจารณ์ จงชัยกิจ. 2534 : 110-118)

การวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าทฤษฎี
 และทดลองหาข้อสรุปที่เหมาะสม ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเทศ
 ไทย ซึ่งยังมีการศึกษา และพัฒนาได้น้อยมาก เท่าที่ปรากฏขณะนี้ คือ ครูอาจารย์
 ส่วนมากที่สนใจสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาตามความสนใจของตนเอง ต่าง
 คนต่างหาหากรูปแบบแนวคิด และวิธีต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการผลิต จึงไม่สามารถนำ
 มาใช้เพื่อการเรียนการสอนได้อย่างจริงจัง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
 เทคโนโลยี. 2532 : ก-จ ; ครรชิต มัลลียงศ์. 2531 : 124-127) นอกจากนี้
 ยังขาดโปรแกรมสำเร็จรูปที่จะสอนบทเรียน ต้องอาศัย โปรแกรมจากต่างประเทศซึ่ง
 ราคาค่อนข้างแพง และยุ่งยากด้านกฎหมายลิขสิทธิ์ว่าด้วยทรัพย์สินทางปัญญาจาก เจ้า
 ของต้นแบบ และนอกจากราคาแพง แล้วบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สั่งซื้อเข้ามาใช้
 จากต่างประเทศโดยตรงยังมีปัญหาด้านภาษาซึ่งนักเรียนไม่สันทัดภาษานั้น ๆ จึงใช้
 ไม่สะดวกอีกด้วย (นพคุณ รุ่งเรือง ศิริพันธ์. 2534 : 187-189) และนอกจากนี้
 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากต่างประเทศ ยังไม่เหมาะสมกับหลักสูตรที่ใช้ใน
 ประเทศไทยไม่เหมาะกับนักเรียนไทย ตลอดจนไม่เหมาะสมกับ วัฒนธรรมนิยมประเพณี
 ไทยด้วย (อุทุมพร จามรมานและคนอื่นว. 2530:1) การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนจึงเป็นการสนองความต้องการที่จำเป็นของชาติบ้านเมือง ซึ่งกำลังขาดแคลน
และเป็นการสงวนเงินตราของประเทศในการที่จะสั่งซื้อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 จากต่างประเทศ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อเป็นการกำหนดทิศทาง และสิ่งที่ต้องการจากการวิจัยและพัฒนาเรื่องนี้ ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ตามเกณฑ์ที่กำหนด

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ อยู่ในการหาข้อสรุปที่เหมาะสมในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย ฉะนั้นความสำคัญและประโยชน์ที่จะได้รับมีดังนี้

1. ได้ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้วิจัยและพัฒนาแล้ว
2. เป็นแนวทางนำไปสู่ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาต่าง ๆ ระดับต่าง ๆ ในประเทศไทย ซึ่งเป็นการขยายงานด้านการศึกษา เทคโนโลยีการศึกษา และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ประยุกต์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
3. ผลจากการศึกษาวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ ครูในโรงเรียนต่าง ๆ ซึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์ จะได้นำไปใช้อย่างกว้างขวาง จึงเป็นการประหยัดแรงครู ประหยัดทั้งเงินตราที่ต้องซื้อซอฟต์แวร์จากต่างประเทศ

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

การให้นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามการออกแบบบทเรียนสำเร็จรูป ในเนื้อหาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเอง การพัฒนาบทเรียนนี้ ดำเนินการตามหลักการวิจัยและพัฒนา (R&D)
2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) เป็นการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ด้วยการเสนอบทเรียนที่ได้จัดเรียงไว้เป็นลำดับขั้นให้แก่ผู้เรียน และให้ผู้เรียนได้มีโอกาสดำเนินการกับบทเรียนที่เสนอนั้น โดยผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งบทเรียนที่เสนออาจจะออกมาในรูปแบบของ ภาพเคลื่อนไหว การฝึกปฏิบัติ สถานการณ์จำลอง เกมการศึกษา และการทดสอบ เป็นต้น สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สุด (Microcomputer) เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาปาสคาล (PASCAL) โดยผู้เชี่ยวชาญการเขียนโปรแกรม ตามบทเรียนสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้
3. วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง เนื้อหาวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) โดยผู้วิจัยเลือกวิจัยและพัฒนาเฉพาะบทเรียนที่เป็นนามธรรม เนื้อหาซับซ้อนทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ ผิดพลาด ตามผลการศึกษาวิจัยของ สสวท.(2534)คือ เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน"
4. กรอบแนวคิดเดี่ยว หมายถึงกรอบการเสนอเนื้อหาสั้นๆ บนจอคอมพิวเตอร์เพียงมโนทัศน์เดี่ยว ซึ่งแต่ละกรอบจะประกอบด้วย

- การนำเสนอเนื้อหา ประกอบภาพเคลื่อนไหว
- ข้อคำถามซึ่งเป็นแบบฝึกหัดประจำเนื้อหา เป็นคำถามให้เลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- คำเฉลย พร้อมคำอธิบายที่ถูกต้อง หรือให้กลับไปเรียนเนื้อหาประจำกรอบใหม่
- เมื่อตอบถูกจะเลื่อนไปเรียนกรอบต่อไป ถ้าตอบผิดให้กลับไปเรียนเนื้อหาเดิม

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา(R & D) มุ่งพัฒนานวัตกรรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยยึดรูปแบบการวิจัยและพัฒนาของบอร์ก (Borg and Gall, 1979 : 771-798) ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 11 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนา	7. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2
2. รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 2
3. วางแผนการวิจัยและพัฒนา	9. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3
4. พัฒนารูปแบบขั้นต้นของผลิตภัณฑ์	10. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 3
5. ทดสอบผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1	11. เผยแพร่
6. ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ครั้งที่ 1	

แต่เนื่องจากผู้วิจัยมุ่งเฉพาะ การพัฒนานวัตกรรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงเลือกเฉพาะขั้นตอนที่ 5 ถึง ขั้นตอนที่ 10 มาปรับใช้ให้เหมาะสมต่อการพัฒนานวัตกรรมครั้งนี้ เท่านั้น จึงกำหนดขอบเขต ของการวิจัยดังนี้ !

1. ความรู้เรื่อง วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เฉพาะในรายวิชา ว 045 เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ซึ่งผู้วิจัยเลือกวิจัยและพัฒนาเพราะเป็นบทเรียนที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนเกิดมโนทัศน์ผิดพลาด (Misconception) โดยการผลิตออกมาในรูปแบบซอฟต์แวร์

2. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การหาคุณภาพของบทเรียนตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 90/90

90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า 90 ตัวหลัง หมายถึง ข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ มีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 90 หรือสูงกว่าทำถูก

การหาประสิทธิภาพโดยการ เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ของการทดสอบก่อนเรียน และหลัง เรียน

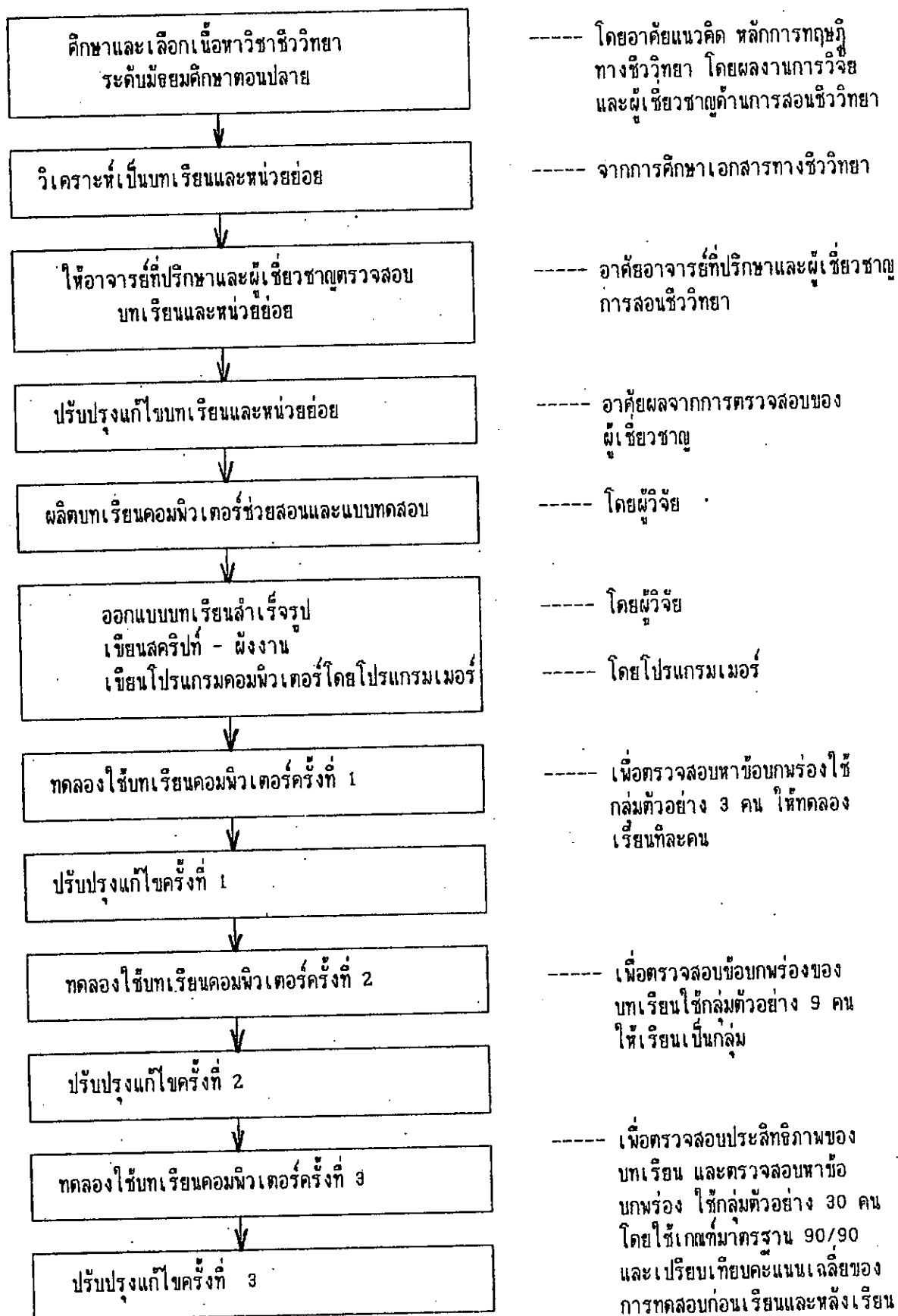
3. ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ตั้งแต่ขั้นที่ 5 ถึงขั้นที่ 10 โดยปรับให้เหมาะสมกับการพัฒนาบทเรียนครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 11 ขั้น ดังนี้

1. ศึกษาและเลือก เนื้อหาวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ของกระทรวงศึกษาธิการ รายวิชา ว045 ชีววิทยา เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" เนื้อหาที่เลือกมีลักษณะ เป็นนามธรรมสลับซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ทำให้เกิดมโนคติผิดพลาด (Misconception) โดยผลงานวิจัยของสสวท.(2534) ประกอบกับของคณาธิภาผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาชีววิทยา
2. วิเคราะห์เนื้อหา แต่ละบทเรียนขั้นที่ 2 และแยกเป็นหน่วยย่อย
3. ทำอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทเรียน และหน่วยย่อยอีกทีหนึ่ง
4. ปรับปรุงแก้ไข บทเรียน และหน่วยย่อย
5. ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้
 - 5.1 ออกแบบบทเรียนในรูปแบบ บทเรียนสำเร็จรูป
 - 5.2 เขียนสคริปต์บทเรียนตามทีออกแบบในรูปแบบของผังงาน(Flow Chart)
 - 5.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์

6. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1
7. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1
8. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2
9. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2
10. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3
11. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

การดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้ง 11 ขั้นตอนดังกล่าว
แสดงเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมขึ้นเพื่อเป็นความรู้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหาสาระออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การเรียนการสอนชีววิทยา

ตอนที่ 2 ลักษณะทั่วไปของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิทยาศาสตร์และชีววิทยา

ตอนที่ 3 หลักการทั่วไปของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การเรียนการสอนชีววิทยา

ชีววิทยา (Biology) มาจากคำว่า Bio + Logos

Bio = Life (ชีวิต) และ Logos = Study of (การศึกษาเกี่ยวกับ)

ชีววิทยาหมายถึงการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต หลักสูตรชีววิทยาของประเทศไทย มีมาก่อนสงครามโลก โดยจัดอยู่ทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และการศึกษาขั้นสูง ในระดับประถมศึกษาจะเน้นให้นักเรียนรู้จักสิ่งที่อยู่รอบตัว ซึ่งได้แก่ พืชและสัตว์รวมถึงสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต ในระดับสูงขึ้นจึงเรียนเกี่ยวกับสรีรวิทยาของสัตว์ และหน้าที่ของส่วนนั้น ๆ ตลอดจนเรียนเกี่ยวกับส่วนต่าง ๆ ของพืชและหน้าที่ส่วนนั้น ๆ (วิมล สาราญวานิช.2532 : 1)

ชีววิทยามีได้สอนให้รู้เรื่องราวของสิ่งมีชีวิตอย่างละเอียด จะรวมไปถึงสภาพของสิ่งมีชีวิตที่สัมพันธ์กับสังคมมนุษย์และสภาพของโลกโดยรวม ฉะนั้นชีววิทยาจึงครอบคลุมเนื้อหาอันเป็นองค์ประกอบทางด้านสังคม วัฒนธรรม การอุตสาหกรรม การเมือง การปกครอง การจัดการสิ่งแวดล้อม ทั้งในสังคมเมืองและชนบท/ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักเรียน ในการปรับตัวให้อยู่ในสังคมอย่างมีความสุขได้ การพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาคัดลอกจนวนิธีสอนของครูชีววิทยา จึงต้องเหมาะสมเพื่อพัฒนาสมรรถนะ และทักษะทางมโนคติทางชีววิทยา ฉะนั้นควรเรียนการสอนวิชาชีววิทยา จำเป็นต้องเลือกวิธีเรียนวิธีสอนที่เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา ในแต่ละบทแต่ละตอนต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดมโนคติอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพที่มากที่สุด (UNESCO.1986 : 285) แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าอย่างมาก ทำให้ความรู้ต่าง ๆ มีการค้นพบขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นทวีคูณ ความรู้ในอดีตบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลงหรือยกเลิกไป ของเดิมที่ยังคงไว้ก็มีการเพิ่มทูลขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้

เนื้อหาบางเนื้อหาสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ฉะนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นความรู้จึงมุ่งส่วน Concept ที่เป็นสาระสำคัญของเรื่องนั้นด้วยเหตุผลที่ว่า Concept เป็นประเภทความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าเพิ่มเติม ตลอดจนการปรับตัวของนักเรียนเพื่อนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ของทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ (2525-2528) ได้ให้ความหมายของ Concept หรือ มโนคติ หรือความคิดรวบยอด หรือสิ่งกับ หรือมโนทัศน์ หรือมโนภาพ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันอาจจะ เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้น มาประกอบเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

โคลฟเฟอร์ (Klopfer. 1971 : 566) ให้ความหมายของ Concept ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง สิ่งที่เป็นตามธรรมชาติ อันเป็นผลที่ได้มาจากการ ศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า Concept นั้น มีประโยชน์ในการศึกษาโลกของธรรมชาติ

พรณี ช.เจนจิต (2528 : 213) ให้คำอธิบายว่า การเรียนรู้ Concept หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่มองเห็นความเหมือนของสิ่งเร้าและสามารถจัด กลุ่มของสิ่งเร้า ที่มีลักษณะร่วมกันไว้เป็นพวกเดียวกันนั่นคือ การเรียนรู้ลักษณะที่จะแยก สิ่งของหรือการกระทำ หรือความคิดออกเป็นประเภทต่าง ๆ

การพัฒนา Concept ของนักเรียน มีนักจิตวิทยาการเรียนรู้ได้พยายามศึกษา วิจัย ค้นคว้า หาหลักการและวิธีสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และพัฒนาความคิดสติปัญญายิ่งขึ้น

แนวความคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนชีววิทยา

การเรียนการสอนชีววิทยา เป็นการบูรณาการแนวความคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้และ เทคนิคการสอนเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจะได้นำเสนอแนวความคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้ 4 แนวความคิดดังนี้

แนวความคิดที่ 1 เปียเจต์ (Piaget) ได้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา

(Piaget's Theory of Intellectual Development)(พรณี ช.เจนจิต.(2528); กิ่งฟ้า สิทธิวงษ์ (2525); กู๊ด Good. (1972)) ได้กล่าวถึงทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเปียเจต์ มีสาระสำคัญคือ ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาความคิดและสติปัญญา คือคนเรามีปะทะสัมพันธ์ (Interaction) กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เกิด และปะทะอย่างต่อเนื่อง ทาให้ระดับสติปัญญาและความคิด พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องได้เช่นเดียวกัน โดยเด็กจะเกิดความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม และมีพัฒนาเรื่อย ๆ จนานที่สุดสามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ การปะทะสัมพันธ์เป็นกระบวนการปรับตัว (Adaptation) ของอินทรีย์กับสิ่งแวดล้อม เกิดการจัดระบบโครงสร้างความคิด(Organization) ภายในสมอง โดยวิธีรวมกระบวนการต่าง ๆ ให้เป็นระบบและเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องปรับปรุง เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อให้สมดุลกับสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสติปัญญาและความคิดมี

2 กระบวนการ คือการปรับตัวและการจัดระบบโครงสร้างความคิด

หลักการสอนตามแนวคิดของ เปียเจต์มีดังนี้

1. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามความสามารถทางสติปัญญา
2. มโนคติหนึ่ง ๆ อาจแบ่งได้หลายระดับตามขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา

3. การพัฒนาสติปัญญาเกิดขึ้นได้โดยการปรับโครงสร้างความคิดให้อยู่ในภาวะสมดุลโดยพยายามเพิ่มทุนสติปัญญา

4. การสอนของครูควรให้ผู้เรียนได้พบปัญหา ใช้ความคิดแก้ปัญหาทดลองแก้ปัญหา และหาเหตุผลที่เข้าสำหรับวิธีการแก้ปัญหา

จากหลักการสอนของเบียเจต์ นำมาปรับใช้กับ การจัดการเรียนการสอนชีววิทยา คือ ในระดับประถมศึกษา ควรจัดการเรียนการสอนให้การได้ประสบการณ์ตรงเป็นรูปแบบ เด็กจะได้มีประสบการณ์ทางกายภาพและสมองทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี ในการสอนครูควรให้เด็กเก็บรวบรวมข้อมูลและค้นคว้าหาความรู้โดยการสังเกตและสรุปเป็นหลักการได้ ในระดับมัธยมศึกษา เด็กวัยนี้สามารถคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เรื่อนามธรรมชาติทุกเรื่อง สามารถตั้งสมมุติฐานได้ ดังนั้นครูควรจัดการเรียนการสอนที่เน้นการค้นพบ (Discovery Learning) ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้โดยผ่านการกระทำทางสมองต่อสิ่งที่กำลังค้นพบหรือสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ให้นักเรียนได้รู้จักตั้งสมมุติฐานสรุปอ้างอิง ออกแบบการทดลองและสร้างแบบจำลอง เป็นการฝึกผู้เรียนให้ใช้กระบวนการคิดและฝึกให้มีความคิดสร้างสรรค์ ครูควรอธิบายในบางสิ่งเปิดโอกาสให้เด็กซักถาม แสดงความคิดเห็นได้ด้วยตนเอง การจัดเนื้อหาและอุปกรณ์การเรียนการสอนให้สอดคล้องกับพัฒนาการของผู้เรียน ให้ผู้เรียนพบกับความแปลกใหม่ รอยเสนอนปัญหาที่เกิดขึ้นพัฒนาการของผู้เรียน เพียงเล็กน้อย เพื่อให้ผู้เรียนหาทางแก้ปัญหานั้น เน้นการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยกิจกรรมการเสาะแสวงหาความรู้ และค้นพบอุปกรณ์การเรียนการสอนและกิจกรรมต่าง ๆ และเริ่มจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม

แนวความคิดที่ 2 บรูเนอร์ (Bruner) (พริทซ์ ช. เจนจิต. 2528; กิ่งฟ้า สินธุวงศ์. 2525; คอลเล็ต Colleté. 1973) ได้เสนอหลักการสำคัญในการจัดการศึกษา ว่าควรคำนึงถึงกฎพัฒนาการ ในการกำหนดเนื้อหาความรู้กับวิธีสอน ควรปรับเนื้อหาให้สอดคล้องกับความสามารถของเด็กที่จะเรียน ให้เด็กเรียนทักษะง่าย ๆ ก่อนเพื่อเป็นพื้นฐานของทักษะที่ยากต่อมา เนื้อหาวิชามีความต่อเนื่องกันเป็เรื่อย ๆ ให้มีความลึกซึ้งซับซ้อนและ กว้างขวางออกไปตามประสบการณ์ของผู้เรียนใช้วิธีสอนให้เด็กเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning) บรูเนอร์ได้เสนอพัฒนาการทางสติปัญญา ความคิดของคน 3 ขั้น คือ การเรียนรู้โดยการกระทำ (Enactive Representation) การเรียนรู้โดยการรับรู้เป็นภาพทาง (Iconic Representation) และการเรียนรู้โดยการสื่อความหมายทางสัญลักษณ์ (Symbolic Representation) ในการสอนแบบค้นพบด้วยตนเองของบรูเนอร์ตั้น นำมาใช้กับเรื่องวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามลำดับดังนี้ (1) การนำเสนอปัญหา (2) ให้ผู้เรียนมีโอกาสหาความเข้าใจกับปัญหา (3) ให้ผู้เรียนแก้ปัญหาร่วมกับกำหนดอุปกรณ์มาห้ (4) ให้ผู้เรียนแสดงผลการแก้ปัญหาค้นพบด้วยตนเอง (5) อธิบายเพิ่มเติมโดยผู้เรียนและผู้สอนในเรื่องที่เกี่ยวกับการแก้ปัญา และ (6) สรุปผลที่ได้จากการแก้ปัญา

หลักการสำคัญที่เกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้ บรูเนอร์เสนอไว้มีดังนี้ คือ

1. เนื้อหาวิชาที่สอนควรจัดแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ และจัดลำดับให้เหมาะสมกับผู้เรียน
2. การสอนต้องคำนึงถึงความพร้อมของผู้เรียนและแรงจูงใจ
3. แบบของการเสนอการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ ขั้นลงมือปฏิบัติกับของจริง ขั้นเรียนรู้จากรูปแบบของภาษาและจินตนาการ ขั้นเรียนรู้จากการใช้ตัวเลขและสัญลักษณ์ในการแทนค่า

4. วิธีสอนที่จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ คือ วิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง

5. จัดทำกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหา

6. การเรียนรู้กระบวนการ มีความสำคัญและจำเป็นมากกว่าการเรียนรู้เนื้อหาความรู้ เพราะความรู้เป็นกระบวนการนำไปเป็นผลผลิต

แนวความคิดที่ 3 ออสซูเบล (David Ausubel) (พรวณีย์ ช.เจนจิต.2528;

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์.2525; คอลเล็ค Collete.1973) เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (A Theory of Meaningful Verbal Learning) คือ การเรียนรู้สิ่งใหม่จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อผู้เรียนเคยมีพื้นฐานซึ่งเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ได้ ทำให้การเรียนรู้สิ่งใหม่มีความหมาย แต่ถ้าผู้เรียนจะต้องเรียนสิ่งใหม่โดยที่ไม่มีพื้นฐานมาก่อนเลย ผู้เรียนพยายามรับรู้สิ่งที่เรียน และพยายามจะจำให้ได้ เรียกการเรียนรู้ชนิดนี้ว่า การเรียนแบบท่องจำ ออสซูเบล กำหนดการเรียนรู้เป็น 2 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 วิธีการเรียนรู้ มี 2 แบบ คือ การเรียนรู้แบบรับรู้ไว้ (Reception Learning) ผู้สอนบอกให้หมด ผู้เรียนไม่ต้องค้นคว้าและการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning) ผู้เรียนต้องค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้

มิติที่ 2 กระบวนการเรียนรู้ภายในของผู้เรียน มี 2 แบบ คือ การเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote Learning) คือเรียนรู้แล้วท่องจำไว้เป็นประสบการณ์ของตนเอง และการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) คือ เมื่อเรียนรู้แล้วสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้สัมพันธ์กับความรู้เดิม

กระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายนั้น ผู้เรียนจะต้องหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนกับ โครงสร้างของความรู้ความคิด (Cognitive Structure) อย่างมีหลักการเหตุผล ก่อนที่จะเรียนรู้ที่มีความหมาย จะต้องจัดเตรียมสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ

(1) เตรียมความพร้อมของผู้เรียน (2) เตรียมเนื้อหาวัตถุประสงค์ต้องมีความหมายเป็นเนื้อหาที่มีสาระสัมพันธ์กับโครงสร้างความรู้ความคิดเป็นจริงน่าเชื่อถือ ออซูเบลเสนอว่า ส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพล ต่อการเรียนรู้ที่มีความหมายคือ โครงสร้างความรู้ ความคิดของผู้เรียน จะต้องมีส่วนช่วยเสริมความเข้าใจล่วงหน้า (Advance Organizer) เตรียมโครงสร้างความรู้ความคิดของผู้เรียนให้สามารถรวบรวมความรู้เนื้อหาใหม่ให้คงอยู่นาน เป็นการจัดสิ่งช่วยเสริมความเข้าใจล่วงหน้าก่อนที่จะเรียนเนื้อหาใหม่ที่เป็นนามธรรม ระดับสูง

ออซูเบลเสนอการสอนเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่มีความหมายนั้น ขึ้นอยู่กับ การจัด Concept หรือจัดกลุ่มแนวคิดให้ผู้เรียนก่อนที่จะเรียน ซึ่งมี 2 ลักษณะ ดังนี้ คือ

1. ก่อนสอนสิ่งใหม่ สรรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามี หอที่จะทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนใหม่หรือไม่ ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้

2. ช่วยให้ผู้เรียนจำสิ่งที่เรียนมาแล้วได้ โดยวิธีช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเหมือนและความแตกต่างของความรู้ใหม่ และความรู้เดิม โดยที่ออซูเบลให้ข้อสังเกตว่า ในการสอนนั้น ถ้าให้ความรู้ใหม่โดยที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับความรู้เดิมผู้เรียนจะลืมง่าย แต่ถ้าความรู้ใหม่แตกต่างจากความรู้เดิมจะช่วยจำได้นาน ดังนั้นในการสอน ให้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับความรู้เดิม แต่ในขณะเดียวกันต้องให้ผู้เรียนสามารถ เชื่อมโยงความรู้เดิมได้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความเหมือนและความแตกต่าง อันจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้และจำได้

ฉะนั้นการสอน แนวความคิดใดๆที่ใหม่ก็จะต้องมีความหมายแก่ เด็ก ๆ ที่เด็กสามารถ เชื่อมโยงได้กับประสบการณ์เดิม ในขณะเดียวกัน เชื่อมโยงกันได้กับความคิดอื่น ๆ ในขณะ ที่เรียนสิ่งใหม่ สิ่งต่างๆจะมีความหมายเมื่อสัมพันธ์กับผู้เรียน

แนวความคิดที่ 4 กาเย (Robert M. Gagne) (พรพิ ช. เจนจิต. 2528;

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. 2528; และ กาเย Gagne .1970) จำแนกประเภทการเรียนรู้ไว้

8 ชั้น โดยความรู้ในระดับสูงกว่าจะต้องอาศัยความรู้ในระดับที่ต่ำกว่า ดังนี้

1. การเรียนรู้โดยสัญญาณ (Signal Learning)

เป็นการเรียนรู้ชนิดที่ง่ายที่สุด และอยู่ในระดับต่ำสุด เป็นการเรียนรู้โดยกระบวนการวางเงื่อนไขแบบคั้งเดิม ผู้เรียนสามารถบังคับพฤติกรรมทำให้เกิดขึ้นได้ พฤติกรรมเกิดจากมีสิ่งเร้าและกระทำซ้ำ ๆ มีปฏิกิริยาตอบสนองสิ่งเร้าซึ่งเป็นแบบโดยอัตโนมัติ เช่น การดึงมือกลับเมื่อถูกของร้อน

2. การเรียนรู้แบบตอบสนองสิ่งเร้า (Stimulus-Responses Learning)

เป็นการเรียนรู้ โดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับปฏิกิริยาตอบสนอง ผู้เรียนสามารถควบคุมพฤติกรรมได้ เป็นไปอย่างตั้งใจ การแสดงพฤติกรรมที่เห็นชัด ตอบสนองการเรียนรู้เนื่องจากได้รับการเสริมแรง เช่น การฝึกให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมบางอย่างโดยการให้รางวัลหรือการชมเชย

3. การเรียนรู้แบบลูกโซ่ (Chaining)

เป็นการเรียนรู้ โดยอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับปฏิกิริยาตอบสนอง ติดต่อกันเป็นลูกโซ่ เป็นการนำพฤติกรรมมาขั้นที่ 2 อย่างน้อย 2 พฤติกรรมขึ้นมามาประกอบกันเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกระทำการเคลื่อนไหว การฝึกทักษะชนิดที่นำไปใช้ภาษาพูด เช่น เด็กฝึกติดกระดุมเสื้อ การใช้กรรไกรตัดของ ฯลฯ

4. การเรียนรู้โดยใช้ภาษา (Verbal Association)

เป็นการเรียนรู้โดยใช้ภาษา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวัน เป็นการเรียนรู้โดยใช้ภาษาอย่างต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายกับการเรียนขั้นที่ 3 เช่น เด็กเรียกชื่อลูกบอลว่า "ลูกบอล" และ บอกสีลูกบอลได้ ฯลฯ

5. การเรียนรู้โดยการจำแนก (Discrimination Learning)

เป็นการเรียนรู้ ที่เด็กสามารถมองเห็นความแตกต่างของสิ่งของประเภทเดียวกันสามารถจำแนกสิ่งเร้าซึ่งเป็นวัตถุ หรือสิ่งของตามความแตกต่างในสิ่งที่เหมือนกัน เช่น เด็กเลือกลูกกุนเจิงที่ต้องการจากลูกกุนเจิงอีกหลายลูกในหวงเดียวกัน หรือ การบอกว่าตุ๊กตามีหลายชนิดและสามารถเรียกชื่อได้ถูกต้อง ฯลฯ

6. การเรียนรู้แนวคิด (Concept Learning)

เป็นการเรียนรู้ที่เด็กสามารถมองเห็นความเหมือน ทำให้มีการตอบสนองต่อสิ่งของหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ในลักษณะเป็นกลุ่ม เป็นการเรียนรู้แนวคิดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์นั้น จดจำสมบัติหรือลักษณะเป็นเกณฑ์ เช่น มโนคติของสี ขนาด รูปร่าง ฯลฯ เช่น เมื่อเด็กสามารถจำแนกตุ๊กตาได้หลายชนิด เด็กต้องสามารถบอกได้ว่าตุ๊กตาแต่ละชนิดนั้นมีอะไรที่เหมือนกันบ้าง

7. การเรียนรู้หลักการ (Principle Learning)

เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการรวมหรือเชื่อมมโนคติตั้งแต่ 2 มโนคติเข้าด้วยกัน และสามารถตั้งเป็นกฎเกณฑ์ หรือเป็นหลักการแล้วสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ กันด้วยวิธีที่คล้ายคลึงกัน เช่น การที่รวมมโนคติ คำว่า กลม และลูกบอลเข้าด้วยกัน เมื่อเด็กเรียนรู้ว่าของกลมสามารถกลิ้งได้

8. การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา (Problem Solving)

เป็นการรวมกฎเกณฑ์หรือหลักการต่างๆ เข้าด้วยกัน และสามารถใช้ความรู้เหล่านั้นแก้ปัญหาได้ในสถานการณ์ต่างๆ เช่น เด็กที่ต้องการหยิบสิ่งของที่วางในที่สูงกว่าตัวเขา เขาจะใช้เก้าอี้ต่อแล้วไต่บันไดเก้าอี้เพื่อหยิบสิ่งของนั้น

กาเย เชื่อว่า ถ้าผู้เรียนได้เรียนจนเชี่ยวชาญและเข้าใจเรื่องที่เรียนขั้นหนึ่งของประเภทการเรียนรู้แล้วก็พร้อมที่จะเรียนขั้นต่อไป หมายความว่า เป็นเนื้อหาในเรื่องใดก็ตาม

กาเย ได้เสนอแนะว่า การเรียนรู้ในระดับชั้นสูงวั้น ต้องอาศัยความรู้ขั้นที่ 4 การเรียนรู้ภาษาเป็นพื้นฐาน ถ้าเด็กมีความรู้เกี่ยวกับภาษาจะช่วยให้เกิดมโนมติ แล้วช่วยให้เข้าใจหลักการ ซึ่งสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้และจะเห็นได้ว่า การเรียนรู้แบบลูกริชต้องอาศัยการเรียนรู้แบบตอบสนองมาก่อน การที่จะเรียนรู้แบบลูกริชต้องอาศัยการเรียนรู้แบบตอบสนองต่อสิ่งเร้ามาก่อนเป็นพื้นฐาน การเรียนรู้มโนมติ จะต้องมีการเรียนรู้โดยการจำแนกหรือการเรียนรู้ภาษาเป็นพื้นฐาน กาเยได้เรียกการเรียนรู้ขั้น 5,6,7 ว่าเป็นขั้นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ซึ่งถือเป็นหลักสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ในโรงเรียน ส่วนขั้นที่ 8เป็นการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา กาเยเรียกว่าเป็นกฎระเบียบขั้นสูง (Higher-Order Rules) สำหรับการเรียนรู้ขั้นที่ 7 เป็นหลักการรวมทั้งมโนมติทางนามธรรม (Defined Concepts) ด้วย ส่วนการเรียนรู้ขั้นที่ 6 เป็นมโนมติรูปธรรม (Concrete Concepts)

จากหลักการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นดังกล่าว กาเยได้เสนอแนะสู่การจัดการเรียนการสอนซึ่งจะต้องมีวัตถุประสงค์แน่ชัด เป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และพฤติกรรมที่จะให้เด็กแสดงออกนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 5 อย่าง คือ

1. ทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills)
2. ยุทธศาสตร์การคิด (Cognitive Strategies)
3. การเรียนรู้ข้อสนเทศทางวาจา (Verbal Information)
4. ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills) และ
5. เจตคติ (Attitudes)

1. ทักษะทางสติปัญญา เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถจำแนกแยกแยะเรียนรู้มโนมติทั้งรูปธรรมและนามธรรม ตลอดจนการเรียนรู้กฎเกณฑ์ หลักการ และการแก้ปัญหา

2. ยุทธศาสตร์การคิด เป็นกระบวนการภายในของมนุษย์ซึ่งควบคุมการเรียนรู้ การคิด ที่จะแก้ปัญหา ยุทธศาสตร์การคิด เป็นทักษะ เกี่ยวกับ

(2.1) ความสนใจ ความตั้งใจ เป็นขั้นที่ผู้เรียนควบคุมตนเองให้ตั้งใจกับสิ่งที่กำลังเรียน

(2.2) การจำ เป็นการแปลความสิ่งต่างๆที่เรียน ให้เป็นของผู้เรียนเองเพื่อช่วยจำได้นาน เป็นการใส่รหัสข้อมูลเพื่อเก็บไว้ในความจำ

(2.3) การเรียกข้อมูล เป็นการเรียกข้อมูลที่สะสมไว้มาใช้ในการแก้ปัญหา

(2.4) การแก้ปัญหา

3. การเรียนรู้ข้อสนเทศทางวาจา เป็นการเรียนรู้ข้อสนเทศหรือข้อเท็จจริงต่างๆ โดยการใช้วาจา เป็นความสามารถที่ผู้เรียนสามารถบอกข้อเท็จจริง ความคิด หรือการเรียกชื่อสิ่งต่าง ๆ ในรูปของหลักการหรือทฤษฎีได้โดยที่ผู้เรียนมีเจตคติ เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นแล้ว

4. ทักษะการเคลื่อนไหว เป็นความสามารถในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ในการทำกิจกรรม กล่าวคือในการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ต้องมีการทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ และต้องมีสติปัญญาในการคิดขั้นตอนการทำงาน งานใดควรทำก่อนหลัง

5. เจตคติ เป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีความรู้สึกด้านอารมณ์ที่เกี่ยวข้องซึ่งมองไม่เห็น เป็นตัวกำหนดบุคคลให้มีการกระทำต่างๆ แล้วแต่ความเชื่อ ค่านิยม และความรู้สึกของเขา ในการจัดการเรียนการสอน นอกจากจะคำนึงถึงสมรรถภาพที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกแล้ว ยังต้องคำนึงถึงเจตคติในการกระทำสิ่งต่างๆ ด้วย

กาเย ได้เน้นบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน ได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ และได้เสนอแนวทางในการจัดลำดับชั้นการสอนเป็น 9 ขั้นดังนี้

1. การเรียกความสนใจ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนโดยการเลือกสิ่งเร้า เช่น รูปภาพ ภาพยนตร์ การใช้คำถาม การสาธิต และนำเสนอสิ่งเร้านั้นๆ เพื่อเรียกความสนใจ
2. การบอกให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์การสอน เพื่อให้ผู้เรียนทราบจุดประสงค์ปลายทางของการเรียนการสอน และเป็นแนวทางไปสู่จุดประสงค์นั้น การบอกจุดประสงค์อาจบอกให้ทราบโดยตรง หรือบอกโดยอ้อมก็ได้
3. การกระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกความรู้เดิมที่ต้องมีก่อน อาจใช้คำถามหรือบรรยายเพื่อทบทวนความรู้เดิม แล้วนำไปเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่มีความพร้อมที่จะเรียนต่อไป
4. การเสนอสิ่งเร้า สิ่งเร้าที่ใช้ประกอบการสอน ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ และสื่อการสอนอื่นๆ
5. การชี้แนะการเรียนรู้ อาจใช้คำถามนำไปสู่การเรียนรู้ การแนะนำการใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ
6. จัดให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรม คือให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมปฏิบัติ การทดลอง ผู้สอนคอยให้ความสะดวก จัดเตรียมเครื่องมือให้พร้อมสำหรับการปฏิบัติการ
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการทำกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนทราบว่า การทำกิจกรรมหรือปฏิบัติการทดลองได้ผลถูกต้องหรือไม่หรือต้องแก้ไข เปลี่ยนแปลง เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
8. การวัดผลการเรียน การวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในการทำกิจกรรม อาจทำได้โดยการให้คำถาม ให้ทำแบบฝึกหัด หรือทำข้อทดสอบวัดได้ขณะเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียนเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้

9. การทำให้ผู้เรียนคงการเรียนรู้และถ่ายทอดการเรียนรู้ คือการให้ผู้เรียน ได้ฝึกปฏิบัติซ้ำกัน เพื่อให้มีความคงทนของความรู้ ให้มีการทบทวนและนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่เพื่อฝึกการถ่ายทอดการเรียนรู้

กาเย ได้เสนอแนวคิดไว้เป็นแนวทางการสอนว่าการสอนให้เรียนรู้เนื้อหา สำคัญว่าเรียนรู้กระบวนการ และมีความเห็นว่าการนำวิธีสอนแบบค้นพบไปสอนนั้นจะไม่ ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง นอกจากจะต้องสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่แน่นอน และเป็นลำดับขั้นให้ผู้เรียน จึงจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์

จากแนวความคิดของนักจิตวิทยาการเรียนรู้ทั้ง 4 ท่าน สรุปได้ดังนี้ทฤษฎีพัฒนา การทางความคิดสติปัญญา ของเปียเจต์ กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดจากการจัดระบบ โครงสร้างความคิด (Organization) โดยการรวมกระบวนการย่อย ๆ ของการปรับตัว ของอินทรีย์กับสิ่งแวดล้อม (Adaptation) อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา นั่นคือ การสอน มโนมติหนึ่ง ๆ ต้องแบ่งเป็นมโนมติย่อย ๆ หลาย ๆ ระดับตามขั้นการพัฒนาสติปัญญา ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนปรับโครงสร้างทางความคิด ครูเป็นผู้จัดให้นักเรียนค้นพบปัญหา และค้นหาคำตอบด้วยตนเอง จัดเป็นวิธีสอนแบบเน้นการค้นพบ (Discovery learning) และเปียเจต์ยัง เน้นให้นักเรียนใช้ความคิดทดลองแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดพัฒนาความคิด เรียก ว่าวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ส่วนบรูเนอร์ มีแนวความคิดสอดคล้องกับ เปียเจต์ ที่ว่า การพัฒนาความคิดสติปัญญาของนักเรียน ต่อเนื่องกัน เป็น 3 ขั้น คือ การเรียนรู้โดยการกระทำ นำไปสู่การรับรู้ภาพพจน์และพัฒนาเป็นการเรียนรู้การสื่อ ความหมายด้วยสัญลักษณ์นั่นคือ การพัฒนาความคิดสติปัญญาของผู้เรียน พัฒนาจากความคิด ที่เป็นรูปธรรมไปสู่ความคิดที่นามธรรม ซึ่งเป็นความคิดขั้นสูงขึ้น วิธีสอนของบรูเนอร์เน้น การค้นพบเช่นเดียวกับเปียเจต์คือให้นักเรียนพบปัญหา และค้นหาคำตอบด้วยตนเอง แต่ บรูเนอร์ได้เพิ่มเติมกระบวนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนขึ้น มีการแสดงผลย้อนกลับเสริมความรู้

แก่ผู้เรียน และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วย เมื่อการเรียนการสอนดำเนินไปครบกระบวนการ ผู้เรียนจะเกิดความคงทนของการเรียนรู้ (Retention) และเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ นอกจากนี้แนวความคิดของออสซูเบล ยังสอดคล้องกับแนวความคิดของเปียเจต์ เช่นเดียวกัน คือ ออสซูเบลเสนอว่า การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นการจัดมโนทัศน์หรือกลุ่มความคิดย่อย หลายกลุ่มลำดับกันอย่างเป็นระเบียบ เกิดเป็นโครงสร้างของความรู้ความคิด (Cognitive Structure) วิธีจัดลำดับมโนทัศน์นี้จะต้องมีตัวเสริมความเข้าใจล่วงหน้า (Advance Organizer) และวิธีสอนของออสซูเบล คือ ครูบอกความรู้ใหม่ให้ผู้เรียน ทั้งหมด แต่ต้องคำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียน โดยต้องสำรวจความพร้อมของผู้เรียน ก่อนสอนทุกครั้ง แล้วจึงสอนความรู้ใหม่ ซึ่งแตกต่างจากวิธีสอนแบบ เน้นการค้นพบและวิธีสืบเสาะหาความรู้ ของเปียเจต์และบรูเนอร์โดยสิ้นเชิง และแนว ความคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ของกาเยก็สอดคล้องกับเปียเจต์ บรูเนอร์และออสซูเบล คือ การพัฒนาความคิดสติปัญญา เกิดจากมโนทัศน์หรือกลุ่มความคิดย่อย ๆ จัดลำดับกันอย่างต่อเนื่อง จากกลุ่มความคิดต่ำไปสู่กลุ่มความคิดที่สูงขึ้น โดยกาเยแบ่งการเรียนรู้จากขั้นต่ำ ไปสู่ขั้นสูง 8 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 การเรียนรู้โดยสัญชาตญาณ ขั้นที่ 2 การเรียนรู้แบบตอบสนอง สิ่งเร้า ขั้นที่ 3 การเรียนรู้แบบลูกรช ขั้นที่ 4 การเรียนรู้โดยอาศัยภาษา ขั้นที่ 5 การ เรียนรู้โดยการจำแนก ขั้นที่ 6 การเรียนรู้มโนทัศน์ ขั้นที่ 7 การเรียนรู้หลักการ และ ขั้นที่ 8 การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา การเรียนรู้ขั้นที่ 1 และ 2 เป็นการเรียนรู้มโนทัศน์ขั้นต่ำ ขั้นที่ 3 และ 4 เป็นการเรียนรู้มโนทัศน์ขั้นพื้นฐาน ขั้นที่ 5 เป็นขั้นต้นของการใช้ความคิด ขั้นที่ 6 เป็นการเรียนรู้มโนทัศน์ด้านรูปธรรม ขั้นที่ 7 เป็นการเรียนรู้มโนทัศน์นามธรรม และขั้นที่ 8 การเรียนรู้แบบแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเรียนรู้ขั้นสูงสุด จากหลักพัฒนาการเรียนรู้ ทั้ง 8 ขั้นนี้ กาเยได้เสนอแนวทางการจัดลำดับขั้นการเรียนการสอนมาเป็น 9 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียนโดยการเร้าความสนใจ ขั้นที่ 2 บอกวัตถุประสงค์การสอน ขั้นที่ 3 ทบทวนความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ขั้นที่ 4 เสนอสิ่งเร้า คือ ความรู้

าหมซึ่งได้แก่เนื้อหาและสื่อการสอน ขั้นที่ 5 ขึ้นานสาระสำคัญ ขั้นที่ 6 จัดให้ผู้เรียน
ทำกิจกรรม ขั้นที่ 7 ให้ข้อมูลย้อนกลับ ขั้นที่ 8 การวัดผลการเรียนรู้ และขั้นที่ 9 ให้ผู้
เรียนเกิดความคงทนของการเรียนรู้และถ่ายโยงการเรียนรู้ด้วยการฝึกปฏิบัติซ้ำ ทบทวน
และนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

จากข้อสรุปแนวความคิดทางจิตวิทยาการเรียนรู้ของ เบียเจต์ บรูเนอร์ ออสเบล
และกาเย สามารถนำมาเป็นหลักการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และวิธีสอน
ชีววิทยาแบบต่าง ๆ คือ การออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ต้องเลือก
เนื้อหาและแบ่งเนื้อหาออกเป็นมโนคติย่อย ๆ หลาย ๆ มโนคติต่อเนื่องกันไป เพื่อให้เป็น
ระบบโครงสร้างความคิด ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของทั้ง 4 ท่าน และลำดับ
ขั้นตอนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยจะยึดลำดับขั้นการเรียนรู้การสอนของกาเย
9 ขั้น ซึ่งเมื่อเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน ควรมีสาระน่าสนใจ ดึงดูดใจช่วย

ขั้นที่ 2 บอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน

ขั้นที่ 3 ทบทวนความรู้เดิม แล้วเสนอความรู้ใหม่ เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิม
และความรู้ใหม่

ขั้นที่ 4 ขึ้นานสาระและประเด็นสำคัญด้วย แสง สี ตัวกระหิรป ชัดเส้นนำ
หรือตีกรอบเป็นคัน

ขั้นที่ 5 เสริมความรู้เพิ่มเติม

ขั้นที่ 6 ให้หาแบบฝึกหัด ตามลำดับเนื้อหาย่อย ๆ และให้นักเรียนตอบเป็นตอน ๆ

ขั้นที่ 7 แจ้งผลคำตอบให้ผู้เรียนทราบ

ขั้นที่ 8 ประเมินผลงานทั้งหมด

ขั้นที่ 9 ย้ำความจำให้เกิดความคงทนของการเรียนรู้ และถ่ายโยงการเรียนรู้

รู้ด้วยการให้ย้อนฝึกปฏิบัติซ้ำในข้อที่ผิดพลาด หรือทบทวน และนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

นอกจากจะใช้หลักทางจิตวิทยาการเรียนรู้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าว นักเทคโนโลยีการสอนยังนำแบบบูรณาการเป็นวิธีสอนชีววิทยาแบบต่าง ๆ ดังเช่น องค์การยูเนสโก (UNESCO, 1986 : 285-313) ได้จำแนกวิธีสอนชีววิทยาแบบต่าง ๆ พร้อมกับลำดับขั้นการสอนแต่ละวิธีดังนี้

วิธีสอนชีววิทยา

ผู้สอนจะต้องวางแผนการสอน กำหนดวิธีสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาสภาพชั้นเรียน ความรู้พื้นฐานของนักเรียน ตลอดจนความพร้อมของวัสดุ อุปกรณ์รวมถึงความสามารถในการสอนของครูเอง วิธีสอนชีววิทยานั้น องค์การยูเนสโก (UNESCO, 1986 : 285-313) ได้วางแผนวิธีสอนเพื่อให้ครูได้เลือกใช้ตามความเหมาะสมดังนี้

1. วิธีสอนโดยครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-Initiated Teaching Procedures) แบ่งเป็น

1.1 การบรรยาย (Lecture) เนื้อหาวิชาชีววิทยาบางตอนมีความจำเป็นต้องใช้การสอนแบบบรรยาย เช่น เรื่องอนุกรมวิธาน เป็นต้น ถ้าครูมีประสบการณ์การสอนก็จะสามารถสอนแบบบรรยายแล้วทำให้นักเรียนเข้าใจได้ดี ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ขั้นเตรียมการจัดทำคำบรรยาย ให้เหมาะสมกับพื้นฐาน วัย และความสามารถของผู้เรียน
- ขั้นจัดทำคำบรรยาย หาตัวอย่างประกอบ ใช้วิธีอื่นสอดแทรก ควรให้ข้อคิดหรือผู้เรียนเกิดปัญหาเพื่อคิดหาคำตอบ
- ขั้นบรรยาย ต้องบรรยายตามลำดับขั้น เครื่องมือที่ต้องใช้ในการบรรยายต้องจัดให้พร้อม

- ขั้นสรุป สรุปเป็นระยะ เป็นตอนๆ เน้นประเด็นสำคัญให้ชัดเจน
- ขึ้นมอผลงานให้ผู้เรียนนำเสนอ เพื่อให้ผู้เรียนค้นหาหลักการ ความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับจากการบรรยายไปใช้ต่อไป

1.2 การอภิปรายในชั้นเรียน (Class Discussion) เป็นกิจกรรมที่สำคัญ

การเรียนการสอน จะฝึกให้นักเรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง กล่าวแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่น องค์ประกอบของการอภิปราย ประกอบด้วย

- ครูตั้งวัตถุประสงค์ของการอภิปรายที่ดีและเหมาะสม หรือมอบหมายงานกับกลุ่มย่อยที่ทำการทดลอง เพื่ออภิปรายผล หรือตั้งประเด็นการแก้ปัญหาล้างแวกล้อมตัวเรา
- กำหนดเวลาให้เหมาะสม
- กำหนดจำนวนสมาชิกของกลุ่ม ประธานกลุ่ม เลขากลุ่ม และผู้รายงานผลการอภิปราย
- การรายงานผลในชั้นเรียน ควรใช้เวลาตามความเหมาะสม

การอภิปรายในชั้นเรียน ครูควรมีบทบาทในประเด็นต่าง ๆ ต่อไปนี้

- กำหนดวัตถุประสงค์ของแต่ละกลุ่มย่อยให้ชัดเจน
- การกำหนดจำนวนกลุ่มการอภิปราย
- จัดหาอุปกรณ์ สื่อ วัสดุ
- รักษาเวลาในการอภิปราย และเดินดูการอภิปรายทุกกลุ่ม
- ให้มีการรายงานผล และ
- เขียนสรุปผลการอภิปราย

2. วิธีสอนรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม (Individual or Group Centred Techniques) แบ่งเป็น

2.1 การสอนรายบุคคล (Individualized Instruction) เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยยึดลักษณะความแตกต่างของแต่ละบุคคลของผู้เรียน ให้นักเรียนตามความต้องการความสนใจและความสามารถของผู้เรียน วิธีสอนรายบุคคล มีหลายวิธี เช่น บทเรียนเทปเสียง (Audio Tutorial Tape)

บทเรียนสั้นๆ (Minicourse) โดยมีเทปเสียง ภาพ และบทเรียน

สิ่งพิมพ์ประกอบกัน

บทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Lesson)

ชุดการเรียนรู้ (Learning Packet)

บทเรียนโมดูล (Module)

เป็นต้น

2.2 การสอนเป็นกลุ่ม (Group Teaching) เป็นการสอนแบบเก่าที่มีมานานแล้ว แต่ปัจจุบันได้พัฒนามากขึ้นอย่างต่อเนื่อง การสอนเป็นกลุ่มไม่เพียงแต่มีวัตถุประสงค์ให้เกิดความเข้าใจด้านความรู้ความคิดแล้ว ยังเป็นการพัฒนาทักษะด้านการพูดให้โอกาสนักเรียนได้แสดงออกด้วยตนเอง ทำให้ครูได้มองเห็นความคิดของนักเรียนจากคำตอบ นักเรียนได้พัฒนาความสามารถของตนอย่างอิสระในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม พัฒนาความรู้สึกระหว่างการรับผิดชอบต่อสังคมและรู้สึกในความเป็นเจ้าของสังคมด้วยส่วนหนึ่ง (Cox and Jaques. 1976)

วิธีสอนแบบกลุ่มมีขั้นตอนหลายลักษณะดังนี้

2.2.1 การระดมสมอง (Brainstorming) ซึ่งสมาชิกในกลุ่มร่วมกันเสนอความคิดต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งประสบจริง ๆ ในชีวิตประจำวัน เพื่อสนับสนุนให้เกิดร่วมกันคิดสรุปการแก้ปัญหา เป็นต้น

2.2.2 กลุ่มปฏิบัติการ (Committee or Syndicate Groups) เพื่อดำเนินกิจกรรมของกลุ่ม ให้เป็นไปตามหัวเรื่องที่วางไว้ด้วยการใช้วิธีแก้ปัญหา หรือร่วมกันสร้างโครงการงาน (project) และแก้ปัญหาที่ประสพจริงในชีวิต

2.2.3 การแก้ปัญหา (Problem Solving) ด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ คือ สืบหาปัญหา กำหนดปัญหาให้ชัดเจน รวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา แก้ปัญหา สรุป นำไปใช้จริง และประเมินผลการแก้ปัญหา

2.2.4 การประชุมกลุ่มย่อย (Buzz Session) ประมาณ 3-6 คน เพื่ออภิปรายประเด็นปัญหา หรือร่วมกันหาคำตอบการแก้ปัญหา

2.2.5 การศึกษารายกรณี (Case Study or Session) ในบางประเด็นปัญหา

2.2.6 อภิปรายผลร่วมกันทั้งชั้นเรียนควบคุม (Controlled Discussion)

2.2.7 อภิปรายกลุ่มใหญ่โดยอิสระ (Free Group Discussion)

ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ เกิดเหตุผล พัฒนาทักษะการรับรู้ เนื่องจากแต่ละกลุ่มย่อยได้ศึกษาประสบการณ์แตกต่างกัน เช่น การอ่านค้นคว้าที่แตกต่างกัน ดูภาพยนตร์ หรือสังเกตตัวอย่างทางชีววิทยา

2.2.8 การสัมมนา (Seminar)

2.2.9 การประชุมทางวิชาการ (Symposium)

2.2.10 การฝึกปฏิบัติ (Workshop)

2.2.11 การจั่วหัวที่ (Debate)

3. ยุทธวิธีสอนโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ

(Strategies for Laboratory - Oriented Instruction)

แบ่งเป็นวิธีย่อยหลายวิธี คือ

- การสอนด้วยการฝึกปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ (Practical Laboratory Teaching)

- การปฏิบัติการให้ดูหรือการสาธิต (Illustrative Laboratory)
- การปฏิบัติการทดลองด้วยตัวนักเรียนเอง (Investigative Laboratory)
- การฝึกปฏิบัติการทดลองเป็นขั้นตอนตามคำแนะนำที่บอกไว้ (Structured Laboratory)
- การฝึกการทดลองแบบเปิด (Unstructured or Open - Ended Laboratory)

4. วิธีสอนโดยใช้ศูนย์สื่อการสอน

เช่น การสาธิต (Demonstration) ภาพยนตร์ (Motion Film) फिल्मสตริป (Filmstrip) สไลด์ (Slides) फिल्मลูป (Film Loops) แผ่นใส (Transparencies) และนิทรรศการ (Exhibits) เป็นต้น

5. นักเรียนเรียนด้วยตนเอง

(Pupil - Initiated Learning Procedure)

ได้แก่ บทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Learning) เครื่องช่วยสอน (Teaching Machine) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) เกมการศึกษาและสถานการณ์จำลอง (Games and Simulation) การเรียนโดยอิสระ (Independent Study) นักเรียนเขียนรายงาน และทำงานที่ครูมอบหมาย (Student Reports and Assignments)

6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้นอกห้องเรียน

(Out - of - School Learning Activities)

ได้แก่ การศึกษานอกสถานที่ (Field Trips) การทำโครงงานทางชีววิทยา (Project Method in Biology) การเข้าร่วมชมรมทางชีววิทยา, ศูนย์ชีววิทยา หรือ การจัดงานทางชีววิทยา (Participation in Biology Clubs, Centres, Fairs and Congress)

7. เทคนิคการปรับปรุงพฤติกรรมและสมรรถนะของครู

(Techniques to improve teacher behavior and competency)

ได้แก่ การสอนแบบจุลภาค (Microteaching) การสอนเป็นคณะ

(Team Teaching) เป็นต้น

จากวิธีสอนชีววิทยาขององค์การยูเนสโกทั้งหมดนี้จะเห็นได้ว่า วิธีสอนแต่ละวิธี มีขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ ของ เปียเจต์ บรูเนอร์ ออสเบล และ ของกาเย มาบูรณาการเป็นวิธีสอนทั้งสิ้น โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งอยู่ในกลุ่ม วิธีสอนที่ให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองนั้น หลักการออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะยึดหลักการจัดลำดับขั้นการเรียนรู้การสอนของกาเย 9 ขั้น ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปไว้ข้างต้นแล้ว

งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนชีววิทยา

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมานี้ คือ ตั้งแต่ปี 1985 ถึงปัจจุบัน พอสรุปลักษณะงานวิจัยออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การพัฒนาบทเรียนชีววิทยาโดยยึดหลักจิตวิทยา การเรียนสมัยใหม่ การผลิตสื่อการสอนหรือการเลือกใช้สื่อที่เหมาะสม และการเลือกยุทธวิธีสอนชีววิทยา ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำเสนอโดยลำดับดังนี้

การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนชีววิทยา

ในประเทศไทยนั้นการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนชีววิทยา 1 ชิ้น คือ งานของ สุณีย์ สอนตระกูล (2534) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการเรียนการสอน แบบจัดกรอบมรณทัศน์สำหรับวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีองค์ประกอบ คือ ตัวบ่อนประกอบด้วย จุดประสงค์ของการเรียน การสอน เนื้อหา นักเรียน และสื่อการสอน กระบวนการ ประกอบด้วย การดำเนินการเรียนการสอน แบบจัดกรอบมรณทัศน์และการประเมินผลการเรียน และผลผลิตประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักเรียน การจัดกรอบมรณทัศน์ ในขั้นกระบวนการ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนดำเนินการขณะเรียน การทดลอง และสรุปบทเรียน กรอบมรณทัศน์มีลักษณะ เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ของมรณทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันอย่างมีลำดับชั้น โดยมีมรณทัศน์กว้าง อยู่ด้านบน มรณทัศน์รองอยู่ถัดลงมา และมรณทัศน์เจาะจงอยู่ด้านล่างแล้วทดลอง เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนของการเรียนรู้กับการสอนตามปกติ ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการสอน ตามระบบการเรียนการสอน แบบจัดกรอบมรณทัศน์สูงกว่ากลุ่มควบคุมและนักเรียนกลุ่มทดลองมีความ

คงทนของการเรียนรู้สูงกว่า ส่วนในต่างประเทศนั้น การพัฒนาและออกแบบบทเรียนชีววิทยามีการวิจัยอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน คือ แซนเชส (Sanchez. 1985 : 2650)

ศึกษาริวิจัยการสร้างและพัฒนา รูปแบบบทเรียนทางชีววิทยาโดยการบูรณาการทฤษฎีพุทธิพิสัย (Cognitive Theory) และรูปแบบการศึกษาวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยเฉพาะทฤษฎีจิตวิทยาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย 3 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการพัฒนาลัทธิของเบญเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล และทฤษฎีพัฒนาความคิดของบรูเนอร์ โดยนำทั้ง 3 ทฤษฎีมาประสมประสานอย่างเหมาะสมกับเทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งประกอบด้วย การอภิปรายในชั้นเรียน การทดลองในห้องปฏิบัติการและคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งทั้งหมดใช้เป็นหลักในการออกแบบบทเรียนวิชาชีววิทยา 5 บทเรียน แต่ละบทยึดวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นหลัก เนื้อหาในแต่ละบทเรียนเป็นเรื่องปรากฏการณ์ทางชีววิทยา ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ คือ 1 หัวเรื่อง 2 วัตถุประสงค์ 3 เหตุผล(ด้านเนื้อหา และการสืบเสาะหาความรู้) 4 ขอบเขตเนื้อหา (ความรู้ความคิดเดิม ความรู้ความคิดใหม่และความรู้ความคิดภายหลัง) 5 การบูรณาการและสังเคราะห์ความคิดทั้งหมด รูปแบบในแต่ละบทเรียนจะมีทั้งทฤษฎีและการปฏิบัติ การทดลองร่วมกัน การเขียนบทเรียนยึดหลักจิตวิทยาวิทยาศาสตร์และทฤษฎีการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถจะใช้ได้ทั้งระดับมัธยม วิทยาลัย และการฝึกหัดครู รูปแบบของบทเรียนนี้จะช่วยเพิ่มพูนความรู้ความคิด ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และมีประสบการณ์มากขึ้น นอกจากนี้ แมมบา (Mamba.1989 : 3919) ยังศึกษารูปแบบการจัดลำดับความสำคัญของหลักสูตรเพื่ออธิบาย ระบบร่างกายมนุษย์ โดยยึดรูปแบบข่ายงาน (Network models) เป็นหลัก โดยการเชื่อมโยงความรู้ระบบร่างกายมนุษย์ในระดับต่าง ๆ เข้าด้วยกันในรูปแบบของสหวิทยาการ (Multidisciplinary) เพื่อใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่นำเลือกวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอก แมมบาได้พัฒนาอุปกรณ์และเอกสารการเรียนรู้วิชาชีววิทยาในลักษณะสหวิทยาการ โดยยึดทฤษฎีจิตวิทยา การเรียนรู้ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีพัฒนาลัทธิของเบญเจต์ และทฤษฎีของออสซูเบล 2 ทฤษฎี

คือ ทฤษฎีการเรียนรู้แบบซึมซับและทฤษฎีการสอนและการแสวงหาความรู้ โดยโครงสร้างของเนื้อหาจะถูกจัดลำดับขั้นตอนตามความสำคัญ จากเนื้อหากว้างครอบคลุมมโนคติกว้างแล้วแบ่งเป็นเนื้อหาที่เป็นมโนคติเฉพาะเจาะจงหลายว มโนคติ ในเรื่องระบบร่างกายมนุษย์ โครงสร้างของเนื้อหาแบ่งเป็น 6 ระดับ จากมโนคติกว้างไปสู่มโนคติแคบเฉพาะเจาะจง คือ (1) ร่างกายมนุษย์ (2) ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ (3) หน้าที่และกระบวนการของแต่ละระบบย่อย (4) ปฏิสัมพันธ์ประสานกันระหว่างระบบย่อย (5) ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง (6) ร่างกายมนุษย์ทุกระบบที่เชื่อมโยงประสานกันที่สมบูรณ์ ซึ่งการจัดรูปแบบของหลักสูตรเช่นนี้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ ความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติย่อย ๆ แต่ละระดับ เชื่อมโยงประสานงานกันเป็นระบบใหญ่ระบบเดียว สร้างความเข้าใจจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่สิ่งที่เป็นนามธรรม มโนคติในแต่ละชั้นนำมาจัดเนื้อหาเป็นหน่วยการสอนย่อย แต่ละหน่วยจะประกอบด้วย 1 หัวเรื่อง 2 หลักการเหตุผล 3 วัตถุประสงค์ทั่วไป 4 มโนคติที่สำคัญทางชีววิทยาหรือปรากฏการณ์ทางชีววิทยา เฉพาะหัวข้อที่ 4 แบ่งเป็น 3 ส่วนย่อยๆ คือ (1) มโนคติ / หลักการ / ปรากฏการณ์ทางเคมีหรือฟิสิกส์ (2) ความสัมพันธ์เชื่อมโยงของมโนคติทางชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์ (3) การหาหน้าที่ให้ดำรงอยู่ต่อไป เมื่อเนื้อหาการสอนถูกจัดลำดับ จากมโนคติกว้าง ไปสู่มโนคติแคบดังกล่าว จะทำให้ผู้เรียนเกิดโครงสร้างของความคิดที่ชัดเจน มีกรอบความคิดแน่นอน และเกิดการสัมพันธ์ทางความคิดอย่างเหมาะสม และมีการแสดงตัวอย่างให้ดูหลายตัวอย่าง ผู้เรียนจะ เกิดความรู้สัมพันธ์กันตามลำดับ จากกรอบความคิดเดิมทั้งหมดกับมโนคติที่เกื้อหนุน และผู้เรียนจะ เห็นความสัมพันธ์ระหว่างหลักการทางชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ที่สัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นเอกภาพ

นอกจากนี้ รอส (Ross. 1991 : 3869) ได้ออกแบบและสร้างบทเรียนชีววิทยา โดยยึดทฤษฎีการเรียนรู้ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีสร้างรูปแบบกระบวนการความรู้ (The information processing model) และทฤษฎีการเรียนรู้โดยธรรมชาติของมนุษย์ (The social constructivist theory) โดยมีเป้าหมายเพื่อการเรียนรู้และเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ บทเรียนนี้ง่ายต่อการถ่ายทอดค่านิยมทางชีววิทยาและการนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียน 3 ด้าน คือ ด้านข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ ด้านการช่วยถ่ายทอดการเรียนรู้ และด้านการช่วยเสริมพลังต่อการแก้ปัญหาโดยอิสระของผู้เรียน ประสิทธิภาพทั้ง 3 ด้าน วัดจาก ระดับคะแนนของผู้เรียน ผลการแก้ปัญหา และความรู้ที่ได้รับจากเนื้อหา วิชาใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบและแบบประเมินผลการทำกิจกรรมของผู้เรียนทุกระยะ ผลจากการศึกษาการสร้างรูปแบบบทเรียนนี้ ได้ข้อค้นพบว่า การถ่ายทอดความรู้ทางชีววิทยาสามารถใช้ด้วยวิธีเขียนก็ได้ และการถ่ายทอดการเรียนรู้เกิดจากการสื่อสาร เชื่อมโยงความรู้ซึ่งเป็นสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นภายในงานวิจัยอีกชิ้นหนึ่ง คือ งานวิจัยของ ฮินส์ (Hinds. 1991 : 3235) ศึกษาแบบการจัดลำดับขั้นตอนของหลักสูตรชีววิทยาระดับเกรด 12 ถึงระดับวิทยาลัยปีที่ 1 วิชาใช้ตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพ (Graphic Organizer) ด้วยการนำเสนอแบบการจัดหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา วิชาใช้ตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพเป็นหลักในการสอน ผสมกับยุทธวิธีการเรียนรู้เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาด้านการเชื่อมโยงความคิดให้เป็นเอกภาพ เนื้อหาและเหตุการณ์ที่ผู้เรียนได้รับเพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับ การเรียนรู้ของผู้เรียนเอง เรื่องที่ใช้วิจัยครั้งนี้ คือ " ชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์เอง " ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนชีววิทยาอย่างมีความหมาย และผลงานวิจัยที่แล้ว ๆ มา เชื่อว่าตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพ จะเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทั้งระดับเกรด 12 และระดับวิทยาลัยปีที่ 1 และในด้านยุทธวิธีสอนนั้น ตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างความคิดอย่างเป็นรูปธรรมใน

สมอง ซึ่งเป็นสาระสำคัญ ฉะนั้นยุทธวิธีสอนโดยใช้ตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพ ทำให้
 การเตรียมการสอนง่ายขึ้น ประหยัดเวลา ประหยัดเงิน เพราะตัวเสริมความเข้าใจ
 ด้วยภาพจะใช้เพียง กระดาษ ดินสอ และเวลาในการสอนเท่านั้น ไม่ต้องลงทุนด้าน
 เครื่องมืออื่นใดอีก สรุปว่า ตัวเสริมความเข้าใจด้วยภาพ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ของผู้เรียนเพิ่มขึ้น เกิดพินความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากผู้ที่มีการเรียนรู้ระดับต่ำ นำไปสู่
 การค้นพบใหม่ ๆ จนเป็นผู้ที่มีความสามารถสูงสุดได้ งานอีกชิ้นหนึ่ง คือ ความวาลโร
 (Cavallo. 1991 : 2877) ศึกษาความสัมพันธ์อย่างเหมาะสมระหว่างการเรียนรู้
 อย่างมีความหมาย (Meaningful learning orientation) และรูปแบบการคิด
 (Mental models) อันเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิด ความเข้าใจอย่างมีความหมาย
 (Meaningful understanding) ของนักเรียนจากการเรียนเรื่อง "พันธุกรรมและ
 การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์" ตัวทำนายผลการเรียนรู้อย่างมีความหมาย คือ ความถนัดตาม
 ธรรมชาติ (Aptitude) แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ (Achievement motivation)
 และการเรียนรู้อย่างมีความหมายจะส่งเสริมความเข้าใจอย่างมีความหมาย จากการวิจัย
 พบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมายทั้งความถนัดตามธรรมชาติ และแรง
 จูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จะส่งผลต่อความเข้าใจอย่างมีความหมายโดยอิสระ ลำดับความสำคัญของ
 เนื้อหา กับการเรียนรู้อย่างมีความหมาย จะมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันในเรื่อง
 เดียวกัน ซึ่งจะ เป็นตัวส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างมีความหมาย ในการสอน
 วิทยาศาสตร์ ครูจำเป็นต้องช่วยเหลือผู้เรียนให้รู้จักสร้างลำดับขั้นตอนความสำคัญของเนื้อหา
 ความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหาเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างมีความหมายในการเรียนการสอน
 วิทยาศาสตร์

งานวิจัยเกี่ยวกับการสอนชีววิทยา

ในช่วง 10 ปีเศษที่ผ่านมา มีผลงานการวิจัยเกี่ยวกับการสอนวิชาชีววิทยาทั้งในประเทศและต่างประเทศดังนี้

กอบกุล รตนสุวรรณ (2520) วิจัยการสร้างบทเรียนโปรแกรม วิชาชีววิทยา เรื่อง "การชั้นถ่าย" ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และวิเคราะห์ผลต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนโปรแกรม พบว่า บทเรียนทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ

ยุหตี งามศรีสิทธิศักดิ์ (2523) วิจัยการสร้างบทเรียนโปรแกรมวิชาชีววิทยา เรื่อง "ยีนทางานอย่างไร" ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและใช้วิธีหาประสิทธิภาพเช่นเดียวกับ กอบกุล รตนสุวรรณ พบว่า บทเรียนโปรแกรมทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นเช่นกัน

ส่วน จีรวรรณ ช้างสาส์ (2529) ศึกษาการใช้แหล่งวิทยาการในชุมชนประกอบการสอนวิชาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าแหล่งวิทยาการในชุมชนที่ครูชีววิทยาใช้บ่อยคือ หนังสือเสริมความรู้ และที่นำใช้เลยคือพิพิธภัณฑ์สุสานหอย จังหวัดกระบี่ และศูนย์ชีววิทยาทางทะเลภูเก็ต วิธีใช้แหล่งวิทยาการในชุมชนได้แก่ การจัดหาสื่อจากแหล่งวิทยาการ คุยให้นักเรียนหาข่าว หาบทความจากหนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร รวบรวมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต ชมนิทรรศการวิทยาศาสตร์ สัมภาษณ์บุคคลต่าง ๆ ในชุมชน และเชิญวิทยากรมาบรรยายในโรงเรียน ครูชีววิทยาสส่วนมากมีความเห็นว่า แหล่งวิทยาการในชุมชนประกอบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยามีประโยชน์

มาก และ ศิริวรรณ พึ่งปรีดา (2532) วิจัยการนำบทเรียนโทรทัศน์ สอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดย การเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพของบทเรียนโทรทัศน์กับคู่มือครู ผลปรากฏว่าบทเรียน

โทรทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางด้านกระบวนการทักษะวิทยาศาสตร์สูงกว่า และความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่าการเรียนจากคู่มือครู ส่วน สุนทรีย์ หิมารัตน์ (2533) ศึกษาการสร้างชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 และหาประสิทธิภาพโดยการเปรียบเทียบกับการเรียนจากคู่มือครู แล้วดูผลการเปรียบเทียบจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนจากชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่าการเรียนจากคู่มือครูเช่นเดียวกัน

ในต่างประเทศ มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตและการใช้สื่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา คือ งานของ มิลเลอร์ (Miller. 1386 : 2106) ได้ศึกษาวิจัยประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง การทดลองปฏิบัติการทางชีววิทยาในวิทยาลัย ชุมชน แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบดั้งเดิมและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา โดยที่ใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (ก่อนเรียน / หลังเรียน) และนอกจากนี้ยังใช้แบบทดสอบการรายงานผลการทดลองของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อวัดความคงทนในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังหาการวัดทัศนคติก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาต่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้แบบวัดทัศนคติ CAI attitude inventory มิลเลอร์ใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเรื่อง "การศึกษาเอนไซม์" ซึ่งผลิตโดย เจมส์ แชลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับที่เรียนการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบดั้งเดิม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันเมื่อประเมินจากแบบทดสอบการรายงานผลการทดลองของนักศึกษา แต่เมื่อประเมินจากแบบทดสอบเลือกตอบ นักศึกษาที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า และเมื่อวิเคราะห์จากแบบวัดความคงทนในการเรียนรู้ นักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน และจากแบบวัดทัศนคติของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แบบสถานการณ์จำลองทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน สรุปว่า ในการเรียน การทดลองปฏิบัติการทางชีววิทยาคด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะมีประสิทธิภาพเท่ากับวิธี สอนแบบเดิม นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีเรียนการทดลอง ในห้องปฏิบัติการแบบเดิมในด้านทักษะ ด้านพุทธิพิสัยจะสูงกว่าเดิม นอกจากนี้ แพทเทอร์สัน (Patterson. 1988 : 1049) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบ การใช้วัสดุทัศนูปกรณ์แทนการทดลองในห้องปฏิบัติการ กับรูปแบบการทดลองแบบเดิม แล้วดูผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบทางวิชาการซึ่งมีลักษณะเป็นคำถาม มีภาพ ประกอบ และคำถามที่เป็นตัวเขียนอย่าง เดียว นอกจากนี้ ยัง เปรียบเทียบทัศนคติต่อรูป แบบการทดลองในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 รูปแบบ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีแบ่งห้อง ปฏิบัติการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งใช้ปฏิบัติการทดลองแบบเดิม และอีก ส่วนหนึ่งใช้วัสดุทัศนูปกรณ์แทนการทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้วัสดุทัศนูปกรณ์แทนการทดลอง มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดย การทดลองแบบเดิม เมื่อดูจากแบบทดสอบชนิดเป็นคำถามมีภาพประกอบ แต่ถ้าดูจาก แบบทดสอบชนิดตัวเขียนอย่าง เดียว นักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน และจากการ วิเคราะห์ทัศนคติต่อการเรียนการทดลองปฏิบัติการทางชีววิทยาของทั้ง 2 วิธี ปรากฏว่า กลุ่มที่ใช้วัสดุทัศนูปกรณ์แทนการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีทัศนคติดีกว่ากลุ่มที่ปฏิบัติการ ทดลองแบบเดิม งานวิจัยอีกชิ้นหนึ่ง คือ บาร์โลว์ (Barlow. 1990 : 490) ได้วิจัยเพื่อดูผลของการใช้รูปแบบของกิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการ 3 แบบ คือ การใช้อุปกรณ์ประกอบการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบหนึ่ง การทดลองในห้องปฏิบัติ การแบบเดิมอย่าง เดียวอีกแบบหนึ่ง และรูปแบบการปฏิบัติการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน แล้วประเมินตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาและทัศนคติของนักศึกษา ทั้ง 3 รูปแบบ ศึกษาดทดลองที่วิทยาลัยชีววิทยา มหาวิทยาลัยมิดเดิล เทนเนสซีสเตท วิชาที่ใช้ทดลองคือ "การศึกษชีววิทยาเบื้องต้น" กลุ่มตัวอย่างแบ่ง เป็น 3 กลุ่ม คือ

คือ กลุ่มที่ 1 ใช้รูปแบบการปฏิบัติการทดลองชีววิทยาแบบเดิมมีบรรยายประกอบ และ ใช้กล้องจุลทรรศน์ส่อง เกิดปรากฏการณ์ เก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต การผ่าตัด การสาธิต และ ทดลองตามหนังสือคู่มือ กลุ่มที่ 2 ใช้รูปแบบให้นักศึกษาร่วมกันหากิจกรรมการทดลอง จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง ทบทวน ทดสอบและประเมินผลการ ทดลองด้วยตนเองแล้วนักศึกษาทราบผลทันที กลุ่มที่ 3 ให้นักศึกษาเรียนจากวิดีโอแล้วสรุปรู้อย่างรวบรัดเป็นแนวทางการชีววิทยาอย่างกว้าง ๆ อย่างมีความหมายทุกวัน ผลการวิจัยพบว่าผลการแก้ปัญหาทางชีววิทยามีแตกต่างกันทั้ง 3 วิธี แต่ด้านทัศนคตินั้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน การทดลองปฏิบัติการดีกว่าการใช้วิดีโอ และการใช้ วิดีโอดีกว่าการปฏิบัติการทดลองแบบเดิม

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาอย่างจริงจังในประเทศไทย ได้ แก่คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีหน่วยคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่วิจัย และพัฒนา การประยุกต์ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อการเรียนการสอน ได้พัฒนาโปรแกรม F.E.P (Formative Evaluation Program) ใช้ประเมินความก้าวหน้าทาง การเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภททบทวนการเรียนรู้ ประสิทธิภาพ ขึ้น เมื่อ กุมภาพันธ์ 2529 รวบรวมความร่วมมือกันของนักศึกษา อาจารย์แพทย์ผู้มีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมและแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา

F.E.P เขียนด้วยภาษาเบสิก แสดงผลเป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษใน ลักษณะข้อสอบปรนัย มีการให้คำอธิบาย ให้คะแนน ให้กำลังใจ และคำชื่นชม เวลาที่ใช้ในการทาแบบประเมินเป็นนาทีและวินาที และให้ผลสรุปเมื่อผู้เรียนจบแบบประเมินแต่ละ เรื่อง โปรแกรมที่เข้าบรรจุเนื้อหาวิชามีรูปแบบการบรรจุที่แน่นอน อาจารย์ผู้เขียน

เนื้อหาไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเขียนเนื้อหาสำหรับโปรแกรมได้ง่ายและสะดวก คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้นำ F.E.P ไปบรรจุเนื้อหาวิชาทางการแพทย์และยังได้ประดิษฐ์เครื่องต่อ (Interface) ระหว่างเครื่องฉายสไลด์กับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เนื้อหาวิชาที่ต้องใช้รูปภาพประกอบสามารถนำมาบรรจุลงในโปรแกรม F.E.P ได้

เลอสรร ธนสุกาญจน์ (2530 : 53-57) นำเสนอ การนำคอมพิวเตอร์มาประมวลผลทางชีววิทยา เพื่อศึกษาสิ่งมีชีวิต การวัดขนาดของสิ่งมีชีวิตที่ถ่ายรูปมาได้ จากกล้องจุลทรรศน์ เช่น การวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหางอสุจิ การติดตามดูความสัมพันธ์แบบซิมไบโอซิสระหว่างไนโตรเจนฟิเคซิ่งแบคทีเรีย กับเมรอกพืษตระกูลถั่ว การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของข้อม้ามในขณะที่ย่ำวิ่งแล้ววัดหาตำแหน่งของข้อต่อและกระดูกต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยการวิจัยชีววิทยาได้ ด้วย การเก็บข้อมูลภาพไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์แล้วให้หน่วยประมวลผล (Arithmetic logic unit) ทำการประมวลข้อมูลโดยโปรแกรมที่สั่งไว้ได้โดยการทำให้ภาพชัดเจขึ้น แก้ไขความบกพร่องของภาพ เลือกประมวลผล เฉพาะในขอบเขตพื้นที่ที่สนใจ โดยใช่วิธีการทางสถิติช่วย แล้วทำการประมวลข้อมูลเพิ่มเติมเป็นต้น แต่การจะนำมาใช้งานดังกล่าวยังจำกัดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดพิเศษซึ่งราคาแพง

ปารามทย์ พงษ์ทอง (2530 : 99-102) สรุปเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์จะช่วยครูชีววิทยาได้ดังนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถจัดคอนแทกที่ทันใด เมื่อให้คำสั่งเขียนเส้นและภาพได้ สามารถแสดงได้ 256 สี 4096 ภาพ ความเข้มจาล่องสถานการณ์ได้ บทเรียน (Courseware) สามารถบันทึกลงบนแผ่นจานบันทึกเป็นตัวอักษรภาพและเสียง

ในระดับอนุบาลและประถมศึกษา อาจใช้คอมพิวเตอร์สอนด้วยภาพและเสียง เช่น ภาพสิ่งมีชีวิตกับไม่มีชีวิต อ่านออกเสียงตามที่ได้ยิน พร้อมกับพิมพ์ตัวอักษร เครื่องบอกความถูกต้องให้ดูภาพที่จอแล้วโยงภาพ หรือกาเครื่องหมายให้สัมพันธ์กัน ำหรับบาสีตามธรรมชาติ เป็นต้น

ระดับมัธยมศึกษาใช้คอมพิวเตอร์แบบเดียวกับชั้นประถม ผสมคำถามแบบปรนัย

ระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัย ใช้ทำการสอนแบบให้นักศึกษาค้นคว้าจาก ตำราด้วยตนเอง แล้วให้นักศึกษามาพบทบทวนบทเรียนคอมพิวเตอร์และจอภาพด้วย การตอบคำถามแบบปรนัย คอมพิวเตอร์จะให้นักเรียนตอบคำถามก่อนถ้าตอบถูก และจะบอกให้นักเรียนทราบทันทีที่ตอบผิด โดยการกดปุ่มตอบคำถาม (Response bar) พร้อมกับมีกรอบอ้างอิง (Reference Frame) บนเทรกเข้ามาให้นักเรียนทบทวนบทเรียนคอนนั้นใหม่ทันที

ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้ จอภาพหลาย ๆ เครื่องจะต่อกับตัวแม่ข่ายควบคุมการสอน อาจารย์ผู้สอนจะเห็นคำตอบที่จอควบคุมคนเดียวและอาจเปลี่ยนแปลงทวนวิธีสอนใหม่ เช่น ำให้โอกาสนักเรียนตอบได้หนึ่งหรือสองครั้ง เพื่อแก้ตัวในกรณีผิด นอกจากนี้ยังช่วยคิดคะแนนเมื่อเรียนจบหรือหมดเวลา

การำคอมพิวเตอร์สอนแทนการปฏิบัติจริง (Laboratory) อาจใช้คอมพิวเตอร์จำลอง เล่นเป็นตัวปลอม ำให้นักเรียนได้ทดลองโดยไม่จำเป็นต้องเข้าห้อง Lab จริง หรือำให้คอมพิวเตอร์สร้างสถานการณ์ให้กับนักเรียนเหมือนหาบัสต์จริงว ำในห้องผ่าตัด เช่น จำลอง เล่นอาการทกลเลือกของระบบหัวใจให้นักเรียนตรวจสอบ การสร้างสถานการณ์จำลอง เล่นำให้นักศึกษาเข้าจำในระบบสรีรวิทยาไม่ต้องการว ำเป็นแพทย์ผ่าตัด

บทเรียน (Courseware) อาจทำในรูปเสริมเอกสาร หรือ หดแทนเอกสาร
รวบรวมไว้ในคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ (Computer Mainframe) ใช้ทำการสอนที่
เรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือต่อจอภาพออกไปทำการสอนระยะทางไกลหลาย
แห่งโดยร่วมเข้าคอมพิวเตอร์ระบบเดียวแบบคอมพิวเตอร์ทางการศึกษา (Computer
Based Education) การเรียนการสอนแบบใหม่ที่กระทำกันมากในสหรัฐอเมริกา
เรียกว่า ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดย สร้างฐานข้อมูล
ทางความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาให้กับคอมพิวเตอร์ไว้แล้วสอบถามหาคำตอบ จากคอมพิวเตอร์
เช่น การหาประเภทของแมลงที่จับมาได้ตัวหนึ่ง ก็อาจเริ่มถามคอมพิวเตอร์
ด้วยลักษณะจำนวนขา ต่อด้วยคำถามเกี่ยวกับปีกและสีได้ตอบคำถามกันไปมาจนนานที่
สุด คอมพิวเตอร์จะให้คำตอบออกมาว่าเป็นแมลงชนิดใดได้

งานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาในต่างประเทศ

ส่วนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยานั้น ในฝรั่งเศส (Je'rome.1981 :
49-56) ศึกษาวิจัยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง สอนการ
ทดลองทางชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง "การเจริญพันธุ์ของชนิดสัตว์ที่ชอบ
อยู่โดดเดี่ยว" โดยแบ่งหัวข้อย่อยออกเป็น การเปลี่ยนแปลงประชากรสัตว์ อัตราการ
ขยายพันธุ์ ช่วงเวลาการผสมพันธุ์ และขนาดประชากรสัตว์เริ่มแรก แบบสถานการณ์
จำลองแสดงในรูปภาพเส้นให้นักเรียนคิด 2 วิธี

วิธีที่ 1 ให้นักเรียนวิเคราะห์วิจารณ์เหตุผลเชิงอนุมาน (Deductive)
จากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ทางสถานการณ์จำลองที่นักเรียนเคยพบเห็นคุ้นเคยอยู่
(Behavior Simulation)

วิธีที่ 2 ให้นักเรียนใช้เหตุผลสรุปเชิงอุปมาน (Inductive) จากสถานการณ์จำลองที่นักเรียนยังไม่เคยพบเห็นมาก่อน (Modelling Simulation)

ผลการวิจัยชี้ว่า สถานการณ์จำลองทั้งสองแบบ จูงใจให้นักเรียนแก้ปัญหาเหมือนกับเป็นนักวิทยาศาสตร์จริง ๆ คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสอนปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างดี แต่โปรแกรมการสอนจะต้องได้รับการออกแบบอย่างดี กระบวนการคิดของนักเรียนพัฒนายิ่งขึ้นกว่าเดิมจากวิธี อนุมาน และอุปมาน แม้ นักเรียนจะไม่ได้ลงมือทดลองในห้องปฏิบัติการจริง ๆ แต่ก็สามารถเรียนรู้แนวคิดได้ถูกต้องด้วยความกระตือรือร้นและรู้สึกอิสระ

ยบาร์รอนโด (Ybarrondo, 1984) ศึกษาวิจัยประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมปลาย เพื่อต้องการจะทราบว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถเสริมประสิทธิภาพทางการศึกษาที่มีคุณภาพและทำให้นักเรียนได้การเรียนรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ การวิจัยใช้เวลา 3 สัปดาห์ ในการเรียนการสอน หน่วยลักษณะพันธุกรรมของประชากรสิ่งมีชีวิต (Population Genetics) และกระบวนการวิวัฒนาการ (Evolutionary Processes) ในกลุ่มนักเรียนเก่ง กลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ให้เรียนจากหน่วยการสอนเพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลองจำนวน 39 คน เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ร่วมกับการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้แบบสถานการณ์จำลองเรื่อง แนวโน้มของวิวัฒนาการของประชากรสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีผลมาจากการคัดเลือกธรรมชาติในกลุ่มประชากรของสิ่งมีชีวิตแทนการทดลองในห้องปฏิบัติการแบบเดิม และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ เพื่อการสอน (Tutorial) ในการหาแบบฝึกหัด ทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง ได้รับการทดสอบหลังเรียน และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้วย T-Test ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันระหว่างการสอน 2 วิธี แต่จากการประเมินผล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พบว่า นักเรียนให้ความสนใจมาก นักเรียนเรียนด้วยความสนุก เพลิดเพลิน และมีความอยากรจะเรียนต่อไปเรื่อย ๆ

โคชินสกี (Kosinski. 1984 : 162-167) ได้ทดลองพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการทดลองปฏิบัติการทางชีววิทยา (Biology laboratory) สำหรับนิสิตชั้นปีที่ 1 ณ มหาวิทยาลัยเท็กซัส เอ และเอ็ม (Texas A & M University) วิชาที่พัฒนาคือ สรีรวิทยาปอดหัวใจ (Cardiopulmonary physiology) ประกอบด้วย 4 โปรแกรมติดต่อกัน รูปแบบของบทเรียนใช้ 3 แบบ คือ

แบบฝึกปฏิบัติ ใช้ถาม ตอบ ล้น ๆ ในเนื้อหาที่เรียนมาแล้ว

แบบเพื่อการสอน ใช้สอนความรู้ใหม่ด้วยตัวอักษร แสดงแผนภูมิเคลื่อนไหว

หัวใจ การถาม - การตอบ และแสดงเทคนิคอื่น ๆ

แบบสถานการณ์จำลอง ใช้แทนการทดลองจริง ๆ ในห้องปฏิบัติการ และ

ให้นักศึกษานำบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ได้

สรุปว่า แบบสถานการณ์จำลองจะใช้ประโยชน์ได้สูงสุด แต่การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาจำเป็นต้องรู้เนื้อหา ทฤษฎี กฎเกณฑ์ทางชีววิทยาอย่างดี และมีส่วนเกี่ยวข้องกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกันพัฒนาจึงจะได้บทเรียนที่มีคุณภาพดี

ดอลตัน (Dalton. 1985 : 141) ได้ศึกษาวิจัยผลความแตกต่างด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของนักเรียนจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดอิทธิพลของประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลาย ๆ วิธี และอิทธิพลของตัวแปร 3 ตัว คือ เพศ (gender) ความถนัดตามธรรมชาติ (Aptitude) ความสนใจ (Engagement) ของนักเรียน ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของนักเรียน ต่อการเรียนวิชาชีววิทยา

ระดับมัธยมปลายกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเกรด เอ ที่เรียนวิชาชีววิทยาทั่วไป
จำนวน 171 คน แบ่ง เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมดโดยมีครูคอยให้คำแนะนำ

ตลอดเวลา

กลุ่มที่ 2 เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2 ใน 3 ส่วน ครูแนะนำส่วนเดียว

กลุ่มที่ 3 เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 1 ใน 3 ส่วน ครูแนะนำ 2 ส่วน

กลุ่มที่ 4 เรียนจากวิธีสอนแบบปกติ

ระยะเวลาในการทดลอง 10 วัน เนื้อเรื่องที่เรียน คือ เคมีเบื้องต้นสำหรับ
วิชาชีววิทยาแล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติหลังจบบทเรียนแล้ว การวัด
ความคงทน (Retention) หลังจากทดสอบแล้ว 7 สัปดาห์ การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ
ความสำเร็จระหว่างการเรียนรู้ผ่านใบ 2 สัปดาห์

ผลการวิจัยสรุปว่า

1. การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมด โดยครูดูแลตลอดเวลา มี
ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการเรียนจากคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนเพียงบางส่วน
2. การสอนที่มีครูแนะนำเพียงเล็กน้อย และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน 1
ใน 3 ส่วน มีประสิทธิภาพมากกว่า การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกวิธีและสูง
กว่าการสอนแบบปกติ
3. ความคงทนของการเรียนรู้ เมื่อเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2 ใน
3 ส่วน สูงกว่า การสอนแบบปกติ
4. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

5. ทักษะคตินักเรียนเมื่อเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกวิธีนั้นแตกต่างกันกับการสอนตามปกติ
6. ทักษะคตินักเรียน ที่มีความถนัด ตามธรรมชาติระดับสูง กลาง และต่ำ ไม่แตกต่างกัน
7. ทักษะคตินักเรียนชายและนักเรียนหญิง ไม่แตกต่างกัน
8. นักเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีทัศนคติทางบวกสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ

รีด (Reed, 1986 : 147) ศึกษาวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติต่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาของนักเรียนที่เรียนอ่อน การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ เปรียบเทียบผลการสอนวิชาชีววิทยามัธยมศึกษา 2 แบบ คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเอกสารการเรียนรู้ (Worksheet) ผู้วิจัยได้สุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนจากหลายห้องเรียนละกัน แล้วแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อย 3 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 เรียนจากเอกสารการเรียนรู้ (Worksheet) อย่างเดียว

กลุ่มที่ 3 เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเอกสารการเรียนรู้อย่างละครึ่ง

ผู้วิจัยได้พัฒนาสารทั้งหมดในการทดลองด้วยตนเอง และใช้เวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ เรื่องที่ใช้เรียนคือ พันธุกรรมและการสืบพันธุ์ซึ่งประกอบด้วย 4 บทเรียนย่อย ๆ จะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจบบทเรียนทุกครั้ง และเมื่อเรียนครบทุกชุดแล้วจะมีการวัดทัศนคติของนักเรียนอีกทีหนึ่ง

ประชากรในการศึกษา เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเกรดเอ ในระดับต่ำจำนวน 69 คนจากโรงเรียนแห่งคลินเคาท์ รัฐจอร์เจีย ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 วิธี ไม่แตกต่างกันใน 3

บทเรียน แต่บทเรียนที่ 4 เรื่องพันธุกรรม กลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรวมกับเอกสารการเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า กลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียวหรือเรียนจากเอกสารการเรียนอย่างเดียว

มิลเลอร์ (Miller. 1986 : 197) ทดลองใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสถานการณ์จำลอง การทดลองปฏิบัติการวิชาชีววิทยาที่มหาวิทยาลัยซุมซันที่มหาวิทยาลัยฟลอริดาตะวันตก โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้กับการทดลองปฏิบัติการชีววิทยาในห้องทดลองแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลการทดลองทั้งสองวิธีใช้ ข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดหลายตัวเลือก เป็นแบบทดสอบก่อน / หลังเรียน (Pretest/Post test) และแบบรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง (a laboratory report form) การประเมินผลหลังเรียนเพื่อวัดความคงทนของการเรียนรู้ (Learning retention) วัดทักษะการเรียนรู้ (Cognitive Learning skills) ตามหลักของบลูม และทัศนคติของผู้เรียน เนื้อเรื่องที่สอนคือ การทดสอบเอนไซม์

ผลการทดลองสรุปว่า ผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นแตกต่างกับการทดลองปฏิบัติการในห้องทดลองแบบปกติ และจากข้อทดสอบทัศนคติของนักเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการทดลองปฏิบัติการแบบปกติก็ไม่ได้แตกต่างกันด้วย

จาก เอกสารการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยาสรุได้ว่า มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยาในหลายรูปแบบ คือ ใช้เพื่อการสอนและทดสอบ เช่น คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปราโมทย์ พงษ์ทอง . 2530 : 99-102) ใช้เก็บข้อมูลภาพ ทำการประมวลผลข้อมูล ทำให้ภาพชัดเจขึ้น

แก้ไขข้อบกพร่องของภาพ เลือกประมวลภาพ เฉพาะขอบเขตพื้นที่ที่สนใจ (เลอสรร
 ธนสุกาญจน์. 2530 : 53-57) ใช้คอมพิวเตอร์แทนการทดลองในห้องปฏิบัติการ
 จริงๆ วิชาใช้รูปแบบสถานการณ์จำลอง ทำแบบฝึกหัด และรูปแบบเพื่อการสอน
 รวมกัน (Je'rôme. 1981:49-56; Ybarrondo. 1984; Kosinski. 1984 :
 162-167; Miller.1986 : 197) และสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเนื้อหา
 วิชาเพื่อเปรียบเทียบการสอน (Dalton.1985 : 141; Reed. 1986 : 147)

ตอนที่ 2 ลักษณะทั่วไปของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) เป็นการสอน วิชาใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ด้วยการเสนอบทเรียนที่ได้จัดเรียงไว้เป็นลำดับขั้นให้แก่ผู้เรียน และให้ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการตอบ กับบทเรียนที่เสนอนั้น วิชาผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งบทเรียนอาจออกมาหลายรูปแบบ (อุทุมพร จามรมาน และคนอื่น ๆ. 2530 : 4) ที่จะ ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาวิชาต่าง ๆ ลักษณะนี้จะต้องประกอบด้วย โปรแกรมบทเรียน วิชาต่าง ๆ ที่ถูกสร้างไว้แต่ละเนื้อหาหรือแต่ละวิชา แล้วเอาโปรแกรมเหล่านี้ไปสอนวิชา ผ่านคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันเป็นที่รู้จักกันมาก ชื่อ CAI (Computer Assisted Instruction) (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 4) นอกจากนี้ยังมีชื่ออื่น ๆ ที่ใช้เรียกกันหลายชื่อ แต่ก็ มีความหมายอย่างเดียวกัน เช่น

CAL Computer Assisted Learning (Computer Aided Learning)

CBI Computer Based Instruction

CBL Computer Based Learning

CBE Computer Based Education

CBT Computer Based Training

IAC Instructional Application of Computer

(Alessi, and Trollip, 1985 : 59; Romiszowski 1985 : 267)

วิธีการของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ ครูใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ได้จัด เตรียมมาเรียบร้อยแล้วป้อนเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์ผู้เรียนแต่ละคนจะมีจอแสดงผล ซึ่งอาจเป็นเทอร์มินัล (Terminal) ที่ต่อมาจากเครื่องใหญ่ ในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ขนาดใหญ่แต่ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สุด (Microcomputer) แต่ละคนก็จะมี

ชุดคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งบทเรียนที่จะเรียนแล้วเรียกบทเรียนขึ้นมาบนจอแสดงผล ทำ
 การศึกษาบทเรียนนั้น ๆ ไปตามที่โปรแกรมกำหนดไว้ อาจเป็นลักษณะของการ
 อธิบายเนื้อหาด้วยตัวอักษร หรือรูปภาพ เมื่อเข้าใจแล้ว โปรแกรมก็อาจสั่งให้พิมพ์
 หรือคลิกปุ่ม หรือติดต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อเรียนเนื้อหาลำดับต่อไป แต่ถ้าหากผู้เรียน
 ไม่เข้าใจ หรือยังไม่เกิดการเรียนรู้เนื้อหาในตอนนั้น ๆ คอมพิวเตอร์ก็จะให้อ่าน
 บทวนหรืออ่านซ้ำ แล้วมีการตรวจสอบเพื่อดูว่าผู้เรียนเกิดการการเรียนรู้หรือยัง ในบท
 เรียนหนึ่ง ๆ อาจออกแบบแตกต่างกันไปบางโปรแกรมจะมีการทดสอบหาแบบฝึกหัด
 ความรู้ไปจนจบบทเรียน บางโปรแกรมอาจมีเฉพาะเนื้อหาที่เป็นตัวอักษร และแบบ
 ทดสอบ บางโปรแกรมมีทั้งตัวอักษร รูปภาพประกอบและแบบฝึกหัด มีการตรวจให้
 คะแนนบอกคะแนนว่าทำถูกกี่ข้อผิดกี่ข้อ ควรจะกลับไปศึกษาใหม่หรือให้ผ่านไปได้
 ในขณะที่เรียนก็จะมีคำชมเชย ให้กำลังใจ หรือตำหนิบ้างถ้าทำผิดซ้ำ ๆ มาก ๆ
 คล้ายกับการเรียนกับครูตัวต่อตัว เวลาในการเรียนของผู้เรียนจะแตกต่างกันไปตาม
 ความสามารถของแต่ละคน คนที่เข้าใจได้รวดเร็วก็สามารถเรียนจบบทเรียนนั้น
 ได้ก่อน ส่วนคนที่เรียนช้าก็จะมีโอกาสเรียนให้จบได้เช่นกัน แต่ต้องใช้เวลามากกว่า
 คนเก่ง ดังนั้นผู้เรียนจึงสามารถเรียนไปได้เรื่อย ๆ โดยไม่รู้สิริว่าเคยที่จะต้องคอย
 เพื่อน หรือรู้สึกลังเลใจที่จะต้องพยายามตามเพื่อนให้ทัน (อรพันธุ์ ประสิทธิรัตน์.
 2530 : 5) กล่าวโดยสรุปก็คือ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีลักษณะเป็นการเรียนการ
 สอนรายบุคคล (Individualized Instruction) ซึ่งผู้เรียนอาจเรียนโดย
 ลำพังผู้เดียว จับคู่กันเรียน หรือเรียนเป็นกลุ่มย่อยเล็ก ๆ ก็ได้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 สามารถแสดงปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับผู้เรียนในลักษณะการสื่อสารสองทาง
 (Two-Way Communication) เช่นการตั้งคำถามและผู้เรียนตอบ แล้วคอมพิวเตอร์
 จะแสดงผลย้อนกลับให้ผู้เรียนทราบว่า ตอบผิดหรือถูก พร้อมกับการให้กำลังใจ
 หรือตำหนิผู้เรียนก็ได้ อีกลักษณะหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ สามารถให้

คำแนะนำ(Guide) หรือช่วยเหลือนักเรียนเพิ่มเติมได้เมื่อนักเรียน ตอบผิด หรือ หนทางแบบฝึกหัดไม่ถูกต้อง มันสามารถเสนอรายละเอียดของสิ่งที่เรียน คำอธิบาย ตลอดจนแสดงตารางประกอบเพิ่มขึ้น อันจะทำให้ผู้เรียน เรียนได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ฉะนั้น เมื่อเปรียบเทียบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนแบบปกติแยกได้เป็น 3 ประการ คือ

1. การเรียนการสอน (Instruction) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะนำเสนอ ตัวอักษร รูปภาพ การสอนแบบปกติ จะใช้ภาษาพูดตัวอักษร รูปภาพ และการเคลื่อนไหวแสดงอาการกิริยาของร่างกายประกอบ
2. ผู้เรียน (Learner) เมื่อเรียนจากคอมพิวเตอร์ จะใช้การอ่านการสังเกต บางครั้งอาจใช้วิธีฟังเสียง ส่วนการสอนแบบปกติผู้เรียนจะใช้ การอ่าน การสังเกต และการฟัง ประกอบกันเสมอ
3. การตอบสนองของผู้เรียน (Response) เมื่อเรียนจากคอมพิวเตอร์ใช้ การพิมพ์บนแป้นพิมพ์ (Key Board) การสัมผัส หรือใช้เครื่องมืออื่น ๆ ประกอบ ส่วนการสอนแบบปกติใช้การพูดตอบ เขียนตอบ หรือใช้การเคลื่อนไหวอาการกิริยาทางกาย เป็นต้น (Steinberg. 1991 : 2-7) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้กันมาปัจจุบัน มีหลายรูปแบบ (model) แต่ละรูปแบบมีลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. แบบบททวนหรือแบบเพื่อการสอน (Tutorial)

บทเรียนแบบบททวนเป็นบทเรียนคล้ายบทเรียนสำเร็จรูปเคยจัดเนื้อหาวิชาเพียงบางตอนที่เด็กเรียนไม่ทัน หรือขาดเรียนนานวันทีนักเรียนส่วนใหญ่นักเรียนเรื่องนั้น บทเรียนแบบนี้จะจัดลำดับเนื้อหาเป็นระบบและ เรียงกันมา ผู้เรียนจะศึกษาตามลำดับที่จัดปรแกรมไว้ ต่อจากนั้นจะมีการตั้งคำถามทีละคำถาม ให้ผู้เรียน

ตอบ ถ้าตอบไม่ได้ จะได้รับความแนะนำให้ศึกษาเนื้อหานั้นใหม่และให้ตอบคำถามจนกว่าจะเข้าใจ หากนักเรียนตอบได้คอมพิวเตอร์จะถามคำถามต่อไป การเรียนรู้จึงเกิดจากการที่นักเรียนได้คิดเพื่อที่จะตอบคำถามด้วยคอมพิวเตอร์

การสอนด้วยบทเรียนแบบนี้ เหมาะที่จะใช้สอนความคิดรวบยอดในด้านต่างๆ ซึ่งคอมพิวเตอร์อาจสอนได้ดีกว่าครู เป็นการสอนที่สอดคล้องกับลักษณะความแตกต่างระหว่างบุคคลของเด็ก เพราะเด็กสามารถเรียนด้วยตนเองตามความสามารถและระดับสติปัญญาของคน (อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 23)

โครงสร้างของบทเรียนแบบบทเรียนนี้ ประกอบด้วย 8 ส่วนย่อย ดังนี้

การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)

การเสนอเนื้อหา (Presentation of information)

การถาม-การตอบ (Question and response)

การตรวจคำตอบ (Judging response)

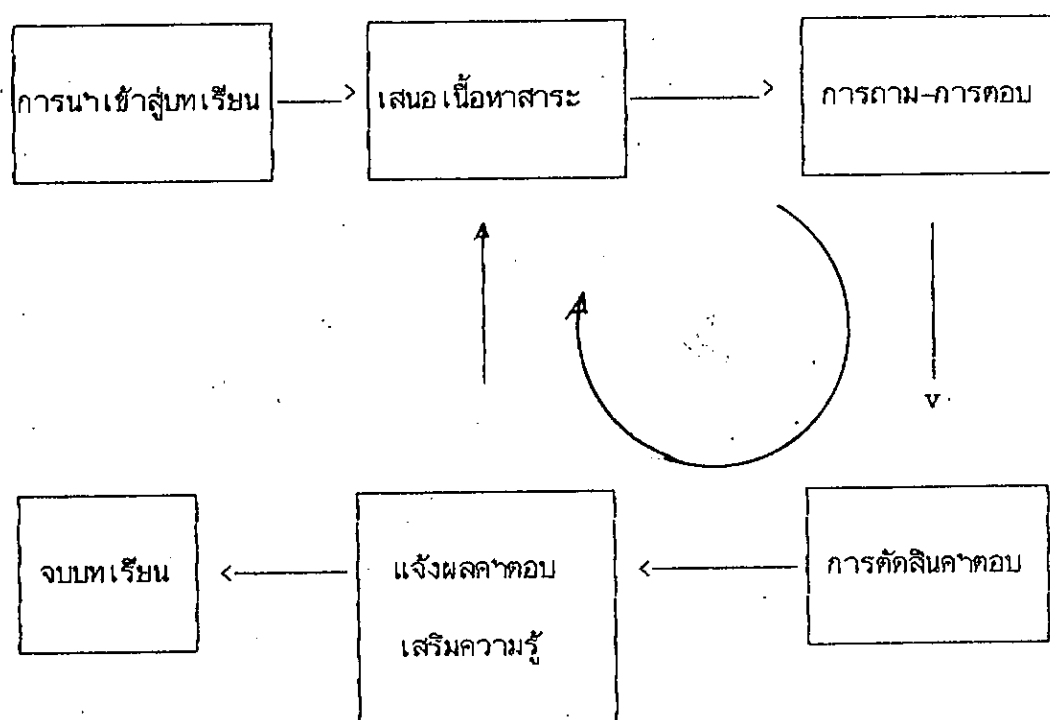
แจ้งผลคำตอบย้อนกลับให้ทราบ (Providing feedback about response)

เสริมความรู้เพิ่มเติม (Remediation)

ลำดับการเรียนรู้บทเรียน (Sequencing lesson segments)

จบบทเรียน (Closing)

โครงสร้างของบทเรียนแสดงได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบบททวน หรือแบบเพื่อการสอน

(Alessi and Trollip. 1985 : 66)

ข้อเสนอแนะการสร้างบทเรียนแบบบททวนเพื่อการสอน

การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)

- ำให้เนื้อหาสั้นกระชับ
- บอกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน
- บอกวิธีการเรียนบทเรียนที่แน่นอนและบอกำให้รู้ทั้งหมด
- บอกำให้รู้ว่ำก่อนการเรียนบทเรียนนัก เรียนต้องมีความรู้ว่ำไรก่อนบ้าง
- ำให้นักเรียนเลือกลำดับการเรียนเองโดยเลือกจ่ำร่ำยการและกลับมำที่
ร่ำยการำให้เลือก (Menu)อีกเมื่อเรียนหน่วยที่ำได้เลือกไปเสร็จเรียนร่ำยแล้ว

- แบบทดสอบก่อนเรียนไม่ควรใส่ไว้ในบทเรียน ใช้แบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้ของนักเรียนที่จะต้องเรียนต่อไป และแบบทดสอบก่อนเรียนควรแยกจากบทเรียน

การเสนอเนื้อหา (Presentation of Information)

- เสนอเนื้อหาที่สั้นกระชับ
- ออกแบบการเสนอเนื้อหาให้ดึงดูดความสนใจ
- ไม่ใช้ตัวหนังสือวิ่งจากบนลงล่างหรือล่างขึ้นบน
- เน้นส่วนที่ต้องการให้ผู้เรียนทำความเข้าใจ เปรียบเทียบหรือชี้แนะ
- ช่วยการใช้จุดเน้น (Highlight)
- ทำให้สื่อกระตุ้นหรือเน้นส่วนสำคัญ
- หลีกเลี่ยงการใช้สีแทนเนื้อหาทั่วๆ ไปที่ไม่ใช่ส่วนสำคัญ
- ตัวอักษรต้องอ่านง่าย
- เน้นความแตกต่างระหว่างหัวข้อให้ชัดเจน
- ใช้วิธีการสอนให้เหมาะกับเนื้อหา
- จัดเตรียมกระบวนการเรียนที่จะช่วยผู้เรียนในการใช้หรือปฏิบัติ
- ตามได้ง่าย

การถาม - การตอบ (Question and Responses)

- ให้คำถามบ่อยๆ โดยเฉพาะคำถามที่เกี่ยวกับความเข้าใจ
- หากทางให้ผู้เรียนตอบคำถามทางช่องทางอื่นอย่าใช้เพียงทางแป้นพิมพ์
- ตัวกระตุ้น (Prompts) เป็นเครื่องหมายแสดงให้ผู้เรียนตอบคำถามควรอยู่ใต้คำถาม ใกล้ทางซ้ายมือของจอมอนิเตอร์
- คำถามควรมีลักษณะที่ช่วยสนับสนุนให้ตอบคำถามมาที่ถูกต้อง
- ถามคำถามจุดที่สำคัญ ของเนื้อหา

- ยอมให้ผู้เรียนตอบได้มากกว่า 1 ครั้งใน 1 คำถาม
- การเขียนคำถามแบบเลือกตอบนั้นทำได้ยาก แต่ง่ายในการตรวจ และอาจมีการเดาได้
- คำถามแบบการเขียนตอบนั้นทำได้ง่าย แต่ยากในการตรวจและ บัองกันการเดาได้
- ต้องรู้ว่าจะทดสอบความจำหรือความเข้าใจและเลือกชนิดของคำถามให้เหมาะสม
- ภาษาที่ใช้ในบทเรียนควรมีความยากง่ายที่เหมาะสมกับระดับของผู้เรียน
- หลีกเลี่ยงการใช้คำถามแบบย่อหรือถามในทางปฏิเสธ
- คำถามไม่ควรเป็นตัวหนังสือเลื่อนจากบนลงล่างหรือจากล่างขึ้นบน
- คำถามจะแสดงบนจอมอนิเตอร์เพื่อเสนอเนื้อหาจบแล้วและอยู่ได้นานพอ

การตัดสินคำตอบ (Judging Responses)

- การตัดสินคำตอบเกี่ยวกับเขาวงกต ครูจะต้องยอมรับคำถามบางคำถามที่มีความหมายใกล้เคียงกัน สะกดเหมือนกันหรือคำพิเศษต่างๆ
- จะต้องพิจารณาทุกคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด
- ให้ความรู้ผู้เรียนในการตอบคำถาม
- ให้ผู้เรียนได้รับการช่วยเหลือจนสามารถผ่านไป

การให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับคำตอบ (Providing Feedback about Responses)

- ถ้ารูปแบบคำตอบผิด ให้บอกว่ารูปแบบที่ตอบนั้นผิดแล้ว ให้บอกรูปแบบคำตอบที่ถูกต้องและให้ตอบคำถามอีก
- ถ้าเนื้อหาคำตอบถูก ให้ยืนยันคำตอบอีกครั้งหนึ่ง

- ถ้าเนื้อหาทดสอบผิด ให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อการแก้ไข

การให้เนื้อหาเสริม (Remediation)

- ให้เนื้อหาเสริมสำหรับผู้ที่ยังเรียนได้ไม่ดีอย่าหักลบไปเรียนบทเรียนใหม่ หรือเรียนจากผู้สอน

ลำดับการเรียนรู้ (Sequencing Lesson Segments)

- เสนอบทเรียนไปตามลำดับขั้นจากง่ายไปหายาก
- หลักเสี่ยงการเข้าบทเรียนเชิงเส้น (Linear Tutorial)
- ควรรวบทเรียนเชิงสาขา (Branching Tutorial)
- ให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วยแป้นพิมพ์ ไม่ควรรวใช้เวลาในการควบคุมบทเรียน
- จัดทบทเรียนให้สามารถกลับไปเริ่มต้นบทเรียนได้ใหม่

การจบบทเรียน (Closing)

- เก็บข้อมูลไว้สำหรับกลับมาเรียนใหม่
- ลบข้อมูลบนจอมอนิเตอร์
- บอกให้ทราบถึงการจบบทเรียนด้วยข้อมูลที่สั้นและแจ่มชัด

2. แบบฝึกปฏิบัติ (Drill and Practice)

เป็นบทเรียนที่ให้ผู้เรียน ได้ทบทวนฝึกหัดหลังจากที่ได้เรียนเนื้อหาแล้ว หรือมีการฝึกซ้ำๆ เพื่อให้เกิดทักษะ อาจจะเป็นทักษะด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษา เช่น การอ่าน และการสะกดตัวอักษร เป็นต้น จุดสำคัญของการฝึกทักษะก็เพื่อเสริมการสอนของครู และช่วยให้นักเรียนหาทักษะเพิ่มเติม จากการฝึกซ้ำๆ นั้นแม้จะมี

คอมพิวเตอร์มาช่วย การเรียนการสอนก็มีอาจจะขาดครูได้ (อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์.

2530 : 6 ; ผดุง อารยะวิทย์. 2527 : 42; อุทุมพร จามรมาน และคนอื่น ๆ.

2530 : 23)

โครงสร้างของบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ๆ 7 ส่วน ดังนี้

การนำสู่บทเรียน (Introductory Section)

การเลือกข้อความ (Select Item)

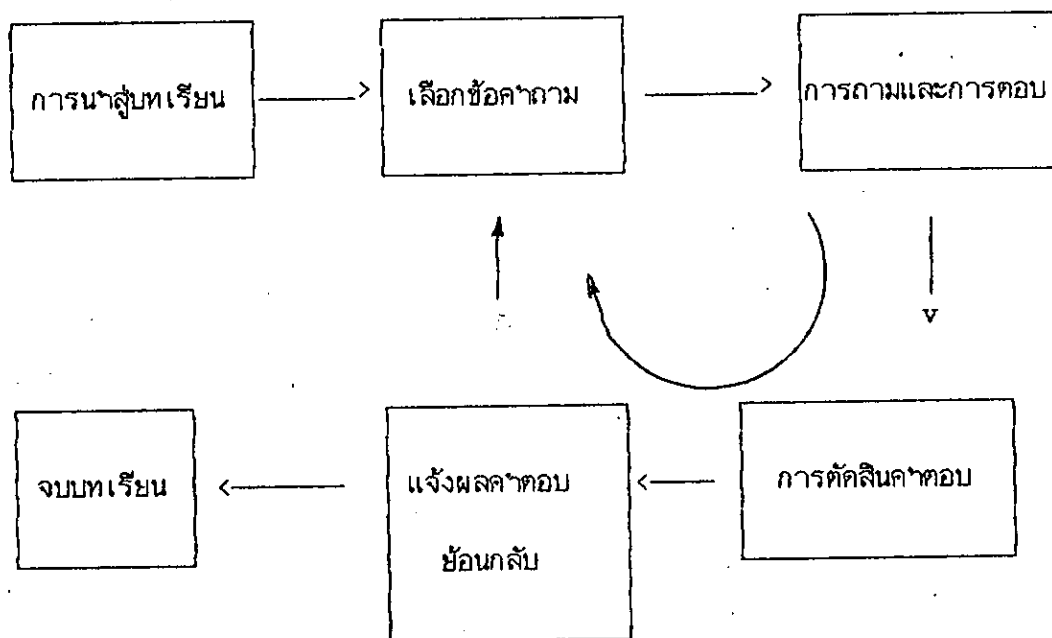
การถาม-การตอบ (Question and Response)

การตัดสินคำตอบ (Judge Response)

การแจ้งผลคำตอบ (Feedback)

จบบทเรียน (Closing)

ผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติ

(Alessi and Trollip. 1985 : 135)

ข้อแนะนำการสร้างบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติ

- ใช้ชื่อเรื่องสั้น
- คำแนะนำการเข้าสู่บทเรียนละเอียดชัดเจนและนักเรียนสามารถกลับมาสู่คำแนะนำนี้ได้เมื่อต้องการ
- การใช้ข้อคำถามกะทัดรัด และตรงความมุ่งหมาย คำตอบควรเป็นคำโดด (Single word) หรือตัวเลข จะดีที่สุด
- ควรพิจารณาความสอดคล้องของ เนื้อหาที่เสนอและคำตอบเพื่อให้เกิดการเรียนรู้
- ข้อคำถามควรระวังตัวสะกด การันต์ต้องชัดเจน ตลอดจนไวยากรณ์และเครื่องหมายวรรคตอน

- ควรใช้กราฟฟิค ตัวอักษร การเน้นด้วยตัวกระพริบ การย้อนกลับ หรือสิ่ง
จูงใจอื่นๆ
- ใช้ข้อความที่มีความยากเท่ากันว ตลอดการฝึกปฏิบัติ
- ใช้ข้อความที่เรียงติดต่อกันและสามารถแทรกข้อความที่นักเรียนตอบผิด
บ่อยๆ ลงในระหว่างชุดคำถามได้ ซึ่งชุดคำถามแบบนี้ เรียกว่า VIP
(Variable Interval Performance) หรือเป็นชุดคำถามแบบเลือก
ลำดับข้อความได้ (Algorithm selection)
- ข้อความใดที่หาถูกต้องสทั้งปวงได้ ส่วนข้อที่ยังหาไม่ถูกสามารถนำไปสอด
แทรกระหว่างข้อที่ยังไม่ได้หามาในชุดคำถามนั้นๆ ได้
- การจบบทเรียนอย่างถาวรขึ้นอยู่กับการหาแบบฝึกหัดจนจบ และเกิดทักษะ
ได้รับความรู้ในเนื้อหาตรงตามวัตถุประสงค์ เกณฑ์การผ่านบทเรียน คือ
หาแบบฝึกหัด ถูก 80% ขึ้นไป
- การจบบทเรียนชั่วคราวสามารถทำได้เมื่อนักเรียนต้องการและสามารถไป
เริ่มต้นใหม่ได้
- ควรจัดรายการขอความช่วยเหลือ (HELP) และดูคำตอบได้
- การตรวจตัดสินคำตอบควรพิจารณาอย่างฉลาด
- การแสดงผลย้อนกลับ หากผู้เรียนตอบผิดหลายครั้งควรบอกว่า "ผิด" เฉย ๆ
แต่ควรให้กำลังใจโดยบอกว่า "พยายามอีกทีสิ"
- คำตอบประเภทที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบเอง (Constructed Response)
เมื่อแจ้งผลคำตอบ ควรใช้เครื่องหมายกำกับไว้ที่คำตอบหากเป็นคำตอบ
ชนิดถูกบางส่วน (Partially Correct)
- ถ้าคำตอบ ถูกต้อง ควรยืนยันว่าถูกสิ้นๆ
- ถ้าคำตอบ ผิด ควรบอกคำตอบที่ถูกต้องกำกับไว้ให้นักเรียนทราบด้วย

- การแจ้งผลย้อนกลับ ใช้ถ้อยคำง่าย ๆ กระชับและให้ความรู้สึกทางบวก
- แยกข้อผิดพลาดทั้งหมดไว้ต่างหาก แล้วแจ้งผลย้อนกลับให้ผู้เรียนทราบเป็นพิเศษอีกทีหนึ่ง
- การใช้เทคนิคคำถามที่ต่อเนื่องกันจนไม่สิ้นสุด (The Endless Continuum Technique) โดยเลือกจากชุดคำถามย่อย (Subdrill Group) การฝึกปฏิบัติคงใช้เกณฑ์ 15 นาที เหมือนเดิม และยึดวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะ
- ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากฝึกปฏิบัติยิ่งขึ้น ทาได้โดยวิธีแข่งขันการบรรลุวัตถุประสงค์ รายงานความก้าวหน้าการฝึกให้ผู้เรียนทราบ มีการเสริมแรงตลอดเวลา แต่ยังคงยึดเกณฑ์เดิม คือ จำกัดเวลา 15 นาที แต่ฟังระว่างเรื่องการแข่งขัน จะทำให้นักเรียนที่เรียนอ่อนท้อใจได้

3. แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

บทเรียนชนิดนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง เพราะในบางบทเรียนจำเป็นต้องสร้างภาพพจน์ให้เหมือนจริง ซึ่งหลายวิชาไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้ เช่น การเคลื่อนที่ของลูกปืน การเดินทางของแสง การหักเหของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ ปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่ต้องใช้เวลาหลายวันจึงปรากฏ

การใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์ทำให้เข้าจบบทเรียนได้ง่าย เช่น การสอนเรื่อง การเคลื่อนที่วิถีโค้ง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เราสามารถสร้างสถานการณ์จำลองเป็นรูปภาพด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้เรียนได้เห็นจริงและ เข้าใจง่าย นอกจากนี้ยังเกิดประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีก เช่น การจำลองสถานการณ์ในบทเรียนช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่อง วัสดุ อุปกรณ์ ปฏิบัติงานได้มาก เช่น การทดลองทางเคมีที่ต้องใช้สารเคมี การจำลองสถานการณ์อาจ

ช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดกับผู้เรียน เช่น การทดลองเกี่ยวกับการแยกตัวของสารเคมี หรือ รังสี การจำลองสถานการณ์อาจใช้เวลาของปรากฏการณ์ให้สั้นเข้าสามารถสมมุติเวลา จาก 1 วัน มาเป็น 1 นาที ได้ เป็นต้น (อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 24)

โครงสร้างของบทเรียนแบบจำลองสถานการณ์มีองค์ประกอบย่อย 6 ส่วน ดังนี้

การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)

เสนอสถานการณ์สู่จอแสดงผล (Present Scenario)

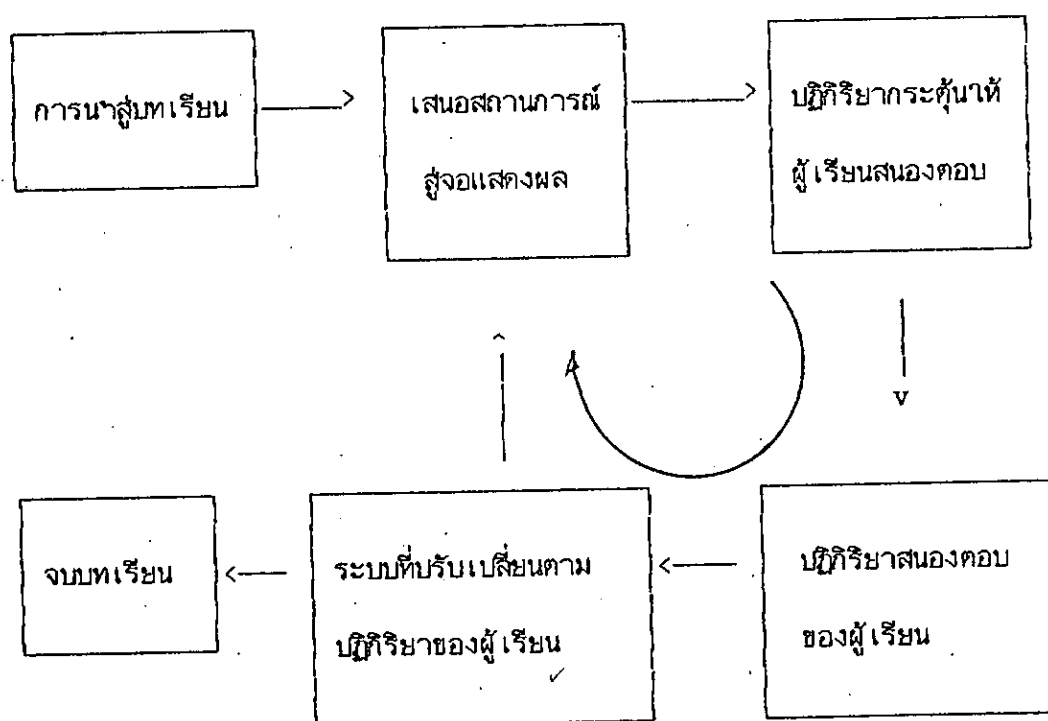
ปฏิบัติการกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบสนอง (Action Required)

ผู้เรียนแสดงปฏิกิริยาสนองตอบ (Student Acts)

ระบบที่ปรับเปลี่ยนตามปฏิกิริยาที่แสดงออกของนักเรียน (System Updates)

จบบทเรียน (Closing)

ผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบการจำลองสถานการณ์

(Alessi and Trollip. 1985 : 176)

ข้อเสนอแนะในการสร้างบทเรียนจำลองสถานการณ์

- ควรใช้ชื่อเรื่องสั้นๆ
- บอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนและจุดมุ่งหมายของสถานการณ์จำลอง
- บอกคำชี้แจงการเรียนรู้ให้ชัดเจน สมบูรณ์ และสามารถให้นักเรียนกลับมาที่คำชี้แจงใหม่ได้
- ควรใช้กราฟิก สี เสียง เน้นตรงตำแหน่งที่เป็นเนื้อหาสำคัญ
- ไม่ควรใช้กราฟิกเกินความจำเป็น แต่ควรใช้เฉพาะกับเนื้อหาที่จำเป็นเท่านั้น
- ควรนำเสนอในส่วนที่จะให้นักเรียนได้ตอบได้ถูกต้องตรงประเด็นตามที่บทเรียนต้องการ
- ควรแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบทันทีถ้าผู้เรียนเพิ่งเริ่มเรียน และแจ้งผลตามปกติสำหรับผู้เรียนที่ชำนาญแล้ว
- ควรให้นักเรียนมีโอกาสเลือกเรียนตอนใดตอนหนึ่งได้
- ควรให้นักเรียนกลับมาเริ่มต้นใหม่ที่ใดก็ได้
- ควรให้หยุดเรียน เวลาใดก็ได้ และเริ่มต้นใหม่ที่ใดก็ได้
- สถานการณ์จำลองควรชัดเจน และสรุปเนื้อหาในตอนจบ
- เมื่อจบบทเรียนควรบอกนักเรียนว่าต้องทำอะไรต่อไปบ้าง

4. แบบเกมการเรียนรู้การสอน (Instructional games)

เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการเล่นเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ พัฒนาความคิด ความอ่านต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้นช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับหลักวิชาการที่นักเรียนยังไม่เคยเรียนมาก่อน ทำให้นักเรียนได้ความรู้และ สนุกสนาน เพลิดเพลินไปพร้อมกัน เกมการเรียนรู้การสอนมีเป้าหมาย สำคัญ คือช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้

เป็นสำคัญ ส่วนที่มีลักษณะเหมือนเกมทั่ว ๆ ไป คือ เป็นการแข่งขัน เพื่อชัยชนะซึ่งเป็นการนำไปสู่การเรียนรู้นั่นเอง

เกมการเรียนการสอนสามารถนำไปใช้ ได้อย่างกว้างขวางในหลายสาขาวิชาทั้ง คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ หรือภาษาศาสตร์ เช่น เกมการต่อคำ เกมเติมคำ เกมคิดแก้ปัญห เช่น ทาทางออกเขาวงกต เกมการตัดสินใจหรือแก้ปัญหบางอย่าง เช่น เกมบุกรบราสาท เกมการคิดคำนวณ เป็นต้น (อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 7; ผดุง อารยะวิทยา. 2527 : 43-45; อุทุมพร จามรมานและคนอื่น ๆ. 2530 : 24)

โครงสร้างของบทเรียนแบบเกมการเรียนการสอนประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ

7 ส่วนดังนี้

การนำเข้าสู่บทเรียน (Introduction)

เสนอบทเรียนสู่จอภาพ (Present Scenario)

ปฏิบัติการกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบสนอง (Action Required)

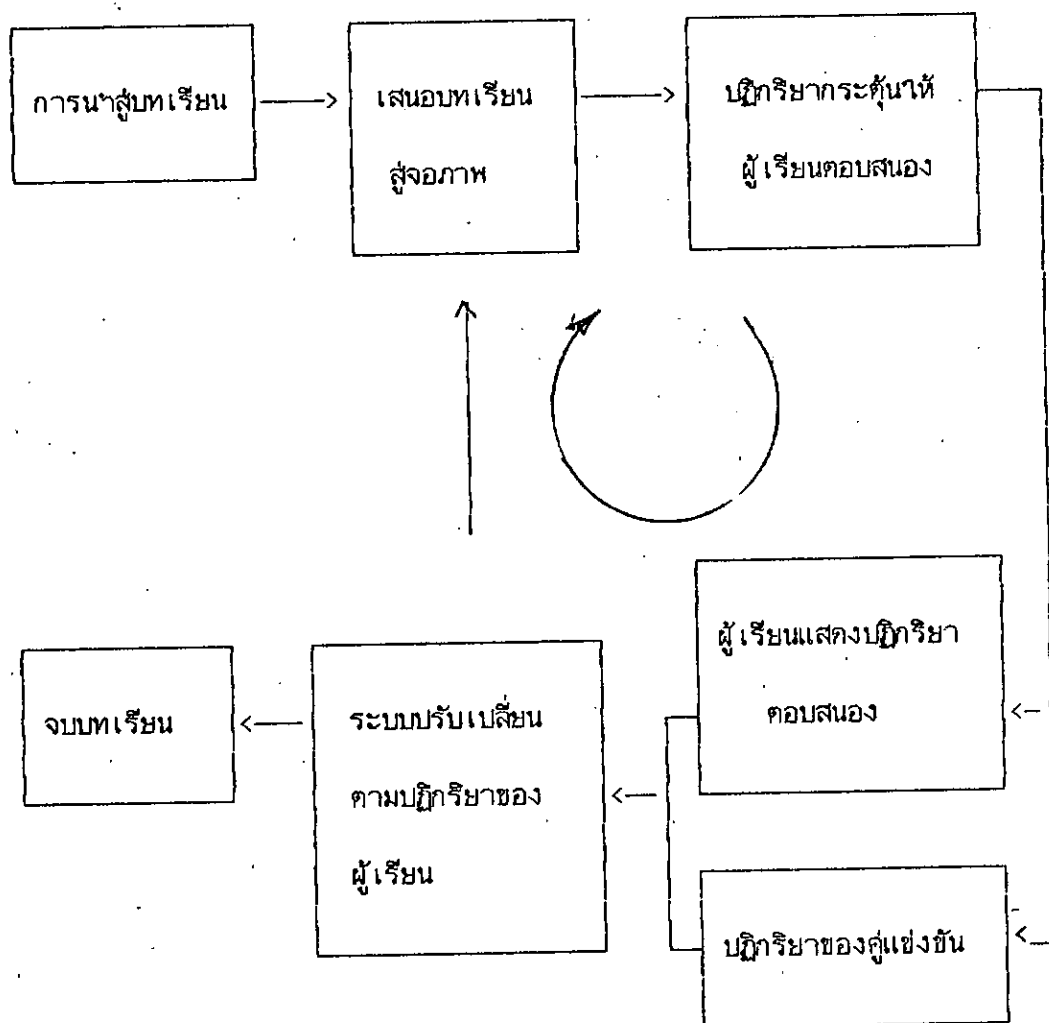
ผู้เรียนแสดงปฏิบัติการตอบสนอง (Student Acts)

ปฏิริยาของคู่แข่งขัน (Opponent Reacts)

ระบบปรับเปลี่ยนตามปฏิริยาของผู้เรียน (System Updates)

จบบทเรียน (Closing)

ตามแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 5 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบเกมการเรียนการสอน

(Alessi and Trollip. 1985 : 217)

ข้อเสนอแนะในการสร้างบทเรียนเกมการเรียนการสอน

- ควรใช้ชื่อเรื่องสั้นๆ
- บอกวัตถุประสงค์ และความมุ่งหมายของบทเรียนเกมสำหรับการเรียน
- บอกกติกาให้ชัดเจน และนักเรียนสามารถกลับมาทบทวนกติกาได้บางขณะ
- ชี้แจงการเรียนให้เข้าใจที่สุด และนักเรียนสามารถกลับมาทบทวนชี้แจงได้บางขณะ
- ภาพและเรื่องราวบนจอภาพในการเล่น เกม ควรดึงดูดความสนใจของนักเรียน
- ภาพและเรื่องราวบนจอภาพในการเล่น เกมต้องสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียน
- ควรให้รางวัลหรือคำชมเชย เมื่อเรียนสำเร็จหรือขณะ เล่นเกมนั้น
- ในทุกระดับที่ยากๆ ควรให้นักเรียนมีโอกาสรักษาความสำเร็จบ้าง
- สร้าง เกมมาให้ท้าทาย
- จุดจบด้วยการให้นักเรียนเกิดความรู้สึกอยากรู้ อยากเห็น
- ในขณะ เล่นเกมควร เชื่อมโยงกับสิ่งที่ต้องการให้เรียนเสมอ
- การเล่นเกมการเรียนจนสำเร็จ มีผลดีกว่าสำเร็จเพราะโชคช่วย
- สร้าง เกมการเรียนเพื่อให้เกิดแรงจูงใจ ไม่ใช่เพื่อการได้รางวัลเมื่อเล่นเกมชนะ
- หลีกเลี่ยงการใช้ความรุนแรง
- ให้มีเนื้อหาสาระความรู้ทั้งหมด
- แสดงความยินดีกับผู้เล่นเกมชนะ (เรียนสำเร็จ)
- การเล่นเกมตอนที่ยังเป็นปัญหา อธิบายให้หายข้องใจ และสรุปเป็นความรู้ในตอนจบ
- เมื่อจบบทเรียนแล้วควรบอกนักเรียนว่าต้องทำอะไรต่อไปบ้าง

5. แบบทดสอบ (Test)

โปรแกรมชนิดนี้ใช้เพื่อทดสอบนักเรียนโดยตรงหลังจากที่ได้เรียนเนื้อหา หรือฝึกปฏิบัติแล้ว ผู้เรียนก็จะทำแบบทดสอบโดยผ่านคอมพิวเตอร์ซึ่ง เมื่อคอมพิวเตอร์รับคำตอบแล้วก็จะทำการบันทึกผล ประมวลผลตรวจให้คะแนน และเสนอผลให้นักเรียนทราบทันที ทำข้อสอบเสร็จ (อรหันต์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 7).

ส่วนประกอบของรูปแบบการทดสอบ มี 6 ส่วน ดังนี้

บทนำ (Introductory Section)

เลือกข้อความ (Select Item)

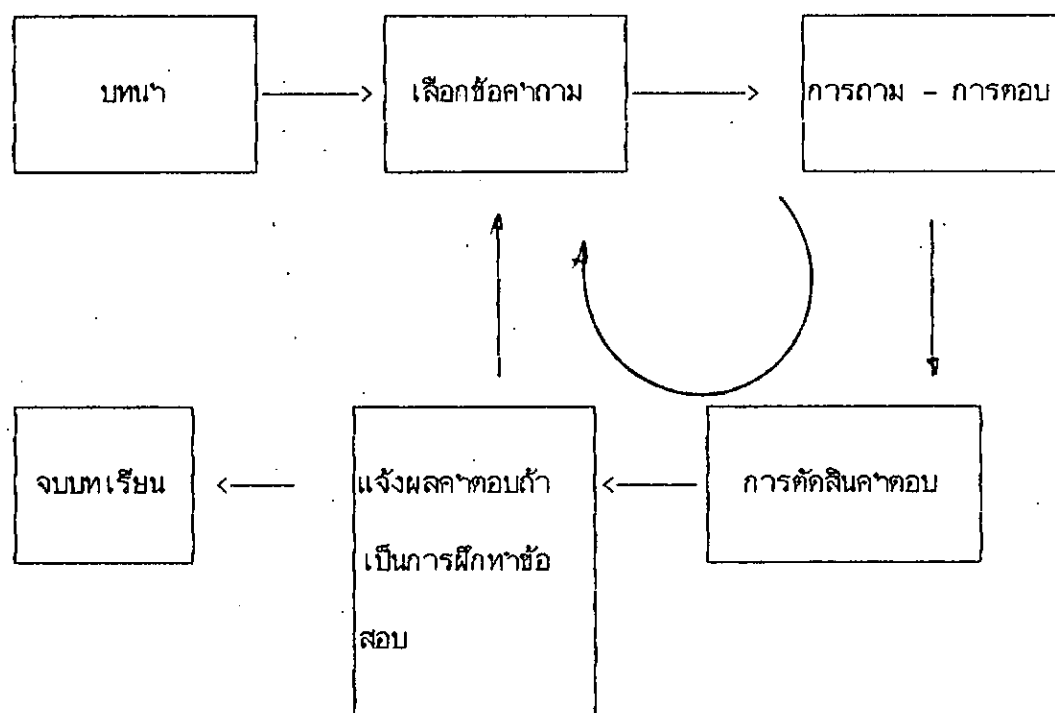
คำถาม-การตอบ (Question and Response)

การตัดสินคำตอบ (Judge Response)

การแจ้งผลคำตอบ ถ้าเป็นฝึกทำข้อสอบ (Feedback if Practice Test)

จบบทเรียน (Closing)

ผังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 6 แผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบทดสอบ

(Alessi.1984 : 151)

ข้อเสนอแนะในการสร้างบทเรียนแบบทดสอบ

ก่อนการทดสอบ

- ให้คำชี้แจงอย่างชัดเจน
- บอกความมุ่งหมายของการทดสอบ
- บอกปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น
- ให้ตัวอย่างการทำข้อทดสอบ
- เมื่อจะเริ่มทำข้อสอบให้นักเรียนตัดสินใจเอง
- สถานที่ ทำการทดสอบอยู่ในสภาพพร้อมไม่มีอุปสรรคหรือข้อขัดข้องใดๆ

ระหว่างการทดสอบ

- แสดงที่ละคำถามบนจอแสดงผล
- รูปแบบของคำถามควร เป็นแบบเดียวกันตลอด
- ลักษณะของคำถามควร เข้าใจง่ายไม่คลุมเครือ
- ให้มีสมรรถนะในการแลก เบี่ยนคำตอบได้
- ให้มีสมรรถนะในการกาเครื่องหมาย ข้อคำถามเพื่อตรวจทานได้
- ให้มีสมรรถนะในการตอบคำถามได้ลุล่วง
- หลีก เลี่ยงการลงโทษเมื่อหาข้อทดสอบผิด
- แสดงระยะเวลาที่หาข้อสอบให้ทราบ
- จัดข้อข้อข้อหรืออุปสรรคของสถานที่ หาข้อทดสอบ

หลังการทดสอบ

- แจ้งผลการทดสอบให้ทราบทันที
- แสดงรายละเอียดการตอบทั้งหมดของผู้สอบ
- สามารถพิมพ์ผลการสอบได้
- นอกวิธี เลิกหาข้อสอบ
- วางแนวให้นัก เรียนหาหมายเหตุได้
- เก็บบันทึกข้อมูลที่เป็นทั้งหมด
- จัดข้อข้อข้อหรืออุปสรรคของสถานที่ หาข้อทดสอบ

6. แบบสาธิต (Demonstration)

การสาธิต เป็นวิธีการสอนที่ครูจะเป็นผู้แสดง ให้นักเรียนรู้ตามลักษณะวิชา เนื้อหาสาระต่างๆ ตามความเหมาะสม เช่น การแสดงขั้นตอนเกี่ยวกับทฤษฎี หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และการสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ก็มีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์น่าสนใจกว่า เพราะคอมพิวเตอร์ให้ทั้งเส้นกราฟที่สวยงามตลอดทั้งสีและเสียงอีกด้วย เช่น การสาธิตเกี่ยวกับการโคจรของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ โครงสร้างของอะตอม การหมุนเวียนของโลหิต ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความเร่ง กระบวนการทางธรณีวิทยา การสมดุลของสมการ การไหลของกระแสไฟฟ้าในมหาสมุทร เป็นต้น

การสาธิตดังกล่าวจึงน่าสนใจเพราะมีสีสันสวยงามเด็กอาจทดลองด้วยตนเองได้ แต่การสาธิตที่ดีไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเขียนโปรแกรมมากมาย แต่ควรเป็นการสาธิตที่ทำให้นักเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็เป็นการพอเพียงแล้ว (ผดุง อารยะวิทย์. 2527 : 45-46)

จากรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 6 แบบ และผลงานการศึกษารายวิจัยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยา พอสรุปได้ว่า นักวิจัยจะเลือกรูปแบบใด รูปแบบหนึ่ง หรือมากกว่า 1 รูปแบบมาประสมกัน เพื่อให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพ คือ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้รูปแบบทดสอบ (F.E.P) อย่างเดียว หรือบางทีใช้รูปแบบเพื่อการสอนเสนอเนื้อหาอย่างเดียวและบางทีใช้รูปแบบเพื่อการสอนผสมกับรูปแบบทดสอบ เพื่อประเมินผลผู้เรียน ส่วนเจอร์เม (Je'rome. 1981.) ใช้รูปแบบสถานการณ์จำลองให้นักเรียนเรียนรู้บทบาทแทนการทดลองปฏิบัติการจริงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ยบาร์รอนโด (Ybarrondo. 1984) ใช้รูปแบบเพื่อการสอนแบบฝึกปฏิบัติ และแบบ

สถานการณ์จำลองร่วมกัน ซึ่งการจะเลือกใช้รูปแบบใดบ้างนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับทางเลือก

เนื้อหา ลักษณะ เนื้อหาวิชา และวัตถุประสงค์ของบทเรียนเป็นสำคัญ

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่า มีการใช้เพียง 3 รูปแบบ คือ แบบทดสอบ แบบเพื่อการสอน และแบบฝึกปฏิบัติ ผสมกัน เพราะเป็นเนื้อหาที่จะเสนอเพียงมโนคติย่อย ๆ ต่อเนื่องกัน ไม่มีการทดสอบปฏิบัติการจริง

ฉะนั้นรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชีววิทยาค้างนี้ จึงประกอบด้วย

การนำสู่บทเรียน

บอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ทดสอบก่อนเรียน

เสนอเนื้อหา

หาแบบฝึกปฏิบัติและ เสริมความรู้

ทดสอบหลัง เรียน

ตอนที่ 3 หลักการทั่วไปของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้ เป็นการวิจัยและทางการศึกษาโดยตรง เพื่อให้เห็นแนวทางการวิจัยที่ชัดเจน ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และการปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาบทเรียนให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐาน ผู้วิจัยจะได้นำเสนอความรู้ และแนวคิดต่าง ๆ 3 ตอนย่อย ๆ คือ

หลักการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อเนื่อง
กันไป ครอบคลุมทั้งนี้

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

Borg, Gall and Morrish. (Borg and Gall. 1979 : 771-798;
Morrish. 1987 ; พลทธี ศิริบรรณพิทักษ์. 2531 : 21-24)

กล่าวถึงหลักการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา ดังนี้

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา (Educational Research and Development = R & D) เป็นการพัฒนาศึกษาโดยพื้นฐานการวิจัย (Research Based Education Development) เป็นกลยุทธ์หรือวิธีการสำคัญวิธีหนึ่งที่ยินยอมใช้ในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการศึกษา โดยเน้นหลักเหตุผลและตรรกวิทยาเป้าหมายหลักคือ ใช้เป็นกระบวนการในการพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา (Education Product) อันหมายถึง วัสดุ

ครุภัณฑ์ทางการศึกษา ได้แก่ หนังสือแบบเรียน หิล์ม สไลด์ เทปเสียง เทปโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ฯลฯ

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา กับ การวิจัยทางการศึกษา

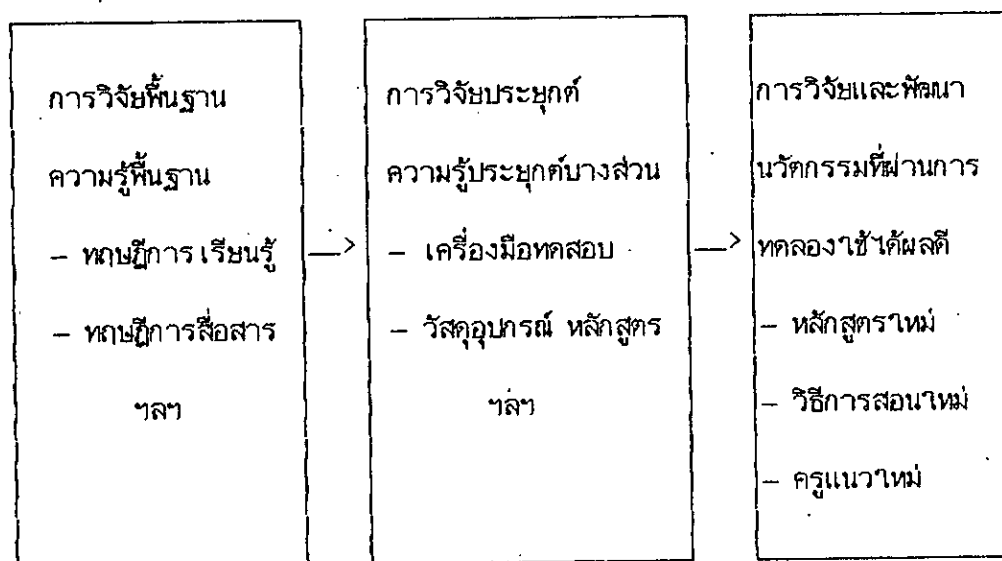
การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาแตกต่างจากการวิจัยทางการศึกษา

ใน 2 ประการคือ

1. เป้าประสงค์ (Goal) การวิจัยทางการศึกษามุ่งค้นคว้าหาความรู้ใหม่โดยการวิจัยพื้นฐาน หรือมุ่งหาคำตอบเกี่ยวกับการปฏิบัติงานโดยการวิจัยประยุกต์ แต่การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษามุ่งพัฒนา และตรวจสอบคุณภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาแม้ว่าการวิจัยประยุกต์ทางการศึกษาหลายโครงการก็มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา เช่น การวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีสอน หรืออุปกรณ์การสอนผู้วิจัยอาจพัฒนาสื่อ หรือ ผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา สำหรับการสอนแต่ละแบบ แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ใช้สำหรับการทดสอบสมมุติฐานของการวิจัยแต่ละครั้ง เท่านั้น ไม่ได้พัฒนาไปสู่การใช้สำหรับโรงเรียนทั่วไป
2. การนำไปใช้ การวิจัยการศึกษามีช่องว่างระหว่างผลการวิจัยกับการนำไปใช้จริงอย่างกว้างขวาง กล่าวคือ ผลการวิจัยทางการศึกษามักจะอยู่มานานโดยไม่ได้รับการพิจารณาไปใช้ นักการศึกษาและนักวิจัยจึงหาทางลดช่องว่างดังกล่าว โดยวิธีที่เรียกว่า "การวิจัยและพัฒนา"

อย่างไรก็ตาม การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษามีสิ่งที่จะทดแทนการวิจัยการศึกษา แต่เป็นเทคนิควิธีที่จะเพิ่มศักยภาพของการวิจัยการศึกษาให้มีผลต่อการจัดการศึกษา คือ เป็นตัวเชื่อมเพื่อแปลงไปสู่ผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาที่ใช้ประโยชน์ได้จริงในโรงเรียนทั่วไป ดังนั้น การนำหลักยุทธการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาการศึกษา จึงเป็นการนำผลจากการวิจัยทางการศึกษา (ไม่ว่าจะเป็นการวิจัยพื้นฐาน หรือการวิจัยประยุกต์) ให้เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น

สามารถสรุปความสัมพันธ์และความแตกต่างดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างการวิจัยการศึกษากับ

การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา

สถานภาพของการวิจัยและพัฒนา

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1963 มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาทางการศึกษา 11 แห่งทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา วัตถุประสงค์ของศูนย์เหล่านี้คือ การฝึกกำลังนักวิชาการสาขาต่าง ๆ เพื่อทำงานวิจัยและพัฒนาในปัญหาการศึกษา ศูนย์แต่ละแห่งจะต้องทำการวิจัยพื้นฐาน และการวิจัยประยุกต์ที่มีความสำคัญเกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาที่ศูนย์มีความสนใจ หรือมุ่งหมายจะดำเนินการเป็นพิเศษ โดยทั่วไปศูนย์การวิจัยและพัฒนาจะตั้งชื่อศูนย์สื่อจนถึง เรื่องที่ต้องการเน้นงานการวิจัยและพัฒนา เช่น Center for Advanced Study of Educational Administration (University of Oregon), Research and Development Center of the Social Organization of the Schools (Johns Hopkins University), Stanford Center For Research and Development in Teaching

(Stanford University), Learning Research and Development Center (University of Pittsburgh), Center for Vocational and Technical Education (Ohio State University), Center for the Study of the Evaluation of Instructional Programs (University of California at Los Angeles) ฯลฯ

ศูนย์การวิจัยและพัฒนาเหล่านี้มักจะมีเจ้าหน้าที่ประจำจำนวนน้อย ส่วนใหญ่จะมีอาจารย์มาช่วยงาน และมีนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่รับทุนผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้ช่วยปฏิบัติงาน นับว่าศูนย์การวิจัยและพัฒนามีส่วนช่วยฝึกประสบการณ์ภาคปฏิบัติในการวิจัยและพัฒนาของนักศึกษาระดับสูงมากทีเดียว

นอกจากนี้ ห้องปฏิบัติการทางการศึกษาภูมิภาค (Regional Educational Laboratories) ก็มีการทำวิจัยและพัฒนาทางการศึกษาอยู่ทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา

การดำเนินการวิจัยและพัฒนา

ขั้นตอนสำคัญของการวิจัยและพัฒนา มี 11 ขั้นตอน คือ

1 กำหนดผลผลิตทางการศึกษาที่จะทำการพัฒนา

ขั้นตอนแรกที่จะต้องทำเป็นที่สุดคือ ต้องกำหนดค่าที่ชี้ว่าผลผลิตทางการศึกษาที่จะวิจัยและพัฒนาคืออะไร โดยต้องกำหนด (1) ลักษณะทั่วไป (2) รายละเอียดของการกระทำ และ (3) วัตถุประสงค์ของการกระทำ เกณฑ์ในการเลือกกำหนดผลผลิตทางการศึกษาที่จะวิจัยและพัฒนาอาจมี 4 ข้อคือ

- (1) ตรงกับความต้องการอันจำเป็นหรือไม่
- (2) ความก้าวหน้าทางวิชาการมีพอเพียงในการที่จะพัฒนาผลผลิตที่ดีที่กำหนดหรือไม่

(3) บุคลากรที่มีอยู่ มีทักษะความรู้และประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการวิจัย และพัฒนานั้นหรือไม่

(4) ผลิตภัณฑ์นั้นจะพัฒนานานเวลาอันสมควรได้หรือไม่

2 รวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คือ การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย การสังเกตภาคสนามซึ่งเกี่ยวข้องกับ การใช้ผลิตภัณฑ์ การศึกษาที่กำหนด ถ้ามีความจำเป็นผู้ทำการวิจัยและพัฒนาอาจ ต้องหาการศึกษาวิจัยขนาดเล็ก เพื่อหาคำตอบซึ่งงานวิจัยและทฤษฎีที่มีอยู่ไม่สามารถ ตอบได้ ก่อนที่จะเริ่มทำการพัฒนาต่อไป

3 วางแผนการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย

- (1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์
- (2) ประมาณการค่าใช้จ่ายกำลังคน และระยะเวลาที่คาดว่าจะต้องใช้เพื่อศึกษา ความเป็นไปได้
- (3) พิจารณาลิขสิทธิ์เนื่องจากผลิตภัณฑ์

4 พัฒารูปแบบต้นต้นของผลิตภัณฑ์

ขั้นนี้เป็นการออกแบบและจัดทำผลิตภัณฑ์การศึกษาตามที่วางไว้ เช่น ถ้า เป็นโครงการวิจัย และพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมระยะสั้นก็ต้องออกแบบหลักสูตร เตรียมวัสดุหลักสูตร คู่มือผู้ฝึกอบรม เอกสารในการฝึกอบรม และเครื่องมือการ ประเมินผล

5 ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1

โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและจัดเตรียมไว้ในขั้นที่ 4 ไปทดลองใช้ เพื่อทดสอบคุณภาพขั้นต้นของผลิตภัณฑ์ในโรงเรียนจำนวน 1-3 โรงเรียน ใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็ก 6-12 คน ประเมินผลโดยการใช้แบบสอบถาม การสังเกต และการสัมภาษณ์ แล้วรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์

6 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 1

นำข้อมูลและผลจากการทดลองใช้จากขั้นที่ 5 มาพิจารณาปรับปรุง

7 ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 2

ขั้นนี้นำผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงไปทดลอง เพื่อทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ตามวัตถุประสงค์ โรงเรียน จำนวน 5-15 โรงเรียน ใช้กลุ่มตัวอย่าง 30-100 คน ประเมินผลเชิงปริมาณลักษณะ Pre-test กับ Post-test นำผลไปเปรียบเทียบ กับวัตถุประสงค์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ อาจมีกลุ่มควบคุมกลุ่มการทดลอง ถ้าจำเป็น

8 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 2

นำข้อมูลและผลจากการทดลองใช้จากขั้นที่ 7 มาพิจารณาปรับปรุง

9 ทดลองหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 3

ขั้นนี้นำผลิตภัณฑ์ที่ปรับปรุงไปทดลอง เพื่อทดสอบคุณภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์ โดยใช้ตามสภาพในโรงเรียน 10 - 30 โรงเรียน ใช้กลุ่มตัวอย่าง 40-200 คน ประเมินผลโดยการใช้แบบสอบถาม การสังเกต และการสัมภาษณ์ แล้วรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์

10 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ครั้งที่ 3

นำข้อมูลจากการทดลองขั้นที่ 9 มาพิจารณาปรับปรุง เพื่อผลิตและเผยแพร่ต่อไป

11 เผยแพร่

เสนอรายงานเกี่ยวกับผลการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในที่ประชุมสัมมนาทางวิชาการหรือวิชาชีพ ส่งไปลงเผยแพร่ในวารสารทางวิชาการ และติดต่อกับหน่วยงานทางการศึกษาเพื่อจัดหาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาเผยแพร่ไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ หรือติดต่อบริษัทเพื่อผลิตจำหน่ายต่อไป

โอกาสในการทำการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนาโครงการใหญ่ อาจต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถหาแหล่งทุนสนับสนุนได้ไม่มากนัก อย่างไรก็ตาม นักวิจัยและนักศึกษาอาจจัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาขนาดเล็กได้ ตัวอย่าง เช่น การวิจัยและพัฒนาเกมส์สำหรับใช้ในการสอน เพื่อพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์ของนักเรียน การวิจัยและพัฒนากิจกรรมสำหรับการฝึกวินัยในตนเองของนักเรียน การวิจัยและพัฒนากิจกรรมสำหรับเพิ่มวุฒิภาวะ (Maturity) ของนักเรียน ถ้าวิจัยและพัฒนาเกมส์หรือกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพผลแล้ว ก็เผยแพร่ให้ใช้ในโรงเรียนทั่วไปได้ เป็นโครงการที่มุ่งเป้าหมายเฉพาะอย่าง ใช้วัสดุง่าย ๆ ค่าใช้จ่ายสูง และใช้เวลาไม่มากนัก

โดยสรุปแล้ว การวิจัยและพัฒนาเป็นรูปแบบการวิจัยที่จะทำการวิจัยการศึกษาทั้งการวิจัยพื้นฐานและการวิจัยประยุกต์ ได้รับการนำไปใช้ในการปรับปรุงหรือพัฒนาการศึกษามากยิ่งขึ้นเพราะการวิจัยและพัฒนา เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการศึกษาที่ใช้ในการจัดการศึกษาได้อย่างกว้างขวาง ขั้นตอนการวิจัยและพัฒนาส่วนใหญ่เหมือนขั้นตอนการวิจัยการศึกษา และขั้นตอนที่ 7 เหมือนการวิจัยเชิงประเมินผล (Evaluation Research) อีกด้วย การที่จะส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษานานเมืองไทย จึงไม่ใช่ว่าเป็นเรื่องยากเกินไป เพราะการวิจัยการศึกษา

ได้เจริญก้าวหน้าในประเทศไทยมาเป็นเวลานาน หน่วยราชการระดับสูงหลายแห่ง มีการทำวิจัยการศึกษาอย่างเป็นสำเป็นสัน และเป็นกิจจะลักษณะงานทางการศึกษานั้น ก็มีการ เปิดสอนการวิจัยการศึกษากันถึงระดับปริญญาเอก ดังนั้นหากวงการวิจัย การศึกษาไทยจะหันมาสนใจการวิจัยและพัฒนาเพิ่มขึ้น ก็จะเป็นการทำให้มีการนำผล การวิจัยการศึกษามาใช้กันกว้างขวางและ ค้นคว้ายิ่งขึ้นในอนาคต

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา แบบหนึ่งซึ่งเป็นการบูรณาการศาสตร์หลายศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การพัฒนาการสอน จิตวิทยาการเรียนรู้ การสื่อสาร บทเรียนโปรแกรม วิธีระบบ ตลอดจนหลักการและ เทคนิคทางคอมพิวเตอร์ เป็นต้น (เย็น ภูววรรณ, 2531 : 123-124) ซึ่ง ศาสตร์ทั้งหลายดังกล่าวข้างต้นก็คือพื้นฐานของเทคโนโลยีการศึกษานั้นเอง การพัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการออกแบบการสอน โดย ใช้หลักการของวิธีระบบเป็นแนวทาง เพื่อให้ได้แนวความคิดในการพัฒนาบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เหมาะสม ผู้วิจัย ขอนำแนวความคิดในการพัฒนาบทเรียนที่เกี่ยวข้อง มากกล่าวถึง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกัน 4 แนวคิด คือ

1. รอมมิสซอสกี (Romiszowski, 1986 : 271-272) ได้เสนอขั้นตอนการ พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 7 ขั้นตอน คือ

1. การกำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะ
2. วิเคราะห์พฤติกรรม เป้าหมายของผู้เรียนที่ต้องการ และกฎเกณฑ์ เพื่อ สร้างรูปแบบบทเรียน
3. ออกแบบบทเรียน

4. สร้างบทเรียนตามที่ออกแบบไว้
5. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาที่เหมาะสม
6. การทดลองเพื่อพัฒนาบทเรียน
7. ประเมินผลความเที่ยงตรงทั้งด้านเทคนิคคอมพิวเตอร์และด้านการสอน

ส่วน เคมป์ (Kemp, 1985 : 248) ได้สรุปขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนซึ่งถือเป็นขั้น

ที่มีความสำคัญในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็น 8 ขั้น ดังนี้

1. จัดเตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่จะใช้
2. ออกแบบและเขียนผังงาน (Flow chart) ตามลำดับขั้นของกระบวนการสอน
3. พัฒนาคำถามที่จะใช้สำหรับทบทวนและเสนอแนะ
4. วางแนวคิดที่จะเสนอบทเรียนบนจอคอมพิวเตอร์
5. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
6. เพิ่มความสนใจให้แก่บทเรียนโดยใช้เทคนิคด้านภาพและเสียง
7. จัดเตรียมวัสดุสิ่งพิมพ์ที่ใช้ประกอบบทเรียน
8. ทดสอบ และปรับปรุงบทเรียน

ซึ่งสอดคล้องกับ อเลสซี และ ทรอลลิป (Alessi and Trollip, 1985 : 275)

ได้วางแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ไว้ 8 ขั้น เช่นเดียวกันคือ

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของบทเรียน
2. รวบรวมเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ที่จะเป็น
3. ระดมความคิดจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำเป็นบทเรียน
4. สรุปเป็นบทเรียนของตนเอง
5. ผลิตบทเรียนเป็นกรอนภาพลงกระดาษ
6. เขียนผังงานของบทเรียน
7. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

8. ประเมินผลคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียน

สำหรับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเทศไทยนั้น มี อรรถพันธุ์

ประสิทธิ์รัตน์ (อรรถพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530 : 144) ได้สรุปไว้เป็น 11 ขั้นตอน คือ

1. เลือก เนื้อหาและกำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไป
2. วิเคราะห์ผู้เรียน
3. กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
4. วิเคราะห์เนื้อหาแยก เป็นหน่วยย่อย
5. ออกแบบบทเรียนโปรแกรม
6. สร้างบทเรียนโปรแกรมตามแบบ
7. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
8. บ้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์
9. ทดลองหาประสิทธิภาพ
10. นำไปใช้
11. ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข

จากการศึกษาเอกสารประกอบการพัฒนาบทเรียนของนักพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอนทั้ง 4 ท่าน พอจะเปรียบเทียบลำดับขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนได้ดังนี้

ตาราง 1 สรุปเปรียบเทียบขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รอมมิสซอสกี (Romiszowski 1986)	เคมพ์ (Kemp 1985)	อเลสซีและทรอลลีป (Alessi & Trollip 1985)	อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์ 2530
1. กำหนดวัตถุประสงค์เฉพาะ	1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะใช้	1. กำหนดจุดมุ่งหมายของบทเรียน	1. เลือก เนื้อหาและกำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไป
2. วิเคราะห์พฤติกรรมกฎเกณฑ์เพื่อสร้างรูปแบบบทเรียน	2. ออกแบบและเขียนผังงานตามลำดับขั้นของการสอน	2. รวบรวมเอกสารต่าง ๆ วัสดุอุปกรณ์ที่จะเป็น	2. วิเคราะห์ผู้เรียน 3. กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
3. ออกแบบบทเรียน	3. พัฒนาคำถามที่จะใช้สำหรับบทเรียนและเสนอแนะ	3. ระดมความคิดจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำบทเรียน	4. วิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นหน่วยย่อย 5. ออกแบบบทเรียนโปรแกรม
4. สร้างบทเรียนตามผู้ออกแบบไว้	4. วางแนวคิดที่จะเสนอบทเรียนบนจอคอมพิวเตอร์	4. สรุปแนวคิด เป็นบทเรียนของตนเอง	6. สร้างบทเรียนโปรแกรมตามแบบ
5. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาที่เหมาะสม	5. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	5. ผลิตบทเรียนในรูปแบบของการแสดงบนจอภาพลงกระดาษเปล่า	7. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 8. ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์
6. การทดลอง เพื่อพัฒนา	6. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์	6. เขียนผังงานของบทเรียน	9. ทดลองหาประสิทธิภาพ 10. นำไปใช้
7. ประเมินผลความเที่ยงตรงทั้งด้านเทคนิคและด้านการสอน	7. เพิ่มความสนใจให้แก่บทเรียนโดยใช้เทคนิคด้านภาพและเสียง	7. เขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์	11. ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข
	7. จัดเตรียมวัสดุสิ่งพิมพ์ที่ใช้ประกอบบทเรียน	8. ประเมินผลคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียน	
	8. ทดสอบและปรับปรุงบทเรียน		

จะเห็นได้ว่าลำดับขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ รอมมิลสซอสกี
เคมพ์ อเลสซีและทรอลลิป และ ของ อรพันธุ์ ประสิทธิรินทร์ คล้ายคลึงกันเป็นหลัก
การที่เป็นสาระสำคัญพอแบ่งได้เป็น 2 ตอนหลัก คือ

ตอนที่ 1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ๆ คือ

1.1 ขั้นเลือกเนื้อหาและกำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไป

1.2 วิเคราะห์ผู้เรียน เพื่อดูความพร้อมและการเรียนรู้ความรู้ใหม่

ให้ต่อเนื่องตลอดจนวิเคราะห์เนื้อหาแยก เป็นหน่วยย่อยในรูปของ
มโนมติย่อย ๆ เพื่อวางจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

1.3 ออกแบบและสร้างบทเรียนตามแบบเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้

1.4 เขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตอนที่ 2 การทดลองพัฒนาบทเรียน เพื่อประเมินผลประสิทธิภาพของบทเรียน
และปรับปรุงแก้ไขจนได้คุณภาพ และประสิทธิภาพ

จากขั้นตอนหลัก 2 ตอน คือ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ
การทดลองพัฒนาบทเรียนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาวิจัยและพัฒนา
หลายแนวคิด ดังนี้

แนวคิดในการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของ แฮนนาคิน
และเพค (Hannafin and Peck. 1988 : 17-23) พร้อมกับข้อเสนอแนะ
ของท่านอื่น ๆ คือ แฮนนาคิน และ เพค ได้ให้ข้อควรคำนึงในการสร้างบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดี 12 ประการ
ดังต่อไปนี้

1. สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนจากบท
เรียนนั้น มีความรู้ ทักษะ และทัศนคติ ที่ผู้สอนได้ตั้งไว้ และผู้เรียนสามารถ
ประเมินผลด้วยตนเองว่าบรรลุจุดประสงค์แต่ละข้อหรือไม่

2. บทเรียนที่ดีควรเหมาะสมกับลักษณะผู้เรียน การสร้างบทเรียนต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญว่า ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถพื้นฐานเดิม อยู่ในระดับชั้นใด ไม่ควรยาก หรือง่ายเกินไป

3. บทเรียนที่ดีควรมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนให้มากที่สุด เพราะการเรียนรู้จากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรมีประสิทธิภาพมากกว่าเรียนจากหนังสือเพราะสามารถสื่อสารกับผู้เรียนได้ 2 ทาง (Two Way Communication)

4. บทเรียนที่ดีควรมีลักษณะเป็นการเรียนการสอนรายบุคคล ผู้เรียนสามารถเลือกเรียน หัวข้อที่ตนเองต้องการ และข้ามบทเรียนที่ตนเองเข้าใจแล้วได้ แต่ถ้าเรียนบทเรียนที่ตนเองยังไม่เข้าใจ ก็สามารถเรียนซ่อมเสริมจากข้อแนะนำของคอมพิวเตอร์ได้

5. บทเรียนที่ดีควรคำนึงถึงความสนใจของผู้เรียน ควรมีลักษณะสร้างความสนใจตลอดเวลา เพราะจะทำให้ผู้เรียน เกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนอยู่เสมอ

6. บทเรียนควรสร้างความรู้สึกทางบวกกับผู้เรียน ควรให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกเพลิดเพลิน เกิดกำลังใจ และควรหลีกเลี่ยงการลงโทษ

7. ควรจัดทำ บทเรียนให้แสดงผลย้อนกลับไปยังผู้เรียนให้มากที่สุด โดยเฉพาะการแสดงผลย้อนกลับทางบวก จะทำให้ผู้เรียนชอบ ไม่เบื่อหน่าย

8. บทเรียนที่ดีควรเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางการเรียนการสอน บทเรียนควรปรับเปลี่ยนให้เหมาะกับกลุ่มผู้เรียนเหมาะกับการจัดการเวลาเรียน สถานที่ติดตั้งเครื่องเหมาะสม และควรคำนึงถึงการใส่เสียง ระดับเสียง หรือดนตรีประกอบควรเป็นที่ดึงดูดใจผู้เรียนด้วย

9. บทเรียนที่ดีควรมีการประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนอย่างเหมาะสม ควรหลีกเลี่ยงคำถามที่ง่ายและตรงเกินไป ควรเลี่ยงคำหรือข้อความในคำถามที่ไร้ความหมาย การตัดสินใจตอบควรให้แจ่มแจ้งไม่คลุมเครือ และไม่เกิดความสับสนหรือข้อขัดแย้งกับคำตอบ

10. บทเรียนควรรวบรวมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้เป็นแหล่งทรัพยากรทางการเรียนอย่างหลากหลาย ไม่ควรเสนอบทเรียนในรูปแบบอักษรอย่างเดียว หรือเรื่องราวที่พิมพ์อักษรตลอด ควรใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์อย่างเต็มที่ เช่น การเสนอด้วยภาพ ภาพเคลื่อนไหว ผสมตัวอักษร หรือให้มี แสง เสียง เน้นที่สำคัญ หรือ วลีต่าง ๆ เพื่อขยายความคิดของผู้เรียนให้กว้างไกลยิ่งขึ้น

ผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรตระหนักในสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ ตลอดจนข้อจำกัดต่าง ๆ ของมันด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงความสูญเสียสิ่งสนุกเพลิดเพลินจากเครื่อง เช่น ภาพเคลื่อนไหวปรากฏซ้ำเกินไป การแบ่งส่วนย่อย ๆ ของโปรแกรมมีขนาดใหญ่มาก ทำให้ไม่สะดวกต่อการแก้ไข

11. บทเรียน ที่ดีต้องอยู่บนพื้นฐานของการออกแบบการสอน คล้าย ๆ กับการผลิตสื่อชนิดอื่นว่า การออกแบบบทเรียนที่ดีย่อมจะเร้าความสนใจของผู้เรียนได้มาก การออกแบบบทเรียนย่อมประกอบด้วย การตั้งวัตถุประสงค์ของบทเรียน การจัดลำดับขั้นตอนของการสอนและสำรวจทักษะที่จำเป็นของผู้เรียน เพื่อให้การเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จึงควรจัดลำดับขั้นตอนการสอนให้ดี มีการวัดผล และแสดงผลย้อนกลับให้ผู้เรียนทราบ มีแบบฝึกหัดที่พอเพียงและการประเมินผลขั้นสุดท้าย เป็นต้น

12. บทเรียนที่ดีควรมีการประเมินผลทุกแง่มุม เช่น การประเมินคุณภาพของผู้เรียน ระสิทธิภาพของบทเรียน ความสวยงาม ความตรงประเด็น และตรงกับทัศนคติของผู้เรียน เป็นต้น

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แฮนนาฟิน และ เพค (Hannafin and Peck. 1988 : 49) ได้ให้หลัก
การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 11 ประการดังนี้

① พัฒนบทเรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนตามแนวคิด
การฝึกทักษะการเรียนรู้ของ กากะ แกกเกอร์และรจาส (Gagne, Wager and
Rogas. 1981 : 16-17) นักการศึกษาทั้ง 3 ท่านได้แบ่งกระบวนการเรียนรู้ด้าน
พุทธิศึกษาออกเป็น 9 ระยะด้วยกันคือ

1. ระยะตื่นตัว (Alertness)
2. ระยะคาดหวังอยากรู้ (Expectation)
3. ระยะระลึกความจำ (Retrieval to working memory)
4. ระยะเลือกรับรู้ (Selective perception)
5. ระยะเข้ารหัสความหมาย (Semantic perception)
6. ระยะสนองตอบสิ่งที่รู้ (Retrieval and responding)
7. ระยะเสริมแรง (Reinforcement)
8. ระยะขึ้นานสาระสำคัญ (Cueing retrieval)
9. สรุประเค้นสำคัญ (Generalized)

ซึ่งทั้ง 9 ระยะนี้จะหมุนเรียนเป็นวัฏจักร

การออกแบบบทเรียน จึงควรจัดกระบวนการเรียนการสอน เป็นตอนย่อย ๆ ให้
สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละระยะดังกล่าว ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สร้างเนื้อหาสาระที่น่าสนใจ โดยใช้กราฟิกช่วย

ตอนที่ 2 ให้ผู้เรียนรู้วัตถุประสงค์ของบทเรียน

ตอนที่ 3 ให้ความรู้ ทักษะ และยุทธวิธีตามวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน

ตอนที่ 4 เน้นเฉพาะประเด็นและสาระสำคัญ ด้วย แสง สี ตัวอักษร ที่เด่น
พิเศษ ชัดเจนน่าดู หรือตีกรอบสี เป็นต้น

ตอนที่ 5 แนะนำการเรียนเพิ่มเติม

ตอนที่ 6 ำหรับแบบฝึกหัด ตามลำดับเนื้อหาย่อย ๆ และให้นักเรียนตอบเป็นตอน ๆ

ตอนที่ 7 แจ้งผลคำตอบให้ผู้เรียนทราบ

ตอนที่ 8 ประเมินผลการปฏิบัติงานทั้งหมด

ตอนที่ 9 ย้ำความจำและถ่ายทอดการเรียนรู้

2.) การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีลักษณะเป็นการเรียน
การสอนรายบุคคล (Individualize)

3.) ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีการโต้ตอบกับผู้เรียนจำนวนมาก
การโต้ตอบกับผู้เรียนก่อให้เกิดผลการเรียนรู้ หลายประการ คือ

ก. เกิดความมั่นใจว่าผู้เรียนได้รับเนื้อหาสาระและเสริมความตั้งใจ
เรียนยิ่งขึ้น

ข. การโต้ตอบกันช่วยในการเชื่อมโยงความรู้และการตอบโต้กับผู้
เรียนโดยตรง

ค. ซ้อมเสริมได้เมื่อผู้เรียนตอบผิดการปฏิสัมพันธ์จะช่วยในการ
เรียนซ่อมเสริมได้

ง. การปฏิสัมพันธ์จะช่วยลดเวลาในการเรียนที่น้อยลง

4.) การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรมีการแสดงผลย้อนกลับให้เกิด
ประสิทธิภาพที่สุด

คุลฮาวิ (Kulhavy. 1977 : 211-232) ได้สรุปผลและเสนอแนะผลงานวิจัยเกี่ยวกับผลย้อนกลับ ดังนี้

ก. การแสดงผลย้อนกลับทางลบ จะทำให้การเรียนรู้มีคุณค่ามากกว่าผลย้อนกลับทางบวก เพราะการแจ้งผลทางลบจะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เสริมและระมัดระวังการตอบผิดยิ่งขึ้น

ข. ถ้าตอบถูกไม่จำเป็นต้องแจ้งผลย้อนกลับให้ผู้เรียนทราบ แต่ควรรวมข้อถูกต้องทั้งหมดแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบในช่วงท้าย แล้วตามด้วยการเสริมแรงให้กำลังใจด้วย

โคเฮน (Cohen. 1983 : 9-14) เสนอแนะการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเกี่ยวกับ การแสดงผลย้อนกลับ ดังนี้

- ก. ไม่ควรแสดงผลย้อนกลับในการชมเชยผู้เรียน
- ข. แสดงผลย้อนกลับทันที
- ค. การแสดงผลย้อนกลับควรบอกเพียง ถูก หรือ ผิด
- ง. ควรจัดคำอธิบายด้วยว่า ทำไมจึง ถูก หรือ ผิด
5. การออกแบบบทเรียนให้สามารถเรียนรู้ได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้
6. บทเรียนต้องให้สอดคล้องกันระหว่างวัตถุประสงค์ การสอน และการวัดผล
7. บทเรียนทั้งหมดควรจัดให้ผู้เรียนควบคุมการอ่านอย่างสะดวก เช่น
 - ก. จัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยแบ่งเป็นหัวข้อย่อยและ

เรียงลำดับหัวข้ออย่างเป็นระเบียบ

- ข. สะดวกต่อการแยกบทเรียนออกเป็นส่วนย่อย ง่าย ๆ ให้ง่ายขึ้น
- ค. จอภาพ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้อย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอนตั้งแต่จุดเริ่มต้น ถึงจุดสุดท้าย และเลิกเรียน
- ง. คำนวณเวลาทั้งหมดที่ใช้เรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ให้พอดี

8. พิจารณาเรื่องราวที่ปรากฏบนจอภาพ และประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ
 เพื่อให้บทเรียนน่าสนใจ ภาพที่ปรากฏบนจอควรน่าสนใจ ควรมีภาพสมอักขรงานวนน้อยตัว
 ข้อความกระชับรัดกุม ใช้เทคนิคการเคลื่อนไหวช่วย โดยมุ่งความสำเร็จของผู้เรียนเป็นสำคัญ

9. ประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บ่อย ๆ โดยยึดแนวทางการเรียน
 การสอน ส่วนตกต่างอื่น ๆ หลักสูตร ตลอดจน การเขียนโปรแกรมด้วย

การประเมินผลบทเรียน มี 3 ชั้น คือ

ก. ชั้นที่ 1 ทดสอบ 1 ต่อ 1 (One by One Testing) โดยผู้ประเมินสังเกต
 ผลงานของผู้เรียน บันทึก ข้อบกพร่องจากการออกแบบครั้งแรก แล้วปรับปรุงแก้ไข

ข. ชั้นที่ 2 ทดสอบกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) กลุ่มเล็กเป็นตัวแทน
 กลุ่มประชากรเป้าหมาย กลุ่มเล็กต้องมีจำนวนมากพอที่จะทำให้น่าเชื่อว่า บทเรียนสัมฤทธิ์ผล
 ตามเป้าหมายกลุ่มเล็ก ๆ นี้มีนัยสำคัญที่แทนกลุ่มประชากรเป้าหมายได้รวบรวมข้อมูลข้อบกพร่อง
 แล้วแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง

ค. ทดสอบภาคสนาม (Field Testing) มีเป้าหมายเพื่อประเมินบทเรียนใน
 สภาพการใช้งานตามปกติ จุดมุ่งหมายของการประเมินผลเพื่อยืนยันว่าบทเรียนเป็นไปตาม
 แผนงานที่วางไว้หรือไม่ โดยวิเคราะห์เพิ่มเติม ในด้าน

- บทเรียนตรงวัตถุประสงค์หรือไม่
- ทัศนคติต่อบทเรียน เป็นอย่างไร
- ลักษณะการเขียนโปรแกรมดีหรือไม่อย่างไร

10. ออกแบบภาพที่ปรากฏบนจอให้ประทับใจ

เจ (Jay, 1983 : 22-26) ได้แนะนำวิธีเสนอเนื้อหาในคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
 ดังนี้

- ก. ใช้เพียงประเด็นเดียว ความยาว 1-2 ประโยค ในช่วงเวลาหนึ่ง
- ข. นำเวลากับผู้เรียนอย่างเพียงพอในการควบคุมจอภาพ

- ค. การเลือกภาพบนจอควรพิจารณาให้เหมาะสม
- ง. ควรใช้อุปกรณ์ช่วยเมื่อสื่อสารด้วยตัวอักษร
- จ. ควรใช้ภาษาให้เป็นรูปธรรมมากกว่านามธรรม
- ฉ. ควรใช้การตีกรอบ สี หรือ การเน้นด้วยแสงสว่างพิเศษเพื่อ

เน้นเนื้อหาสาระที่สำคัญ

11. ควรเพิ่มสื่ออื่น ๆ เข้าไปด้วยเพื่อความเหมาะสมส่วนใหญ่ ได้แก่ หนังสืออ่านประกอบ รวมกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบทความ เพื่อให้เกิดความชัดเจน การสรุป หรือ การเรียนจากชั้นหนึ่งสู่อีกชั้นหนึ่ง เป็นต้น

จากขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของ รอมมิสซอสกี เคมท์ อเลสซีและทรอสลิป และของ อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์ ประกอบกับ แนวคิดในการออกแบบ สร้าง และพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของแฮนนาคิน และเพค ผู้วิจัย ได้พิจารณาเพื่อกำหนดเป็นขั้นตอน ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของตนเอง ให้เหมาะสมกับการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและเลือกเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์เนื้อหา แยกเป็นหน่วยย่อย

ขั้นตอนที่ 3 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทเรียน และหน่วยย่อยอีกทีหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียน และหน่วยย่อย

ขั้นตอนที่ 5 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

5.1 ออกแบบบทเรียน

5.2 เขียนสคริปต์บทเรียนตามทีออกแบบมาในรูปแบบผังงาน (Flow chart)

5.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์

การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ

1. เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เพื่อให้ได้แนวคิด ในการทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูก
ต้องและเหมาะสม ผู้วิจัยขอนำแนวคิดที่เกี่ยวข้องมากล่าวถึง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกัน 3
แนวคิด คือ

แนวคิดแรก เอสปีช และ วิลเลียมส์ (Espich and Williams. 1967:75-79)

อธิบายถึงการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอน และบทเรียนสำเร็จรูปไว้

3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบทีละคน(One to One Testing)

จากกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียนระดับต่ำกว่าปานกลางเล็กน้อย จำนวน 2-3 คน เพื่อให้ศึกษาสื่อที่พัฒนาขึ้น และหลังจากการศึกษา ผู้พัฒนาจะสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องของสื่อจากกลุ่มตัวอย่างนั้น

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองกับกลุ่มเล็ก(Small Group Testing)

ใช้กลุ่มตัวอย่าง 5-8 คน ดำเนินการคล้ายขั้นตอนที่ 1 แต่จะนำกลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย เพื่อนำผลวิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพของสื่อโดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 โดย 90 แรก หมายถึงคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดเมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า ส่วน 90 ตัวหลัง หมายถึง ผู้เรียนร้อยละ 90 ของทั้งหมดสามารถทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ ได้ถูกต้องหากผลวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ก็ปรับปรุงแก้ไขเฉพาะส่วนที่บกพร่อง เพื่อนำไปทดลองใช้ขั้นตอนที่ 3 ต่อไป หากผล

การวิเคราะห์ให้เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ก็จะดำเนินการด้วยวิธีการ เดิมกับกลุ่มตัวอย่างใหม่จนกว่าจะได้ผลตาม เกณฑ์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบภาคสนาม (Field Testing) กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรเป้าหมายจริง โดยผู้พัฒนาสื่อจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องกับการทดลองด้วย แต่จะอาศัยครูผู้สอนดำเนินการแทน โดยใช้วิธีดำเนินการเช่นเดียวกับตอนที่ 2

แนวคิดที่สอง บอร์ก (Borg. 1982:221-229)

อธิบายถึงการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขสื่อการเรียนการสอนทั่วไป 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบภาคสนามเบื้องต้น และการปรับปรุงแก้ไข (Preliminary Field Testing and Revision) จากโรงเรียน 1-3 โรง กลุ่มตัวอย่างประมาณ 5-12 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อด้วยวิธีการสอบถามความคิดเห็น

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบภาคสนามครั้งสำคัญและการปรับปรุงแก้ไข(Main Field Testing and Revision) จากโรงเรียนประมาณ 5-15 โรง กลุ่มตัวอย่างประมาณ 30-100 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อไปพร้อมกัน โดยอาศัยรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง หากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าสื่อที่พัฒนามีประสิทธิภาพก็จะปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง เพื่อนำไปทดลองใช้ขั้นตอนที่ 3 ต่อไป แต่หากไม่มีประสิทธิภาพก็จะดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างใหม่อีกจนกว่าจะพบว่ามีความมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบภาคสนามเชิงปฏิบัติการและปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้าย (Operational Field Testing and Final Revision) จากโรงเรียนประมาณ 10-30 โรงเรียน กลุ่มตัวอย่างประมาณ 40-200 คน มีจุดมุ่งหมาย เพื่อการตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อ จากการทดลองใช้ในสถานการณ์จริง กล่าวคือ การทดลองใช้สื่อขั้นตอนนี้ ผู้พัฒนาจะไม่เข้าไปเกี่ยวข้องด้วย แต่จะอาศัยผู้ประสานงานหรือบุคคลอื่น ๆ ดำเนินการแทน ข้อมูลที่รวบรวมได้จะได้รับการวิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่อง ที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขเป็นครั้งสุดท้าย ก่อนที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์จริงต่อไป

แนวคิดที่สาม เมเยอร์ (Mayer. 1984:305-344)

คำอธิบายการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขชุดฝึกด้วยตนเอง 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพิจารณาจากกลุ่มเพื่อน (Judgement by Peers) วิชาให้ศึกษาชุดฝึกที่ละชุด หลังการศึกษาผู้พัฒนาชุดฝึกจะสอบถามความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับชุดฝึก จากนั้นจึงร่วมกันพิจารณาหาข้อบกพร่อง เป็นรายหน้า และหลังจากนั้นให้ผู้ศึกษาชุดฝึกตอบแบบสอบถามแบบประมาณค่าและแบบปลายเปิด เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องต่อไปอีก

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองกับกลุ่มเล็ก (Trial with Small Group) จากอาสาสมัครประมาณ 3-5 คน มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน หลังจากศึกษาเสร็จผู้ศึกษาชุดฝึก จะร่วมกันอภิปรายชี้แจงถึงข้อบกพร่องของชุดฝึก เพื่อการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองกับชั้นเรียนที่เป็นตัวแทน (Trial with Representative Class or Classes) ดำเนินการคล้ายกับขั้นตอนที่ 2 คือให้มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เนื่องจากการทดลองใช้สื่อในขั้นตอนนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก ไม่สะดวกต่อการสัมภาษณ์ หรืออภิปรายแบบเดิม ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และจากแบบสอบถาม จะได้รับการวิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่องของสื่อที่จะต้องทำการ

ปรับปรุงแก้ไขข้อสอบ

แนวคิดในการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขสื่อที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 แนวคิด เห็นได้ว่า แนวคิดของ เอสปิกและวิลเลียมส์ บอร์ก และของเมเยอร์ มีส่วนคล้ายคลึงกัน คือ ขั้นตอนแรกต่างมีจุดมุ่งหมาย เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของสื่อ โดยสอบถามความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างหลังการศึกษาสื่อ ขั้นตอนที่สอง ต่างมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และขณะเดียวกันก็ทดสอบประสิทธิภาพของสื่อด้วย เพียงแต่ใช้กลุ่มตัวอย่าง และเกณฑ์ต่างกันคือ เอสปิกและวิลเลียมส์ ใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ส่วนบอร์กใช้การวิจัยเชิงทดลอง และ เมเยอร์ใช้ผลต่างของคะแนนเฉลี่ยการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ส่วนขั้นตอนที่สามต่างเน้น การนำสื่อที่พัฒนาไปทดลองใช้จริง สถานการณ์จริง โดยผู้พัฒนาสื่อไม่เข้าไปเกี่ยวข้องด้วย

จากข้อสังเกตดังกล่าว ผู้วิจัยได้พิจารณาหาหนทางรวบรวมความคิดเห็นเพื่อการทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับการวิจัยและพัฒนาครั้งนี้ ดังนี้

ประการแรก เกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยเห็นว่า หากแยกออกจากกันเป็นคนละขั้นตอน จะทำให้การอธิบายมีความละเอียด และเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น จึงแยกขั้นตอนดังกล่าวออกเป็นคนละขั้นตอน จึงทำให้มีขั้นตอนการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ 6 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนที่ 1 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1
- ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1
- ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2
- ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2
- ขั้นตอนที่ 5 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 3
- ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 3

ประการที่สอง เกี่ยวกับขั้นตอนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แต่ละครั้งผู้วิจัยได้กำหนดดังนี้ ขั้นตอนที่ 1, 2, 3 และ 4 มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียน ในขั้นตอนที่ 5 และ 6 มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนด้วย

ประการที่สาม เกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง วิธีการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นตอนทดลองใช้บทเรียนแต่ละขั้นตอนกำหนดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองใช้บทเรียน	}	ใช้นักเรียนระดับมัธยมปลายที่มีผลการเรียนต่ำกว่าระดับปานกลาง และไม่เคยเรียนบทเรียนนี้มาก่อน จำนวน 3 คน ให้เรียนทีละคน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1		
ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียน	}	โดยผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและสอบถามข้อบกพร่อง นำมาเป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไข ครั้งที่ 1
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1		
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้บทเรียน	}	ใช้นักเรียน 9 คน ให้เรียนพร้อมกันเป็นกลุ่ม
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2		เมื่อเรียนเสร็จ ผู้วิจัยจะให้ช่วยกันอภิปรายถึงข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขแล้วผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2
ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียน	}	
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2		

ขั้นตอนที่ 5 การทดลองใช้บทเรียน	มีจุดมุ่งหมาย เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและทดสอบประสิทธิภาพของนักเรียน กำหนดใช้กลุ่มตัวอย่าง 30 คน วิชาใช้การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3	
ขั้นตอนที่ 6 การปรับปรุงแก้ไขบทเรียน	
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3	

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3 ผู้วิจัยเลือก เกณฑ์การทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียน ด้วยวิธีเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน ตามแนวคิดของเมเยอร์ ด้วยเหตุผลว่าตามหลักจิตวิทยาการศึกษานั้น ความคิดหรือมโนคติที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้บทเรียนนั้น ย่อมเกิดขึ้นภายหลังการเรียนรู้จนจบบทเรียน ผู้วิจัยมุ่งตรวจสอบเชิงคุณภาพว่ามีผลเพิ่มขึ้นเท่าใด เข้าเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ มีกลุ่มตรวจสอบขณะนักเรียนกำลังเรียนอยู่ และผู้วิจัยมีความเห็นว่า ผลการเรียนรู้ทั้งหมดเกิดจากมโนคติย่อยๆ หลายมโนคติจะถ่ายทอดการเรียนรู้เกิดเป็นโครงสร้างของความคิด (Organization) เป็นส่วนรวมในตัวผู้เรียน

ฉะนั้น เพื่อสรุปขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมดของผู้วิจัย ได้

เป็น 11 ขั้นตอนย่อยดังนี้

การสร้าง บทเรียน คอมพิวเตอร์ ช่วยสอน	ขั้นตอนที่ 1	ศึกษาและเลือก เนื้อหาที่จะสร้างและพัฒนา
	ขั้นตอนที่ 2	วิเคราะห์เนื้อหาและแยก เป็นหน่วยย่อย
	ขั้นตอนที่ 3	ให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบบทเรียน และหน่วยย่อย
	ขั้นตอนที่ 4	ปรับปรุงแก้ไขบทเรียน และหน่วยย่อย
	ขั้นตอนที่ 5	สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วยขั้น ตอนย่อย ๖ คือ
การทดลอง ปรับปรุง แก้ไข	5.1	ออกแบบบทเรียน
	5.2	เขียนสคริปต์บทเรียนตามทีออกแบบ
	5.3	เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์
	ขั้นตอนที่ 6	ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1
	ขั้นตอนที่ 7	ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1
	ขั้นตอนที่ 8	ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2
	ขั้นตอนที่ 9	ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2
	ขั้นตอนที่ 10	ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3
	ขั้นตอนที่ 11	ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

สมมุติฐานการวิจัย

จากการประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดทำให้ผู้วิจัยสามารถตั้ง
สมมุติฐานการวิจัยได้ดังนี้

สมมุติฐานที่ 1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา
ตอนปลายที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

สมมุติฐานที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนคอม
พิวเตอร์ช่วยสอนแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนี้ เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) โดยมีรูปแบบการวิจัยเชิงพัฒนาของบอร์ก ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญ 11 ขั้นตอนแต่ผู้วิจัยได้รับขั้นตอนตามความเหมาะสม โดยมุ่งจะผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาเฉพาะเนื้อหาที่มีลักษณะ เป็นนามธรรม สลับซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดมโนคติที่ผิดพลาด โดยการทดลองใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้น ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเนื้อหาวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) ของกระทรวงศึกษาธิการแล้วเลือกเนื้อหาเฉพาะบทที่เป็นนามธรรม เนื้อหาสลับซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน ทำให้เกิดมโนคติผิดพลาด (Misconception) โดยอาศัยผลงานวิจัยของสสวท.(2534) ประกอบกับขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาชีววิทยา

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์เนื้อหา แต่ละบทตามขั้นที่ 1 และแยกเป็นหน่วยย่อย

ขั้นตอนที่ 3 ทำอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทเรียน และหน่วยย่อยอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียน และหน่วยย่อย

ขั้นตอนที่ 5 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

5.1 ออกแบบบทเรียนในรูปแบบ บทเรียนสำเร็จรูป

5.2 เขียนสคริปต์บทเรียนตามที่ออกแบบในรูปแบบของผังงาน (Flow chart)

5.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์

ขั้นตอนที่ 6 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

ขั้นตอนที่ 8 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

ขั้นตอนที่ 9 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

ขั้นตอนที่ 10 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

ขั้นตอนที่ 11 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

แต่ละขั้นมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการโดยลำดับคือ

1. การศึกษาและเลือกเนื้อหาวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ปรับปรุง พ.ศ. 2533) โดยนางเนาวจิต หลักการ และทฤษฎีทางชีววิทยาที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการที่จะใช้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ต่อไป การเลือกเนื้อหาผู้วิจัยเลือกเฉพาะเนื้อเรื่องที่เป็นนามธรรม สลับซับซ้อน ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน โดยศึกษาจากผลงานวิจัยของสสวท. และสอบถามผู้เชี่ยวชาญการสอนชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" โดยผู้วิจัยได้ขอคำปรึกษากับคณาจารย์ฝ่ายวิชาชีววิทยาของ สสวท.

๑ วิเคราะห์เนื้อหาและแยกเป็นหน่วยย่อยและให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบทเรียนและหน่วยย่อย

ในขั้นการวิเคราะห์เนื้อหา และแยกเป็นหน่วยย่อยให้เป็นมโนมติด้อยๆ หลายมโนมติ
ต่อเนื่องกันมา ให้เป็นระบบโครงสร้างความคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้ ของกาเย เบียเจต์
บรูเนอร์ และออสเบล และให้อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมกับผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบทเรียนและ
หน่วยย่อยนี้ ผู้วิจัยได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ การสอนวิชาชีววิทยา ของสสวท. และ
คณาจารย์ภาควิชาชีววิทยา วิทยาลัยครุฑนครราชสีมา รวมทั้งหมด 5 ท่าน ผลการศึกษา
สามารถกำหนดหน่วยย่อยดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นตอน และหน่วยย่อย

ตอนที่	หน่วยย่อย
1. ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์	1. การศึกษาของ เมนเดล 2. ยีนและโครโมโซมคืออะไร 3. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งของยีน 4. ครอสซิงค์โอเวอร์ 5. การถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเพศ
2. ยีน คืออะไร อยู่ที่ไหน	6. ยีน คืออะไร 7. นิวเคลียสหรือไซโทพลาสซึมที่มีส่วนในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม 8. โครงสร้างทางเคมีของ DNA 9. กรดนิวคลีอิก 10. โครงสร้างของ DNA 11. ขบวนการสร้างโมเลกุลของ DNA 12. ขบวนการสังเคราะห์ RNA 13. RNA คืออะไร 14. คุณสมบัติและการทำงานของยีน หรือ DNA 15. ขบวนการจำลองตัวเองของ DNA 16. ขบวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ mRNA 17. ลักษณะของ RNA 18. DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

ตาราง 2 (ต่อ)

ตอนที่	หน่วยย่อย
3. การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	19. การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต 20. ลักษณะที่แสดงออกให้เห็น 21. บรรทัดเกี่ยวกับการแสดงลักษณะของ สิ่งมีชีวิตอย่างไร 22. มิวเตชัน คือ อะไร 23. ชนิดของมิวเตชัน 24. รังสีอุลตราไวโอเล็ต มีผลต่อการเกิด มิวเตชัน 25. อะไรที่ทำให้เกิดมิวเตชัน 26. มิวเตชัน านรุ่นต่อไป เกิดขึ้นได้อย่างไร

จากตาราง 2 จะเห็นว่าเนื้อหา แบ่งเป็น 3 ตอน และแบ่งเป็นหน่วยย่อยได้

26 หน่วยย่อย

การวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย และการหาอาจารย์ที่ปรึกษา ตรวจสอบ
บทเรียนและหน่วยย่อย

การวิเคราะห์เนื้อหาและแยก เป็นหน่วยย่อย เพื่อให้เหลือ เป็นมโนทัศน์ (Concept)
ที่สามารถจะนำมาเขียนกรอบของแต่ละบท มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้แนวทาง เสนอเป็นบท
เรียนต่อไป ซึ่งในการวิจัยผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากการศึกษาเอกสารหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
เอกสารและงานวิจัยดังกล่าวชี้แนะของสสวท. และของต่างประเทศ

นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายให้บทเรียนและหน่วยย่อยได้รับการตรวจสอบให้ถูกต้องตามแนวคิด หลักการ และทฤษฎีทางชีววิทยา และมีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงในการเรียนการสอน ผู้เชี่ยวชาญในที่นี้คือ ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของ สสวท. และอาจารย์ชีววิทยาในวิทยาลัยครู นครราชสีมา ที่เป็นผู้ให้การอบรมการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา

หลักการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ การสร้างกรอบเนื้อหาซึ่งมีลักษณะ เป็นมโนทัศน์ที่ต่อเนื่องกัน จากการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา ทำให้สามารถกำหนดจำนวนกรอบเนื้อหาจากหน่วยย่อย 26 หน่วยดังกล่าวข้างต้น เป็นจำนวนกรอบดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์จำนวนการตอบตามเนื้อหา

ตอนที่	หน่วยย่อยที่	จำนวนการตอบในเมทริกซ์ย่อย
1. ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์	1. การศึกษาของ เมนเดล	1
	2. ยีนและโครโมโซมคืออะไร	4
	3. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งของยีน	14
	4. ครอสซิงค์โอเวอร์	7
	5. การถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเพศ	8
รวม		34 กรอบ
2. ยีน คืออะไร อยู่ที่ไหน	6. ยีน คืออะไร อยู่ที่ไหน	6
	7. นิวเคลียสหรือไซโทพลาสซึมที่มีส่วน ในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม	2
	8. โครงสร้างทางเคมีของ DNA	3
	9. กรดนิวคลีอิกแอซิด	4
	10. โครงสร้างของ DNA	3
	11. ขบวนการสร้างโมเลกุลของ DNA	2
	12. ขบวนการสังเคราะห์ RNA	1
	13. RNA คืออะไร	4
	14. คุณสมบัติและการทำงานของยีน หรือ DNA	1
	15. ขบวนการจำลองตัวเองของ DNA	3

จากตาราง 3 จะเห็นว่าเนื้อหา มี 3 ตอน 26 หน่วยย่อย วิเคราะห์เป็นจำนวน
 กรอบได้ตอนที่ 1 จำนวน 34 กรอบ ตอนที่ 2 จำนวน 23 กรอบ และตอนที่ 3 จำนวน
 12 กรอบ รวมทั้งหมดได้ 82 กรอบ

การเขียนกรอบมโนคติย่อย

เมื่อกำหนดจำนวนกรอบมโนคติย่อยของแต่ละหน่วยย่อยได้แล้ว ได้เขียนกรอบมโนคติย่อย
 แต่ละกรอบตามเงื่อนไข คือให้คำมโนคติเดียว ซึ่งแต่ละกรอบจะประกอบด้วย

- การนำเสนอเนื้อหา ประกอบภาพเคลื่อนไหว
- ข้อคำถามซึ่งเป็นแบบฝึกหัดประจำเนื้อหา เป็นคำถามที่
 เลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก
- คำเฉลย พร้อมคำอธิบายที่ถูกต้อง หรือให้กลับไปเรียนเนื้อ
 หาประจำกรอบใหม่
- เมื่อตอบถูกจะเลื่อนไปเรียนกรอบต่อไป ถ้าตอบผิดให้กลับ
 ไปเรียนเนื้อหาเดิม

๔ การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนและหน่วยย่อย

มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้เนื้อหาและหน่วยย่อยมีความถูกต้องตามแนวคิด หลักการ และ
 ทฤษฎีทางชีววิทยา และมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงในการเรียนการสอนชีววิทยา
 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา

เมื่อเขียนกรอบมโนคติย่อยได้ครบจำนวนเนื้อหาแล้ว ได้มีการปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญ
 อีกครั้งหนึ่ง เพื่อพิจารณาความต่อเนื่องของกรอบ พร้อมกับแก้ไขภาษาให้เหมาะสม

ตลอดจนข้อจำกัดของรูปภาพ และจำนวนตัวอักษรในแต่ละบรรทัด ตามข้อจำกัดของ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อแก้ไขรายการรอบเสร็จแล้ว ได้นำส่งให้โปรแกรมเมอร์ ซึ่งเป็นอาจารย์และนักศึกษาวิชาเอก วท.บ. คอมพิวเตอร์ ของวิทยาลัยครูนครราชสีมา เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การผลิตโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน(Pretest) และแบบทดสอบหลังเรียน(Post-test) ทั้ง 2 ส่วนจะรวมกันอยู่ในแต่ละบทเรียน การสร้างในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. การสร้างโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง คือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ประเภท IBM Compatible ขนาด 16 บิต จอภาพสี พร้อมแป้นพิมพ์เขียนด้วยภาษา Pascal การสร้างมีขั้นตอนดังนี้

- 1.1 การออกแบบบทเรียน ในรูปของบทเรียนสำเร็จรูป ครอบคลุมเนื้อหาออกเป็น มโนทัศน์ย่อย หลากหลาย มโนทัศน์ต่อเนื่องกันไปเพื่อให้เป็นระบบโครงสร้างความคิด ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย เปียเจต์ บรูเนอร์ และออสเบล ดังรายละเอียดกล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหน้า 29-31

ส่วนลำดับขั้นตอนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยมีลำดับขั้นการเรียนการสอนของกาเย 9 ขั้น ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัย

ที่เกี่ยวข้องในหน้า 31, 32, 93, และ 94 วิชาให้มีทั้งภาพ และเสียง ตามสมรรถนะ
ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ บทเรียนแต่ละบทจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- คำแนะนำการเรียน
- แบบทดสอบก่อนเรียน
- จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
- ตัวเนื้อหา ซึ่งจะอยู่ในรูปของเนื้อหาเพื่อการสอนหรือทบทวน(Tutorial)
ตามแผนภาพแสดงโครงสร้างของบทเรียนในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่
เกี่ยวข้องหน้า 60
- แบบฝึกหัด(Drill and Practice)
- แบบทดสอบหลังเรียน(Post-test)

1.2 เขียนสคริปต์บทเรียนคอมพิวเตอร์ตามที่ได้ออกแบบไว้ในรูปของผังงาน
(สคริปต์ทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก)

1.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามที่ได้ออกแบบไว้

ตั้งแต่ข้อ 1.1 - 1.3 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ การผลิตโปรแกรม
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยอาจารย์และนักศึกษาจากภาควิชาคอมพิวเตอร์ วิทยาลัย
ครูนครราชสีมา จำนวน 3 คน ได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์ ที่ผู้วิจัยได้
ออกแบบไว้ ในลักษณะของกรอบต่อเนื่องกัน เพื่อบรรจุสาระเนื้อหาจนครบตามขั้นการวิเคราะห์
จำนวนกรอบ วิชาในขั้นต้นได้ทดลองทำเพียง 1 ตอนก่อน คือ ตอนที่ 1 ความรู้
เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เพื่อดูความเป็นไปได้ ตลอดจนสร้างรูปแบบ (Pattern) อันจะนำไป
สู่การสร้างหน่วยอื่นต่อไป

เมื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตอนที่ 1 ได้แล้ว ได้นำมาพิจารณากลุ่มผู้
เชี่ยวชาญการสอนเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและความเข้าใจง่าย ตลอดจนเปลี่ยนแปลง
กรอบบางกรอบ จนเป็นที่พอใจระหว่างผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และการสอนแล้ว จึงผลิต
โปรแกรมสำหรับ ตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ต่อไป

2. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียน
และหลังเรียน ได้ดำเนินการเป็นขั้นๆ ดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบ และการเขียนข้อสอบ

2.2 วิเคราะห์เนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนที่สร้างขึ้นและ
สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อสร้างแบบทดสอบให้มีความเที่ยงตรงเชิง
เนื้อหา

2.3 เขียนข้อสอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 274 ข้อ กระจายครอบคลุมเนื้อหาและ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.4 นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 6 ที่เคยเรียนเนื้อหานี้แล้ว
จำนวน 69 คน ตรวจวัดคะแนน

2.5 นำคะแนนจากข้อ 2.4 มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(P) ค่าอำนาจ
จำแนก(D) ของแบบทดสอบ เป็นรายชื่อข้อที่ใช้วิธีวิเคราะห์แบบเทคนิค 27 %
และเปิดตารางสำเร็จของ จุง เคห์ ฟาน

2.6 เลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย ระหว่าง .20-.80 และมีค่าอำนาจ
จำแนกรายชื่อตั้งแต่ .15 ขึ้นไป

2.7 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน KR-21

2.8 แบ่งข้อสอบมาใช้ให้ตรงกับบทเรียนที่สร้างไว้ เป็นข้อทดสอบก่อนเรียน และ
หลังเรียน อย่างละครึ่งจำนวนในลักษณะของข้อทดสอบคู่ขนาน ทั้งราย
ละเอียดดังนี้

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก (Multiple Choice) ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามขั้นตอน และรายละเอียดดังนี้

1. ขั้ววางแผนการสร้างข้อสอบ โดย

พิจารณาเนื้อหาที่ต้องการวัดผล มี 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ แบ่งเป็น

- การศึกษาของ เมนเดล
- ยีนและโครโมโซม คืออะไร
- การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งของยีน
- คrossover
- การถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวกับเพศ

ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน แบ่งเป็น

- ยีน คืออะไร อยู่ที่ไหน
- นิวคลีอัส หรือไซโทพลาสซึมที่มีส่วนในการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
- โครงสร้างทางเคมีของ ดี เอ็น เอ (DNA)
- กรดนิวคลีอิก
- โครงสร้างของ DNA
- ขบวนการสร้างโมเลกุลของ DNA
- ขบวนการสังเคราะห์ RNA
- RNA คืออะไร
- คุณสมบัติและการทำงานของยีน หรือ DNA
- ขบวนการจำลองตัวเองของ DNA
- ขบวนการถอดรหัสของ DNA ให้เป็น mRNA

- ลักษณะของ RNA
- DNA กับการสังเคราะห์โปรตีน

ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต แบ่งเป็น

- การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต
- ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น
- โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร
- มิวเตชัน คือ อะไร
- ชนิดของมิวเตชัน
- รังสีอุลตราไวโอเล็ต มีผลต่อการเกิด มิวเตชัน
- อะไรที่ทำให้เกิดมิวเตชัน
- มิวเตชันในรุ่นต่อมา เกิดขึ้นได้อย่างไร

ผู้วิจัยได้พยายามเขียนข้อสอบให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

โดยการกำหนด ตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Specification) ขึ้นตามเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตแบบทดสอบโดย มีวัตถุประสงค์ทางการศึกษา 4 ด้าน คือ

- ความรู้
- ความเข้าใจ
- การวิเคราะห์
- การประยุกต์

ในขั้นตอนนี้ได้ข้อสอบทั้งหมด 274 ข้อ ทาให้ข้อสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรม

ทุกด้าน

ขั้นตอนการหาคุณภาพของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การหาคุณภาพของแบบทดสอบได้หาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยตรวจสอบความถูกต้องและความครอบคลุมในเนื้อหาเรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ตามหลักสูตรของ สสวท กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านชีววิทยา ช่วยทำการตรวจสอบ จำนวน 5 คนแล้วจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มีความชัดเจนและสอดคล้องยิ่งขึ้น

หลังจากปรับปรุงดีแล้ว จึงนำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบุญวัฒนา จังหวัด นครราชสีมา ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" มาแล้ว จำนวน 69 คน นักเรียนเหล่านี้มาชักกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อสอบ มาวิเคราะห์เป็นรายข้อ (Item Analysis) เพื่อหาค่าอำนาจ จำแนกรายข้อ (D)(Item Discrimination) ซึ่งหาได้จากสูตร

$$D = \frac{R_u - R_l}{f}$$

D คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

R_u คือ จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มสูง ที่ทำข้อสอบข้อนั้น ๖ ถูก

R_l คือ จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มต่ำ ที่ทำข้อสอบข้อนั้น ๖ ถูก

f คือ จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม ที่ต้องมีจำนวนเท่ากัน

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรายข้อ (ค่า D) คือ

ค่า D ต่ำกว่า .15 เป็นข้อสอบที่ต้องแก้ไข

ค่า D .15 - .24 เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้

ค่า D .25 - .34 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างดี

ค่า D .35 ขึ้นไป เป็นข้อสอบที่ดี

และหาค่าความยากง่าย (Item Difficulty) ของข้อทดสอบรายข้อจากสูตร

$$P = \frac{R_u + R_l}{2f}$$

P คือ ความยาวของข้อสอบรายข้อ

R_u คือ จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มสูง ที่ทำข้อสอบข้อนั้น ๆ ถูก

R_l คือ จำนวนผู้ที่อยู่ในกลุ่มต่ำ ที่ทำข้อสอบข้อนั้น ๆ ถูก

f คือ จำนวนคนในแต่ละกลุ่ม ที่ต้องมีจำนวนเท่ากัน .

ข้อสอบจะต้องมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .20 - .80

ลำดับต่อไปหาการคัดเลือกเอาเฉพาะบางข้อที่มี อำนาจจำแนก(D) ตั้งแต่ .15 ขึ้นไป และค่าความยากของข้อสอบ (P) ระหว่าง .20 - .80 หลังจากเลือกข้อสอบใหม่ แล้วปรากฏว่าเหลือข้อสอบที่เหมาะสมจำนวน 109 ข้อ ดังตารางแสดงข้อสอบรายข้อ พร้อมค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4 แสดงข้อสอบที่เลือกแล้วจำนวนตามค่า ความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (D)

ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)	ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)
1	.31	.24	43	.29	.98
5	.33	.29	47	.33	.29
7	.50	.16	51	.61	.81
8	.29	.19	52	.64	.34
9	.50	.36	55	.47	.21
14	.45	.27	59	.39	.28
20	.31	.36	60	.64	.23
21	.27	.44	62	.50	.36
23	.39	.28	63	.45	.27
28	.45	.27	64	.79	.50
33	.35	.56	67	.44	.38
35	.31	.24	68	.61	.39
36	.29	.19	72	.36	.34
37	.77	.35	73	.45	.16
39	.58	.22	76	.26	.26
40	.75	.39	78	.50	.16
42	.36	.34	83	.64	.34

ตาราง 4 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)	ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)
87	.39	.16	129	.39	.39
96	.67	.29	131	.41	.64
100	.44	.38	134	.42	.33
102	.31	.24	136	.21	.30
103	.61	.28	138	.36	.34
104	.56	.48	139	.53	.31
106	.26	.26	140	.47	.21
107	.13	.24	141	.31	.36
108	.34	.18	143	.25	.39
109	.53	.53	151	.34	.18
114	.27	.44	158	.21	.30
118	.56	.38	159	.47	.53
121	.61	.39	161	.29	.19
122	.78 *	.76	167	.34	.18
123	.50	.53	168	.30	.41
124	.55	.16	169	.58	.22
125	.37	.59	171	.29	.19

ตาราง 4 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)	ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)
172	.73	.44	218	.42	.22
173	.68	.52	220	.53	.21
174	.20*	.74	223	.28	.31
176	.56	.53	225	.45	.16
180	.53	.31	226	.35	.56
184	.27	.44	228	.45	.27
186	.47	.62	230	.33	.29
189	.42	.33	231	.33	.29
191	.44	.48	232	.36	.45
193	.59	.53	240	.50	.16
194	.64	.34	241	.53	.31
196	.42	.33	242	.26	.26
197	.44	.48	243	.47	.31
199	.36	.46	244	.24	.21
203	.33	.26	250	.25	.39
211	.47	.21	252	.29	.19
216	.36	.34	255	.44	.48

ตาราง 4 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)	ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)
256	.53	.21	271	.39	.28
259	.33	.41	273	.33	.41
262	.29	.19	274	.21	.30
270	.44	.48			

รวมข้อสอบที่ใช้ได้ 109 ข้อ

จากนี้นำข้อสอบทั้งหมด ที่คัดเลือกมาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธี
การหาค่าของ KR - 21 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson 1939 :
681 - 687) มีสูตรดังนี้

$$KR - 21 : r_{tt} = \frac{n}{n - 1} \left[\frac{\frac{1 - \bar{x}(n - \bar{x})}{ns_x^2}}{(1 - x(n - x))} \right]$$

r_{tt} คือ ความเชื่อมั่น (Reliability)

n คือ จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

x คือ คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

S^2_x คือ ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ปรากฏว่า ข้อทดสอบทั้งหมดมีค่าความเชื่อมั่น .88 ซึ่งแสดงว่า ข้อสอบชุดนี้มีค่าความเชื่อมั่นสูง

นำข้อสอบที่เลือก ค่า P และค่า D และหาค่าความเชื่อมั่นแล้ว นำไปแยกเข้ากลุ่มตามเนื้อหาซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน ในแต่ละตอนยังแบ่งเป็นข้อทดสอบก่อนเรียน และข้อทดสอบหลังเรียน ในลักษณะแบบทดสอบคู่ขนาน ที่มีค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับเดียวกัน แบ่งเป็นตอนๆ ทั้ง 3 ตอนดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 5 แสดงแบบทดสอบคู่ขนาน ก่อนเรียน และหลัง เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ตามเนื้อหาเป็นตอน ๆ ดังนี้

แบบทดสอบก่อนเรียน		แบบทดสอบหลัง เรียน	
ตอนที่	จำนวนข้อทดสอบ	ตอนที่	จำนวนข้อทดสอบ
1. ความรู้เกี่ยวกับ พันธุศาสตร์	23	1. ความรู้เกี่ยวกับ พันธุศาสตร์	23
2. ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	21	2. ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	21
3. การแสดงลักษณะ ของสิ่งมีชีวิต	9	3. การแสดงลักษณะ ของสิ่งมีชีวิต	9
รวม 3	53	3	53

จากตาราง 5 จะเห็นว่าบทเรียนทั้ง 3 ตอน มีแบบทดสอบก่อนเรียนและหลัง เรียน
คือ

ตอนที่ 1 มีแบบทดสอบก่อนเรียน 23 ข้อ หลังเรียน 23 ข้อ
ตอนที่ 2 มีแบบทดสอบก่อนเรียน 21 ข้อ หลังเรียน 21 ข้อ
ตอนที่ 3 มีแบบทดสอบก่อนเรียน 9 ข้อ หลังเรียน 9 ข้อ

เมื่อได้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนตามต้องการแล้ว จึงนำแบบทดสอบไปบรรจุ
ในบทเรียน แต่ละบทตามขั้นตอนการวิจัยที่ 6 และดำเนินขั้นที่ 7 ต่อไป

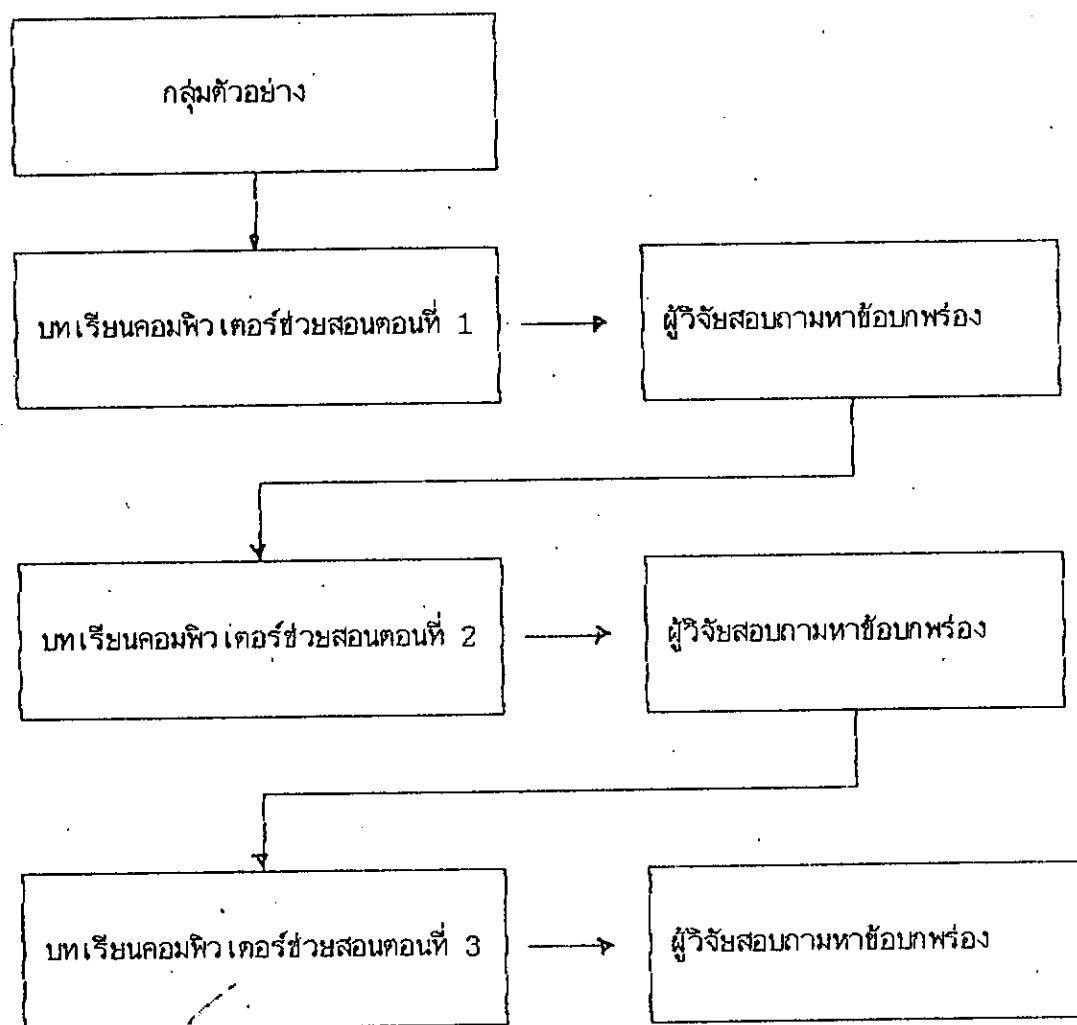
การเขียนโปรแกรมแบบทดสอบเขียนด้วยภาษา Author ware โครงสร้างของ
โปรแกรมมีรายละเอียดตามบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหน้า 75 โปรแกรมจะ
บอกเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบแต่ละข้อ และสรุปคะแนนว่าถูกกี่ข้อผิดกี่ข้อ

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

การทดลองครั้งที่ 1 มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอน ในด้านต่าง ๆ ความถูกต้องด้านเนื้อหา ความชัดเจนของการเสนอเนื้อหา
คุณภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ความชัดเจนของภาพและเสียง ตลอดจนความสอดคล้อง
กับสภาพความเป็นจริงของจริงเรียน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง โดยการเลือกอย่างเจาะจงจากนักเรียนมัธยมปลาย
ทั้งหมด 3 คน นักเรียนเหล่านี้เป็นผู้มีผลการเรียนต่ำกว่าระดับปานกลาง
2. การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
เรียนบทเรียนทีละคน โดยผู้วิจัยเตรียมสถานที่คือ ห้องปฏิบัติการไมโครคอมพิวเตอร์ของ
วิทยาลัยครูนครราชสีมา เพื่อใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้เรียน 1 คน ต่อไมโครคอมพิวเตอร์
1 เครื่อง ในขณะที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่นั้น ผู้วิจัยจะเข้าสังเกตพฤติกรรมของ
นักเรียนว่าแสดงท่าทีสงสัย หรือไม่เข้าใจตอนไหน อย่างไร แล้วบันทึกข้อบกพร่องของ
บทเรียน ความคิดเห็นจากนักเรียน แล้วบันทึกข้อบกพร่อง ข้อคิดเห็นเหล่านี้เป็นแนวทาง
ในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียน เป็นครั้งที่ 1

กรอบความคิดในการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1 แสดงภาพ
ประกอบได้ดังนี้



ภาพประกอบ 8 แผนภูมิแสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการตัดสินใจโดยอาศัยวิจารณญาณที่เป็นเหตุเป็นผล เพื่อระบุข้อบกพร่องที่จะต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไขจากข้อเสนอแนะที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่าง

การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

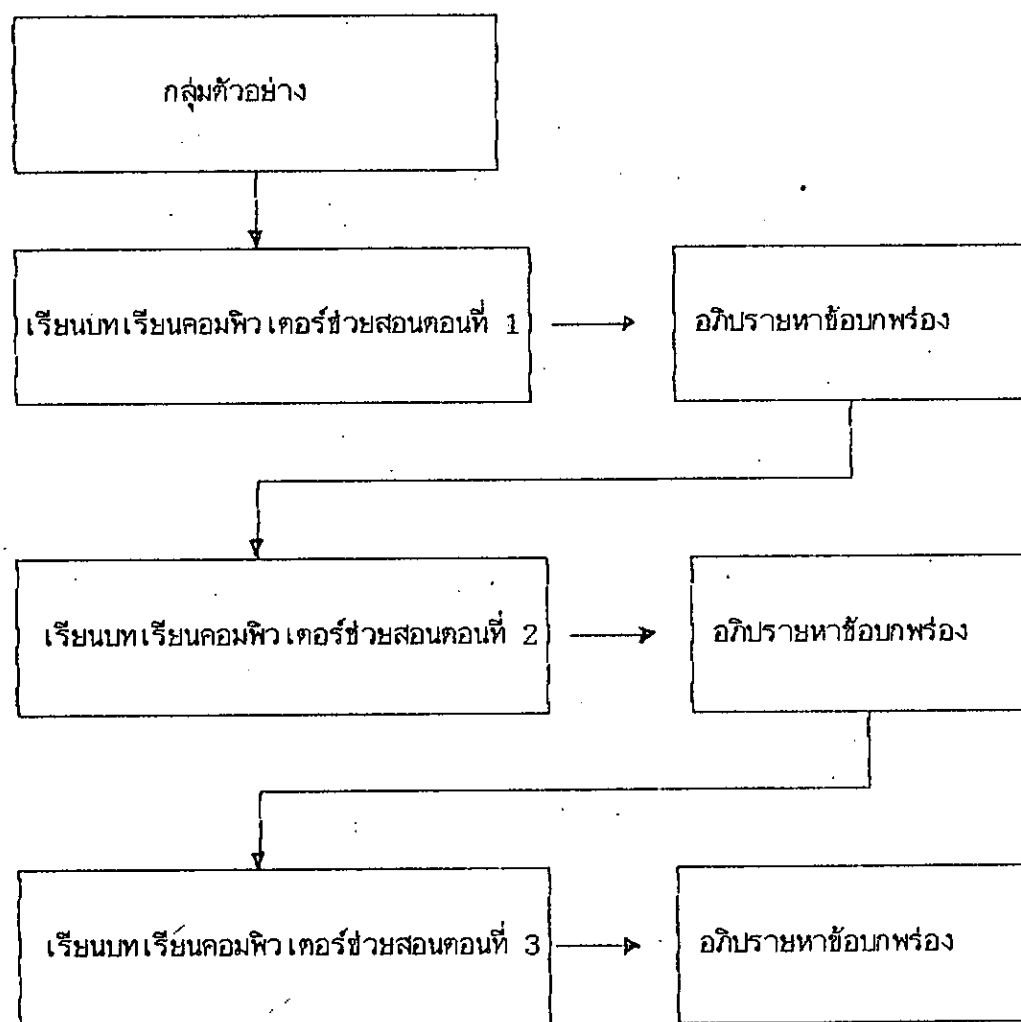
มีจุดมุ่งหมาย เพื่อนำข้อบกพร่องที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 7 มาเป็นแนวทางการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่เห็นว่าเป็นข้อบกพร่องหรือไม่ถูกต้องจริง ๆ และโดยการตรวจสอบความถูกต้องของข้อบกพร่องนั้นอีกครั้งหนึ่งก่อนการตัดสินใจปรับปรุงแก้ไข

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

มีจุดมุ่งหมาย เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่าง ๆ เช่น เกี่ยวกับการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง ในการทดลองใช้บทเรียนครั้งที่ 1 โดยมีการดำเนินงาน ดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกอย่างเจาะจง จากนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 9 คน นักเรียนทั้งหมดแบ่งเป็นผู้มีผลการเรียนระดับต่ำกว่าปานกลาง 3 คน ผู้มีผลการเรียนระดับปานกลาง 3 คน และผู้ที่มีผลการเรียนสูงกว่าระดับปานกลาง 3 คน ผลการเรียนดูจากระดับคะแนนของมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่นักเรียนทำได้ ทั้งนี้เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 9 คน เพื่อให้เป็นตัวแทนกลุ่มประชากรเป้าหมาย ที่จะหาให้มั่นใจได้ว่าบทเรียนบรรลุผลตามเป้าหมาย เพื่อรวบรวมข้อมูล แล้วแก้ไขข้อบกพร่องอีกครั้งหนึ่ง

2. การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนศึกษาให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 9 คน เรียนพร้อมกันเป็นกลุ่ม โดยผู้วิจัยจัดเครื่องคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ และสภาพแวดล้อมเหมือนกับการทดลองใช้ครั้งที่ 1 นักเรียนเข้าเรียนพร้อมกันเป็นกลุ่มทั้ง 9 คน หลังจากเรียนเสร็จในบทเรียนหนึ่งๆ ผู้วิจัยจะให้นักเรียนทั้งหมดช่วยกันอภิปรายหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไขโดยผู้วิจัยหาหน้าที่บันทึกข้อบกพร่องที่ได้จากการอภิปรายนั้น กรอความคิดในการทดลองใช้บทเรียนครั้งที่ 2 แสดงภาพประกอบได้ดังนี้



ภาพประกอบ 9 แผนภูมิแสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมีลักษณะ เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพจึงใช้วิธีวิเคราะห์เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูล จากการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำข้อบกพร่องที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยใช่วิธีการ เช่น เกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนครั้งที่ 1

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

การทดลองใช้บทเรียนครั้งที่ 3 มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องเพื่อการปรับปรุงแก้ไข โดยมีการดำเนินงาน ดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ที่จะใช้ในการทดลองครั้งที่ 3 นี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) แล้วสุ่มแยกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีผลการเรียนต่ำกว่าระดับปานกลาง 10 คน กลุ่มที่มีผลการเรียนระดับปานกลาง 10 คน และกลุ่มที่มีผลการเรียนสูงกว่าระดับปานกลาง 10 คน นักเรียนทั้งหมดจะเป็นผู้ไม่เคยเรียนเนื้อหาชีววิทยา ในบทที่ผู้วิจัยผลิตขึ้นมาก่อน

2. การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และ เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดสมมุติฐานการวิจัยดังนี้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ซึ่ง 90 ตัวแรก หมายถึงคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า 90 ตัวหลัง หมายถึง ข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ มีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 90 หรือสูงกว่าทำถูกต้อง

ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดหลังการ เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอน ทุกบทเรียนสูงกว่าก่อนการ เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เพื่อทดสอบสมมุติฐานการวิจัยดังกล่าว และเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ เป็นขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ติดต่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัยขอความอนุเคราะห์ในด้าน
การทดลอง กลุ่มตัวอย่าง ครู และติดต่อขอใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี

(2) ส่งคำชี้แจงวิธีดำเนินการทดลองเข้าบทเรียนมาให้ผู้บริหารโรงเรียนและครูที่
ตอบรับให้ความร่วมมือ พร้อมทั้งบทเรียนในรูปแบบซอฟต์แวร์ เท่ากับจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับ
การทดลอง

(3) เก็บคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลัง เรียน จากแผ่นดิสก์ของนักเรียนแต่ละคน
จด्यानแผ่นดิสก์จะมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์บันทึก และสรุปผลคะแนนที่นักเรียนแต่ละ
คนทำได้มาทำการพิมพ์ข้อมูลคะแนนก่อนเรียน และหลัง เรียน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทดสอบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคะแนน
เฉลี่ยก่อนและหลัง เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละบทเรียน จดใช้สูตร ดังนี้

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

$\sum D$ หมายถึง ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ หมายถึง ผลรวมความแตกต่างของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ยกกำลังสอง

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียน (Post-test) กับคะแนนมาตรฐาน 90/90

90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า คำนวณได้โดยใช้สูตร

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

เมื่อ E หมายถึง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

$\sum X$ หมายถึง คะแนนรวมของกลุ่มตัวอย่างทุกคน

N หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

A หมายถึง คะแนนเต็มของกลุ่มตัวอย่าง

90 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างทำข้อสอบข้อหนึ่ง ๖ (คิดเป็นรายชื่อ) ได้ถูกต้อง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ข้อสอบข้อหนึ่ง ๖ มีผู้ทำถูกร้อยละ 90 หรือสูงกว่าขึ้นไป การคำนวณใช้สูตรหาค่าร้อยละ คือ

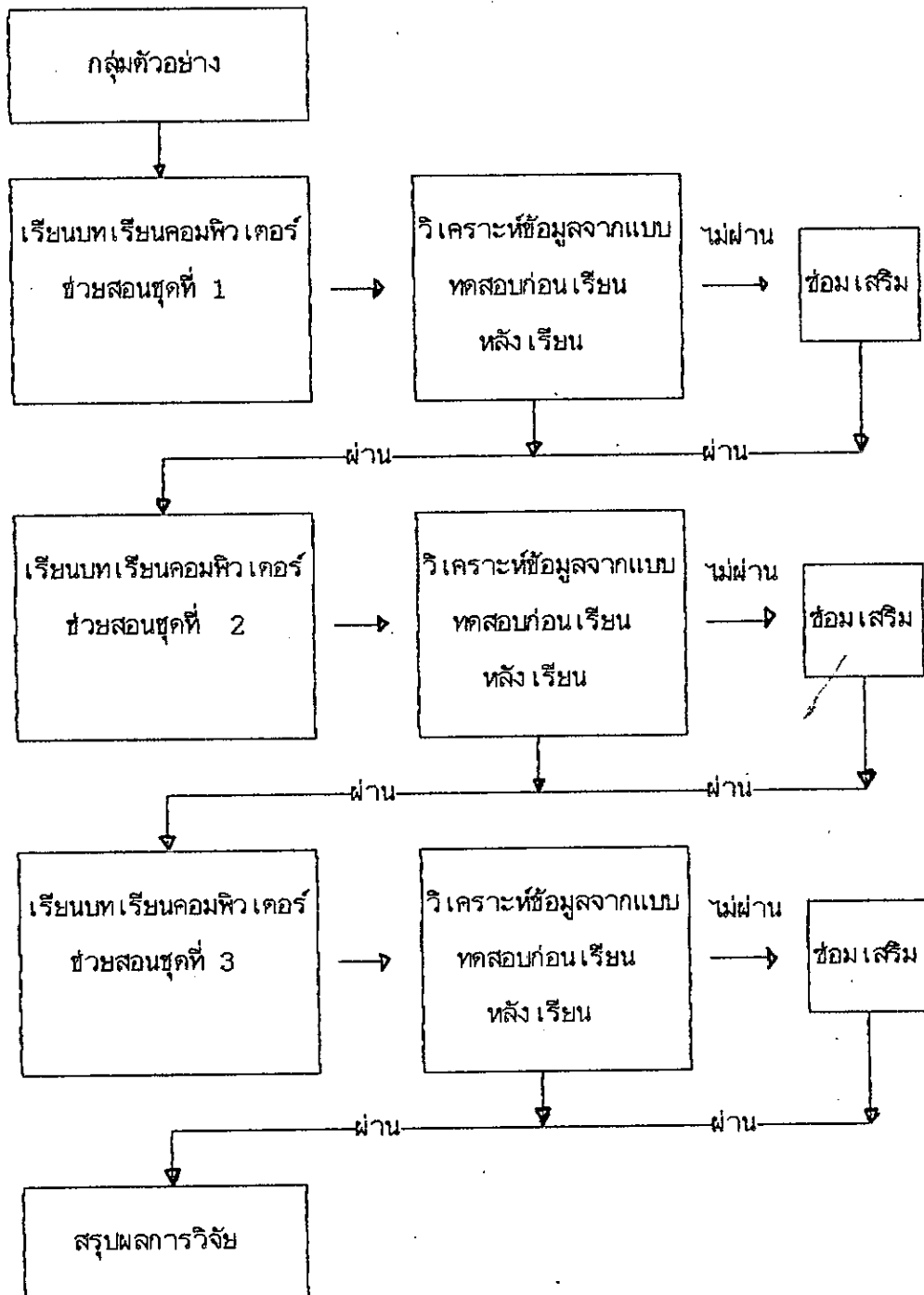
$$E = \frac{n \times 100}{N}$$

เมื่อ E หมายถึง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

n หมายถึง จำนวนผู้เรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้น ๖ ได้ถูก

N หมายถึง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

กรอบความคิดในการทดลองใช้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแสดงภาพประกอบได้ดังนี้



ภาพประกอบ 10 แผนภูมิแสดงกระบวนการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ซึ่งได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ในแต่ละตอนได้แบ่งเนื้อหาเป็นหน่วยย่อยทั้งหมด 26 หน่วยย่อย และแต่ละหน่วยย่อยแบ่งเป็นกรอบเนื้อหาที่มีมโนคติเกี่ยวข้องเนื่องกันไปทั้งหมด 82 กรอบ แล้วนำกรอบเนื้อหาทั้งหมดไปสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนโดยแยกทีละตอน รวมทั้งหมด 3 ตอนเสร็จแล้วได้นำไปทดลองวิจัยและพัฒนาบทเรียนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัยจังหวัดนครราชสีมา สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 สำหรับบทเรียนแต่ละตอนแล้ว ทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแต่ละตอน ทั้ง 3 ตอน เพื่อให้บรรลุผลดังกล่าวผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งหมด 11 ขั้นตอน ดังรายละเอียดได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอเฉพาะผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดได้จากการทดลองตามขั้นตอนที่ 6-11 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อปรับปรุงแก้ไขบทเรียน และตรวจสอบสมมุติฐาน 2 ข้อ คือ

สมมุติฐานที่ 1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

สมมุติฐานที่ 2 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นแต่ละตอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามลำดับ ดังนี้

ผลการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 ซึ่งมีจุดมุ่งหมาย เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากกลุ่มตัวอย่าง 3 คน โดยมีการดำเนินการดังกล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ปรากฏผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 แสดงข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1

ตอนที่	หน่วยย่อยที่	กรอบที่	ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่อง
1 ความรู้เกี่ยวกับ พันธุศาสตร์	1 การศึกษาของเมนเดล	1	
	2 ยีนและโครโมโซมคืออะไร	2-5	
	3 การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งของยีน	6-19	
	4 ครอสซิงโอเวอร์	20-26	
	5 การถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวกับเพศ	27-34	
2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	6 ยีนคืออะไรอยู่ที่ไหน	35-40	
	7 นิวเคลียสหรือไซโทพลาสซึมที่มีส่วน ในการถ่ายทอดกรรมพันธุ์	41-42	
	8 โครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอ DNA	43-45	1 เนื้อหายาก เข้าใจยาก
	9 กรดนิวคลีอิกเอซิก	46-49	2 ตัวอักษรยากต่อการอ่าน

ตาราง 6 (ต่อ)

ตอนที่	หน่วยย่อยที่	กรอบที่	ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่อง
3 การแสดง ลักษณะของ สิ่งมีชีวิต	10 โครงสร้างของดีเอ็นเอ DNA	50-52	3 เนื้อหาไม่เหมาะสมกับเวลา
	11 ขบวนการสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอ	53-54	
	12 ขบวนการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ	55	4 การเว้นวรรค ตอน
	13 อาร์เอ็นเอ RNA คืออะไร	56-59	ไม่เหมาะสม
	14 คุณสมบัติและการทำงานของยีน	60	5 เนื้อหาบางตอนสั้น
	15 ขบวนการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ	61-63	บางตอนยาวเกินไป
	16 ขบวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ RNA	64	ใช้ถึง 2-3 หน้าจอภาพ
	17 ลักษณะของ RNA	65-68	6 ข้อสอบมากเกินไป
	18 DNA กับขบวนการสังเคราะห์โปรตีน	69-70	7 ควรเพิ่มคำอธิบาย ถ้าตอนผิด
	19 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	71-72	
	20 ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น	73-74	
	21 โปรตีนเกี่ยวกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร	75-77	
	22 มิวเตชันคืออะไร	78	
	23 ชนิดของมิวเตชัน	79	
	24 รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) มีผลต่อการเกิดมิวเตชัน	80	
	25 อะไรทำให้ยีนเกิดมิวเตชัน	81	
	26 มิวเตชันในรุ่นต่อๆไปปรากฏขึ้นได้อย่างไร	82	
รวม 3	26	82	

จากตาราง 6 จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่างให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่อง 7 ประการ คือ เนื้อหายาก เข้าใจยาก ตัวอักษรยากต่อการอ่าน เนื้อหาไม่เหมาะสมกับเวลา การเว้นวรรคตอนไม่เหมาะสม เนื้อหาบางตอนสั้น ยาวเกินไปไม่เหมาะสม ข้อสอบมากเกินไป ควรเพิ่มคำอธิบายคำทวนผิด ซึ่งผู้วิจัยจะนำข้อบกพร่องระหว่างนี้ไปปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 1

ผลการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1

การปรับปรุงแก้ไขบทเรียนครั้งที่ 1 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำข้อคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องที่พบจากขั้นตอนที่ 6 มาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องมากขึ้น มีคุณภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบข้อบกพร่องด้วยตนเอง ตามข้อคิดเห็นที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างทุกประการ

ข้อบกพร่อง เช่น

ตัวอักษรยากต่อการอ่าน ปรับปรุงแก้ไข เป็น	ขยายตัวอักษรให้ชัดเจนในหัวข้อ
	สำคัญติดข้อความให้สั้นและกะทัดรัดขึ้น
แบบฝึกหัดมากเกินไป ปรับปรุงแก้ไข เป็น	ตัดบางข้อความที่ไม่จำเป็นทิ้งไปเช่น
	ในตอนต้นที่ 1 ตัดคำถามข้อ 36 และ
	ข้อ 37 ทิ้ง เป็นต้น

โดยการปรับปรุงแก้ไขจะอยู่ในสคริปต์ภาคผนวก

ผลการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในคำถามต่าง ๆ เช่นเดียวกับครั้งที่ 1 โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่าง 9 คน วิธีทดลองใช้บทเรียนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ผลปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่างได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมจากการทดลองปรับปรุงครั้งที่ 1 เพียงประการเดียว คือ "ควรหาภาพประกอบให้มากขึ้น" เท่านั้น

ผลการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2

มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้จากการทดลองใช้มาเป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้มีความสมบูรณ์ถูกต้อง และมีความเหมาะสมยิ่งขึ้นอีก โดยผู้วิจัยได้ตรวจสอบเท่าที่เครื่องมือ และอุปกรณ์จะอำนวยความสะดวก แต่คุณภาพของ เครื่องมือ อุปกรณ์ ยังคงค่อนข้างจำกัด ผลการปรับปรุงแก้ไข ผู้วิจัยได้เพิ่มภาพเข้าไปถึงนี้

ตอนที่ 1 กรอบเนื้อหาที่ 23,28

ตอนที่ 2 กรอบเนื้อหาที่ 41,42,44,53,56,58,59,61,69,72

ตอนที่ 3 กรอบเนื้อหาที่ 77,80

ปรากฏานสคริปต์บทเรียนในภาคผนวก

ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3

การทดลองใช้บทเรียนครั้งที่ 3 นี้ มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการ คือ

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียน
2. เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียน

วิธีดำเนินการทดลองใช้กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 30 คน ได้จากวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) แบ่งเป็นนักเรียนเก่ง 10 คน ปานกลาง 10 คน และต่ำกว่าปานกลาง 10 คน ใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เป็นสถานที่ทดลอง ปรากฏผลในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียน โดยวิธีการให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบ หลังการเรียนรู้บทเรียน แต่ละตอนแล้วนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 90/90(Williams and Espich, 1967 : 75-78)

90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด เมื่อคิด ร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า

90 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างทำข้อสอบข้อหนึ่งๆ เป็นรายชื่อ ได้ถูกต้อง

วิธีวิเคราะห์โดยละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวแรก

ปรากฏว่าแต่ละตอนมีค่าคะแนนจากแบบทดสอบหลัง เรียนประจำแต่ละตอน คิดเป็น ร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่าดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 7 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบหลัง เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน ทั้ง 3 ตอน"

ตอนที่	ชื่อตอน	ร้อยละ
1	ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์	91.30
2	ยีนคืออะไรอยู่ที่ไหน	90.47
3	การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	90.00

จากตาราง 7 จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้ง 3 ตอน มีค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากคะแนนทดสอบหลังเรียนมีค่าร้อยละ 90 หรือ มากกว่าทุกตอน ซึ่งแสดงว่ามีประสิทธิภาพสูง ผลนี้เกิดจากการปรับปรุงแก้ไข เนื้อหา ตัวอักษร ภาพประกอบ และสารสำคัญอื่น ๆ ในขั้นการทดลองและปรับปรุงทั้งครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยลำดับ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง

เนื่องจาก เนื้อหาของบทเรียนแบ่งเป็น 3 ตอน ผู้วิจัยแยกวิเคราะห์ทีละตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ พบว่าบางหน่วยย่อยมีประสิทธิภาพร้อยละ 90 หรือสูงกว่า แต่บางหน่วยมีประสิทธิภาพไม่ถึงร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำข้อสอบได้
ทั้งตารางต่อไปนี้

ตาราง 8 ร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่หาข้อสอบข้อหนึ่งๆ ได้ถูกต้อง ของเนื้อหาในหน่วยย่อยตอนที่ 1

ตอนที่/ข้อตอน	หน่วยย่อยที่	ข้อสอบที่	ร้อยละ
1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์	1 การศึกษาของเมนเดล	1	90.00
		2	93.33
		3	93.33
		4	93.33
	2 ยีนและโครโมโซมคืออะไร	5	90.00
		6	90.00
		7	100.00
		8	90.00
		9	86.66
	3 การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของยีน	10	100.00
		11	86.66
		12	83.33
		13	93.33
		14	93.33
		15	83.33
	4 คrossover	16	100.00
		17	86.66
		18	86.66
		19	96.66
		20	90.00
	5 การถ่ายทอดลักษณะที่เกี่ยวกับเพศ	21	83.33
		22	90.00
		23	96.66

จากตาราง 8 จะเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยส่วนรวม(90 ตัวแรก)ได้ร้อยละ 91.30 ซึ่งถึงเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในบางหน่วยย่อยเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ 90 ตัวหลังแล้ว ยังมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐานได้แก่ หน่วยย่อยประจำข้อสอบที่ 8, 10, 11, 15, 17, 18 และ 21 ซึ่งเนื้อหาหน่วยย่อยที่ตรงกับข้อสอบดังกล่าวได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ทั้งด้านการนำเสนอเนื้อหาสาระสำคัญ ภาพประกอบ ลักษณะตัวอักษร สีและแสง เข้าช่วยอย่างเต็มสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ประสิทธิภาพเข้าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง ตัวอย่างเช่น ใช้ตัวขยาย และเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเข้ม เน้นตรงหัวข้อและสาระสำคัญทุกกรอบมโนคติ และใช้ตัวอักษรสีฟ้าเข้มอธิบายภาพทุกภาพ

ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน การวิเคราะห์พบว่า บางหน่วยย่อยมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 90 หรือสูงกว่า แต่บางหน่วยย่อยมีประสิทธิภาพไม่ถึงร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างที่หาข้อสอบได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 9 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อหนึ่งๆ ได้ถูกต้อง ของเนื้อหา

ในหน่วยย่อยตอนที่ 2

ตอนที่/ข้อตอน	หน่วยย่อยที่	ข้อสอบที่	ร้อยละ
2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	6 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	1	89.99
		2	89.99
	7 นิวเคลียสหรือไซโทพลาสซึมที่มีส่วนในการถ่ายทอดกรรมพันธุ์	3	93.33
		4	93.33
	8 โครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอ DNA	5	83.33
		6	89.99
	9 กรดนิวคลีอิกแอซิด	7	93.33
	10 โครงสร้างของดีเอ็นเอ (โดยรวม)	8	89.99
		9	89.99
	11 ขบวนการสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอ	10	93.33
	12 ขบวนการสังเคราะห์อาร์เอ็นเอ RNA	11	86.66
	13 อาร์เอ็นเอ คืออะไร	12	93.33
		13	83.33
	14 คุณภาพและการทำงานของยีน	14	89.99
		15	93.33

ตาราง 9 (ต่อ)

ตอนที่/ชื่อตอน	หน่วยย่อยที่	ข้อสอบที่	ร้อยละ
15 ขบวนการจำลองตัวเองของดีเอ็นเอ		16	86.66
		17	89.99
16 ขบวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ RNA		18	93.33
		19	93.33
17 ลักษณะของ RNA		20	89.99
18 DNA กับขบวนการสังเคราะห์โปรตีน		21	93.33

จากตาราง 9 จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยส่วนรวม (90 ตัวแรก) ได้ร้อยละ 90.47 ซึ่งเข้าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในบางหน่วยย่อยเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ 90 ตัวหลังแล้ว ยังมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน ได้แก่ หน่วยย่อยประจำข้อสอบที่ 1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17 และ 20 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไข การนำเสนอเนื้อหา สารสำคัญ ภาพประกอบ ลักษณะตัวอักษร สีแสง เพื่อให้ประสิทธิภาพเข้าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลังแล้ว ตัวอย่างเช่น เพิ่มสีเหลืองเขียว แดง แยกให้เห็นความแตกต่างในรายละเอียดของภาพชัดเจนขึ้น ในกรอบที่ 40, 41, 44

ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต การวิเคราะห์พบว่า บางหน่วยย่อยมีประสิทธิภาพถึงร้อยละ 90 หรือสูงกว่า แต่บางหน่วยย่อย มีประสิทธิภาพไม่ถึงร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างที่หาข้อสอบได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 10 แสดงร้อยละของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่หาข้อสอบข้อหนึ่งๆ ได้ถูกต้อง ของเนื้อหา

ในหน่วยย่อยตอนที่ 3

ตอนที่/ชื่อตอน	หน่วยย่อยที่	ข้อสอบที่	ร้อยละ
3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	19 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต	1	90.00
	20 ลักษณะที่แสดงออกมาให้เห็น	2	90.00
	21 เปรียบเทียบเกี่ยวกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร	3	88.88
	22 มีวเตชัน คืออะไร	4	88.88
	23 ชนิดของมีวเตชัน	5	93.33
	24 รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) มีผลต่อการเกิดมีวเตชันอย่างไร	6	93.33
	25 อะไรทำให้ยีนเกิดมีวเตชัน	7	90.00
	26 มีวเตชันในรุ่นต่อมาปรากฏขึ้นได้อย่างไร	8	88.88
		9	93.33

จากตาราง 10 จะเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "โครงสร้าง และการทำงานของยีน" ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพเฉลี่ยส่วนรวม(90 ตัวแรก) ได้ร้อยละ 90.00 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในบางหน่วยย่อย เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพ 90 ตัวหลังแล้ว ยังมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน คือ หน่วยย่อยประจำข้อสอบที่ 3, 4 และ 8 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไข การนำเสนอเนื้อหา สำคัญ ภาพประกอบ ลักษณะตัวอักษร สีและแสง ในหน่วยย่อยนั้น อีกเพียงเล็กน้อย เพื่อให้ประสิทธิภาพเข้าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลังแล้ว

เมื่อแยกวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลัง เรียนของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเรียน จากบทเรียนแต่ละตอนทั้ง 3 ตอน จะได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 11 แสดงการ เปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลัง เรียนบทเรียนทั้ง 3 ตอน คิดเป็น ร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	รวม	ค่าเฉลี่ย
	คะแนน	คะแนน	คะแนน		ร้อยละ
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ		
1	91.30	90.47	88.88	270.65	90.22
2	95.65	95.23	88.88	279.76	93.25
3	95.65	95.23	100.00	290.88	96.96
4	95.65	85.71	100.00	281.36	93.78
5	95.65	90.47	88.88	275.00	91.66

ตาราง 11 (ต่อ)

คนที่	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	รวม	ค่าเฉลี่ย
	คะแนน	คะแนน	คะแนน		ร้อยละ
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ		
6	91.30	85.71	100.00	277.01	92.34
7	95.65	90.47	77.77	263.89	87.96
8	95.65	95.23	100.00	290.88	96.96
9	95.65	95.23	88.88	279.76	93.25
10	91.30	85.76	88.88	265.94	88.64
11	95.65	90.47	88.88	275.00	91.67
12	91.30	95.23	100.00	286.53	95.50
13	78.26	95.23	100.00	273.49	91.16
14	91.30	95.23	77.77	264.30	88.10
15	82.60	85.71	88.88	257.19	85.73
16	91.30	80.95	88.88	261.13	87.04
17	91.30	85.71	77.77	254.78	84.92
18	90.30	90.47	100.00	281.77	93.92
19	86.95	95.23	88.88	271.06	90.35
20	91.30	80.95	100.00	272.25	90.75
21	91.30	95.23	88.88	255.60	85.20
22	82.60	95.23	77.77	255.60	85.20

ตาราง 11 (ต่อ)

คนที่	ตอนที่ 1	ตอนที่ 2	ตอนที่ 3	รวม	ค่าเฉลี่ย
	คะแนน	คะแนน	คะแนน		ร้อยละ
	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ		
23	91.30	90.47	77.77	259.54	86.51
24	95.65	90.47	88.88	275.00	91.66
25	86.95	85.71	100.00	272.66	90.88
26	91.30	95.23	88.88	275.41	91.80
27	91.30	80.95	88.88	261.13	87.04
28	95.65	95.23	77.77	268.65	89.55
29	86.95	90.47	88.88	266.30	88.76
30	(91) 91.30	90.47	88.88	270.65	90.21
รวม	2739.01	2714.15	2699.82	8152.98	2710/30
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	91.30	90.47	90.00		90.36

จากตาราง 11 เมื่อวิเคราะห์โดยรวม จะเห็นว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทั้ง 3 ตอน เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90

90 ตัวแรก จะเห็นว่าได้เกณฑ์มาตรฐานทุกตอน คือ ตอนที่ 1 ได้ 91.30

ตอนที่ 2 ได้ 90.47 ตอนที่ 3 ได้ 90.00

90 ตัวหลัง พิจารณาค่าเฉลี่ยโดยรวมจะเห็นว่าเข้าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 90.36 แต่ถ้าพิจารณาเป็นรายคนของกลุ่มตัวอย่าง จะเห็นว่ามีคนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ คนที่ 7, 10, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 27, 28, 29 รวม 12 คน แสดงว่าเกิดจากความ สามารถที่แตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง

2. ผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เมื่อนำผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ประจําบทเรียนคอมพิวเตอร์แต่ละตอน ทั้ง 3 ตอน มาเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อเรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น ปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ ระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่	ชื่อตอน	ผลการทดสอบก่อนเรียน		ผลการทดสอบหลังเรียน		t.
		X	SD	X	SD	
1.	ความรู้เกี่ยวกับ พันธุศาสตร์	7.8	1.9190	21	1.0170	33.28
2.	ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน	5.13	2.5545	19	1.0170	28.18
3.	การแสดงลักษณะ ของสิ่งมีชีวิต	2.47	1.1698	8.1	0.7234	21.48

จากตาราง 12 จะเห็นว่า ผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแต่ละตอน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และผลการทดสอบหลังเรียนมีค่าสูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้สูง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์การดำเนินงานดังนี้

1. เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในรูปแบบของซอฟต์แวร์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดย
 - 2.1 เปรียบเทียบผลการทำแบบทดสอบประจำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับเกณฑ์มาตรฐาน 80/90
 - 2.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 11 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและเลือก เนื้อหาที่จะสร้างและพัฒนา
- ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์เนื้อหาและแยก เป็นหน่วยย่อย
- ขั้นตอนที่ 3 หาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบบทเรียนและหน่วยย่อย
- ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียน และหน่วยย่อยตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญ
- ขั้นตอนที่ 5 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ

คือ

5.1 ออกแบบบทเรียน

5.2 เขียนสคริปต์บทเรียนตามที่ออกแบบ

5.3 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามสคริปต์

ขั้นตอนที่ 6 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 5 ที่มีผลการเรียน ต่ำกว่าระดับปานกลาง จำนวน 3 คน โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้ช่วยตรวจสอบหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 7 ปรับปรุงแก้ไข บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 1 ตามข้อเสนอแนะ ที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างในขั้นที่ 6

ขั้นตอนที่ 8 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2 กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 5 จำนวน 9 คน โดยใช้นักเรียนที่มีผลการเรียนสูงกว่าปานกลาง 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และต่ำกว่าระดับปานกลาง 3 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้ช่วยตรวจสอบหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 9 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2 ตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนที่ 8

ขั้นตอนที่ 10 ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 3 กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา สังกัดกรมสามัญศึกษา จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่มีผลการเรียนสูงกว่าปานกลาง 10 คน ระดับปานกลาง 10 คน และระดับต่ำกว่าปานกลาง 10 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) การทดลองใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ของศูนย์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ใช้เวลาทดลอง 3 ครั้ง ละ 1 ชั่วโมง นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองทุกคนได้ปฏิบัติงานจริงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ 1 เครื่อง

ขั้นตอนที่ 11 ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 3 ตามข้อมูลที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนที่ 10

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัย ตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ได้วิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" ตามขั้นตอนการวิจัยทั้ง 11 ขั้น

2. ในการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้เกณฑ์ 90/90 ตามแนวความคิดของ เอสบิชและวิลเลียมพบว่า คะแนนเฉลี่ยจากผลการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 คนได้ 90 หรือสูงกว่า ส่วนคะแนนเฉลี่ยของข้อทดสอบแต่ละข้อมีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 90 หรือสูงกว่าทำถูก และมีเพียงบางข้อที่ไม่ถึงร้อยละ 90

และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนพบว่า คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. จากการสังเกตระหว่างการทดลอง พบว่านักเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความพอใจ ตั้งใจเรียน สนุกสนานและแสดงออกถึงความตื่นตัวที่ได้สัมผัสกับเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้จากการพูดคุยซักถามนักเรียนส่วนใหญ่ ชอบเรียนด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพราะ เข้าใจง่าย สนุกกว่าเรียนกับครู

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยที่สรุปข้างต้น สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ในขณะดำเนินการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน" นั้นในตอนแรก ๖ เมื่อนำบทเรียนไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 พบข้อ

บทประพันธ์ของบทเรียนเป็นส่วนใหญ่ คือคำานเนื้อหาหายาก และมากเกินไป ตัวอักษรยากต่อการอ่าน รูปภาพน้อยไป และโจทย์แบบฝึกหัดมากเกินไป ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแก้ไขโดยพยายามใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ให้เต็มประสิทธิภาพ โดยการเสนอเนื้อหาให้สั้น กระชับที่สุด ใช้สีและแสง เน้นความแตกต่างของตัวอักษร เสนอภาพประกอบทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ได้ผลขึ้น เมื่อนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 พบว่าผู้เรียนต้องการให้เสนอภาพประกอบเนื้อหาให้มากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพ การสร้างบทเรียนนี้ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เสียงบรรยายเพิ่มเข้าไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากได้คำนึงถึงความเหมาะสมกับภาวะเศรษฐกิจของโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่ว ๆ ไป ซึ่งตามปกติเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตามโรงเรียนต่าง ๆ ยังขาดเครื่องฟัง อันเป็นส่วนประกอบในตัวเครื่อง และนอกจากนี้การนำภาพประกอบเนื้อหา ยังนำบรรจุเข้าไปในบทเรียนได้ไม่มาก เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการ และหน่วยความจำไมโครคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ ต้องลงทุนสูง และใช้เวลามาก โอกาสต่อไปอุปกรณ์และเครื่องราคาถูกลง หากนำเสียงบรรยายประกอบจะทำให้นักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนวิชาใช้เกิดที่ 90/90 ตามแนวความคิดของ เอสบีและ วิลเลียมสัน 90 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วได้ 90 หรือสูงกว่า และ 90 ตัวหลัง หมายถึง ข้อสอบข้อหนึ่ง ๆ มีกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 90 หรือสูงกว่าทำถูก ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานนี้เป็นเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปที่มีลักษณะ เป็นภาพนิ่ง และตัวอักษรบรรยายภาพในลักษณะมโนคติเกี่ยวข้องเนื่องกันไป เมื่อจบเนื้อหาแต่ละมโนคติจะมีการถาม และการตอบพร้อมคำเฉลยให้ทราบ การสร้างบทเรียนทำได้ง่าย ฉะนั้นการปรับปรุงเนื้อหา การถาม การตอบ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 จึงทำได้สะดวก และเป็นเกณฑ์ที่น่าจะเหมาะกับบทเรียนสำเร็จรูป หรือชุดฝึก ซึ่งมีลักษณะ เป็นสิ่งพิมพ์มากกว่า

เมื่อผู้วิจัยได้รับใบชี้แจง 90/90 นี้กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีลักษณะ เป็นภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวประกอบคำบรรยาย ต่อเนื่องกันไป มีการถาม-การตอบเมื่อจบมโนคติ หนึ่ง ๆ ถ้าตอบผิดคอมพิวเตอร์จะไม่ยอมให้เรียนเนื้อหาใหม่ แต่จะย้อนกลับไปยัง เนื้อหาเดิม เพื่อเรียนซ้ำจนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก ซึ่งการสร้างบทเรียนค่อนข้างยุ่งยาก การนำคำตอบ หลังเรียน เนื้อหา มาหาคำร้อยละแบบบทเรียนสำเร็จรูปไม่สามารถทำได้ เพราะนัก เรียนทุกคน ต้องตอบถูกทุกข้อ จึง เรียน เนื้อหาใหม่ต่อไปได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้คะแนนจากการทดสอบหลัง เรียนที่สร้างขึ้นใหม่มาหาประสิทธิภาพ ทำให้ร้อยละของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อบางข้อไม่ถึง เกณฑ์ 90 ตัวอย่างเช่น ในตาราง 8 ข้อสอบที่ 9, 11, 12, 15, 17, 18 และ 21 ตาราง 9 ข้อสอบที่ 5, 11, 12 และ 16 และตาราง 10 ข้อสอบที่ 3, 4 และ 8 ซึ่งข้อสอบดังกล่าว ทุกข้อ คำว่าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การหา ประสิทธิภาพ 2 เกณฑ์ ประกอบกันคือ เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ดังกล่าว และเกณฑ์ การเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ตามแนวความคิดของบอร์ก

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทั้ง 3 ตอน ทุกตอนมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม แสดงว่าบทเรียนทุกตอนมี ประสิทธิภาพที่สามารถจะพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้ แต่เมื่อ พิจารณาข้อทดสอบหลังเรียน ประจักษ์ณคดี้อยเป็นรายข้อ พบว่าบางกรอบเนื้อหา ยังไม่มี ประสิทธิภาพที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ ดังกล่าวแล้ว

จากผลการวิจัยที่พบแสดงว่าการหาประสิทธิภาพโดยใช้เกณฑ์มาตรฐาน 90/90 สูงเกินไป อาจใช้เพียง 80/80 ก็น่าจะใช้ได้ เพราะเกณฑ์การวัดและประเมินผล การทดสอบทั่วไป สอบได้เพียง 50% ก็ถือว่าสอบได้

อีกประการหนึ่งข้อสอบที่สร้างเองยากเกินไป หากกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการเรียนต่ำกว่า ปานกลาง ทำแบบทดสอบไม่ได้

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์การเปรียบเทียบความแตกต่างผลการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนบทเรียน พบว่าผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่า ผลการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการทดสอบบทเรียน และปรับปรุงแก้ไขจนมีคุณภาพดีเพียงพอให้ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองได้ นอกจากนี้ การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้อาจารย์หลักจิตวิทยาการเรียนรู้อย่างหลากหลายประการ ตามหลักการสอนแบบโปรแกรม ซึ่งมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีพฤติกรรมการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดจากการสอนซ่อมเสริม โดยวิธีอธิบายเพิ่มเติมในคอมพิวเตอร์ ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมด มีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้

4. จากข้อสังเกตในการทดลองพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย มีความพอใจ สนุกสนาน กับการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และมีความกระตือรือร้นในการเรียน และสามารถเรียนรู้ในระยะเวลาอันสั้น ผลการวิจัยครั้งนี้ยังเป็นการสนับสนุนว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถที่จะเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ด้วยตนเองเป็นอย่างดี และยังช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีต่อการเรียนคอมพิวเตอร์ด้วย อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานในการเรียนคอมพิวเตอร์ในระดับที่สูงขึ้น ผลการวิจัยครั้งนี้เป็นการสนับสนุน หลักสูตรที่ปรับปรุงใหม่ของกรมวิชาการปีการศึกษา 2533 ที่กำลังทดลองใช้อยู่ในโรงเรียนต่าง ๆ ที่กำหนดรายวิชาคอมพิวเตอร์เป็นวิชาเลือกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่เสนอมาแล้วนั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ด้านเทคนิคการเขียนโปรแกรม ควรจะได้รับการพัฒนา เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเขียนด้วยภาษาไทย และภาษาอังกฤษ ตัวอักษรอ่านยาก และมีภาพกราฟิกด้วย เนื้อหามาก ทำให้มีหน่วยความจำไม่พอ ควรจะกระจาย แยกเป็นตอนย่อย ๆ ลงไปตามความเหมาะสมและควรจะมีการศึกษาขนาด และลักษณะของตัวอักษรที่แสดงบนจอภาพ ที่ทำให้รับรู้ได้ดี

ด้านอุปกรณ์การผลิต ภาพกราฟิก และเสียงลงในบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามหน่วยงานของรัฐ ยังมีจำกัดอยู่ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการสร้างบทเรียน ทั้งนี้เพราะภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมไม่เอื้ออำนวย ในการวิจัยครั้งนี้ ในอนาคตอุปกรณ์เหล่านี้ มีแนวโน้มราคาจะถูกลงควรจัดหาอย่างพร้อมมูลจะทำให้การสร้างบทเรียนมีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

นักพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ควรจะมีคุณสมบัติของนักประสานงานที่ดี กับบุคคลหลายฝ่ายอาทิเช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา นักเขียนชุดคำสั่ง (Programmer) นักเทคโนโลยีการศึกษา และนักศิลปะ เพื่อร่วมกันสร้างงานในแต่ละหน้าที่ให้บรรลุวัตถุประสงค์ และมีคุณภาพสูง อนึ่งถ้าผู้ออกแบบบทเรียนสามารถเขียนชุดคำสั่งได้ด้วยตนเอง ก็จะทำให้งานสะดวกขึ้น หุ่นคำใช้ง่ายและบทเรียนตรงวัตถุประสงค์อย่างแท้จริง

ด้านเนื้อหาของบทเรียนประกอบด้วยภาพ และตัวอักษรยังขาดการบรรยายคำเสียง และเสียงประกอบอื่น ๆ ในอนาคตอันใกล้ น่าจะนำเสียงพูดบรรยาย เสียงได้ตอบหรือเสียงประกอบอื่น ๆ จะทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ

2. การวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนข้างลงทุนสูงและใช้เวลา
มาก จำเป็นต้องมีทุนสนับสนุนอย่างพอเพียง เพื่อสร้างโปรแกรมทดลองจนทดลองโปรแกรม
และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จึงจะทำให้โปรแกรมมีคุณภาพและประสิทธิภาพสูง

3. ควรมีการศึกษาวิจัย ลักษณะบทเรียนที่เหมาะสมกับการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนในด้านเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ของผู้เรียนอย่างกว้างขวาง

4. การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีนักเรียนบางคนวิตกกังวลกับการทำข้อ
ทดสอบก่อนเรียน ในบทเรียนที่ยังไม่เคยเรียนมาก่อน เป็นเหตุผลให้เบื่อง่าย บางคนคุ้นเคย
กับการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ ฉะนั้นการออกแบบบทเรียนให้ง่ายต่อการเรียนที่สุด เท่าที่จะ
ทำได้ โดยคำนึงว่านักเรียนที่ไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์มาก่อนเลยก็สามารถใช้ได้ทันที

5. หน่วยงานต่างๆ ที่มีหน้าที่ในการจัดการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นรัฐหรือเอกชน ควรส่งเสริม
ให้มีการผลิตโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในเนื้อหาวิชาต่างๆ ตามหลักสูตรรวมทั้ง
วิชาความรู้ที่น่าสนใจทั่ว ไป จะทำให้มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1. ควรมีการวิจัยเชิงพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในวิชาที่มีลักษณะเนื้อหา
เป็นนามธรรม ในระดับอื่น ๆ ให้มากขึ้น เนื่องจากสภาพการมีการใช้คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน
ของประเทศไทยตามโรงเรียนต่างๆ ระดับต่างๆ มีอย่างทั่วถึง แต่ขาดซอฟต์แวร์บทเรียน
จึงควรส่งเสริมให้มีการวิจัยเชิงพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มากขึ้น

2. เทคนิคบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ควรจะวิจัย เช่น ขนาดตัวอักษร การใช้สีบนจอภาพ การเน้นสาระสำคัญด้วยแสงหรือขีดเส้นใต้ การใช้เสียงประกอบบรรยาย ขนาดความยาวของเนื้อหาแต่ละมโนทัศน์ การจัดจอภาพประกอบด้วยอักษรบนจอ เป็นต้น

3. ควรวิจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลรัตน์ ภาณุรัตน์. บทสัมภาษณ์ระหว่างประเภทของการกำหนดอัตราความก้าวหน้ากับระดับ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนเรื่อง สมการ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์

ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อัครสาเนา.

อาชีวศึกษา, กรม. แผนการสอนรายวิชาตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)

พุทธศักราช 2530 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์

เบื้องต้น ขอฟ 9048. กรุงเทพฯ : ฝ่ายผลิตสื่อการเรียนการสอนศูนย์ฝึก

อบรมการพัฒนา อาชีวศึกษา. 2530. ก.

————. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2527 ประเภทวิชาบริหารธุรกิจ

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจหมวดสาขา คอมพิวเตอร์ธุรกิจ ปรับปรุงใหม่ปีการศึกษา

2533. กรุงเทพฯ : อาชีวศึกษา, 2533. ข.

————. แผนพัฒนาการศึกษาระยะที่ 7 พ.ศ. (2535-2539) กรมอาชีวศึกษา.

กรุงเทพฯ : กองแผนงานกรมอาชีวศึกษา, 2534. ค.

วิชาการ, กรม. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.

2533). กรุงเทพฯ : ครุสภาลาดพร้าว, 2535.

การฝึกหัดครู, กรม. แผนพัฒนาการศึกษาระยะที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534). กรุงเทพฯ :

โรงพิมพ์การศาสนา, 2531.

สามัญศึกษา, กรม. รายงานผลการศึกษาสภาพการณ์และการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ใน

โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาประจำปีการศึกษา 2532. กรุงเทพฯ :

กองแผนงาน กรมสามัญ, 2533.

กอบกุล รัตนสุวรรณ. การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "การ

ขับถ่าย" ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520. อักสาเนา.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. "หน่วยที่ 4 จิตวิทยาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์," เอกสารการ

สอนชุดวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2525.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์และละออ แสนศักดิ์. หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์. ขอนแก่น :

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2524. อักสาเนา.

กัลยา แก้วสุคา. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการคิดกับตำแหน่งการเสนอภาพประกอบเนื้อหา

ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย

วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. อักสาเนา.

กาพล คำรงค์วงศ์. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยในวิชา

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จากการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน 2 วิธี.

ปริญญาโท ค.ศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

2528. อักสาเนา.

กฤษ บุญเพ็ง. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชา

ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่สอนโดยมีการใช้แบบฝึกการคิด

ทางวิทยาศาสตร์ กับที่สอนโดยไม่มีการใช้แบบฝึกการคิดทางวิทยาศาสตร์.

ปริญญาโท ค.ศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

2532. อักสาเนา

ชนก ลิ้มพิชัย และ สิริวัฒน์ วงศ์ศิริ. "มอร์ฟเมตริกของแมลงและคอมพิวเตอร์," ใน

การสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่ 5 เรื่องชีววิทยากับคอมพิวเตอร์. หน้า 59-70.

กรุงเทพฯ : สาขาชีววิทยา สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรม

ราชูปถัมภ์, 2530.

ชนิษฐา ชานนท์. "เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน," เทคโนโลยีทางการศึกษา.

หน้า 9-13. (ฉบับปฐมฤกษ์) 2532. ก.

_____. "เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน," วารสารเทคโนโลยีทางการศึกษา.

1(7) : 7-12; เมษายน-มิถุนายน 2532. ข.

ครรชิต มาลัยวงศ์. คอมพิวเตอร์. หน้า 10. โรงพิมพ์ภาพยนตร์และโทรทัศน์. 2512.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุการสอนวิทยาศาสตร์. การแก้ปัญหาดังวิธี

การทางวิทยาศาสตร์. ชุดการเรียนการสอนหน่วยที่ 5. กรุงเทพฯ : ทบวง
มหาวิทยาลัย, 2525.

จิราวรรณ ช้างสาส์. การใช้แหล่งวิทยากรในชุมชนประกอบการเรียนการสอนวิชา

ชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529. อัดสำเนา.

เฉลิม รอดทอง. การศึกษาสมรรถภาพปอดและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ระดับ

มัธยมศึกษาในระดับตำบล เขตการศึกษา 6. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529. อัดสำเนา.

ชวาล แพร่ดกุล. เทคนิคการเขียนข้อสอบ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, 2520.

ณรงค์ ราภิษฎกุล และวันชัย ศรีสุพรรณ. รายงานการวิจัยเรื่องประเมินสภาพการเรียน

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในโรงเรียนมัธยมศึกษาเขตการศึกษา 7.

พิมพ์จุล : สำนักศึกษาธิการเขต เขตการศึกษา 7, 2532.

ทวีศักดิ์ กอนันต์กุล. "ประกาศคณะกรรมการพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เทคโนโลยี

อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ CNO.โครงการพัฒนาระบบสร้างบทเรียน

ภาษาไทย " ใน การประชุมวางแผนโครงการพัฒนาระบบเรียนภาษาไทย วันที่ 25-

26 เมษายน 2534. กรุงเทพฯ : ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ;

2534.

- ทัศนีย์ สวนานนท์. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," คอมพิวเตอร์วิวิ 3; กันยายน 2529.
- _____. คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2530.
- ธงชัย สุวัฒน์เมสินทร์. หลักสูตรอาชีวศึกษา. กรุงเทพฯ : หน่วยงานพิเศษการอาชีวศึกษา, 2533.
- ธานี สมบูรณ์บุรณะและวิจารณ์ สารัตนะ. การสร้างผลงานทางวิชาการด้วยกระบวนการวิจัยเชิงพัฒนา(R&D). กรุงเทพฯ : อักษรทิพย์, 2532.
- ธีระชัย บุณยศิริ. "การสอนวิทยาศาสตร์แนวใหม่," ใน อนุสรณ์งานพระราชทานเพลิงศพศาสตราจารย์ ดร. จรูญทัศน์ พุทธะมาน. 2513. หน้า 27-83.
- นนุช วรธนาวะ. "สิ่งควรคำนึงในการออกแบบโปรแกรมเพื่อพัฒนาบทเรียน," ใน บทความประกอบการบรรยายในการสัมมนาโครงการพัฒนาระบบสร้างบทเรียนภาษาไทย วันที่ 25-26 เมษายน พ.ศ. 2534. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2534.
- นพคุณ รุ่งเรืองศิริพันธ์. "มุกดา CAI สำเร็จรูปของคนไทย," COMPUTER REVIEW 8(78) : 187-189 ; กุมภาพันธ์ 2534.
- นิพนธ์ สุขบริดี. นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์หิมนเศ, 2520. ก.
- _____. "นวัตกรรมการคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา," วารสารคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษา สหประชาชาติ. 15 : 40-47; กันยายน-ตุลาคม 2526. ข.
- _____. การวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบชุดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์ด้วยตนเองสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 2528. ค.
- _____. "บทบาทของคอมพิวเตอร์ต่อการศึกษานานาชาติ," ใน นวัตกรรมการคอมพิวเตอร์ 27 : 64; มกราคม-กุมภาพันธ์ 2530. ง.

นิตยา กาญจนวรรณ. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," ใน วารสารรวมคำแถลงบัณฑิตยศาสตร์
เล่ม 1. 9 (1) : 78-85; 2526.

บุญนาท ลายสินทเสรีกุล. "F.E.P. : CAI เพื่อประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน," ใน
การสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่ 5 เรื่องชีววิทยากับคอมพิวเตอร์. หน้า 79-90.
กรุงเทพฯ : สาขาชีววิทยา สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์,
2530.

บุรชัย สนธยานนท์. "การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการสอนและการวิจัยทางชีวเคมี," ใน
เอกสารประชุมสัมมนาเรื่องแนวทางการพัฒนาหลักสูตรและการสอนชีวเคมี.
หน้า 69-73. กรุงเทพฯ : สาขาชีวเคมี สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย,
2535.

ปัญญา อธิระวิทย์เลิศ. ผลของการเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาเบสิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และ
ทัศนคติในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาโท กศ.ด.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2534. อัดสำเนา.

ปรามathy พงษ์ทอง. "COMPUTER จะช่วยครูชีววิทยาได้อย่างไร," ใน การสัมมนา
ชีววิทยาครั้งที่ 5 เรื่องชีววิทยากับคอมพิวเตอร์. หน้า 99-102. กรุงเทพฯ :
สาขาชีววิทยา สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2530.

ปิยะรัตน์ จตุสุทวงศ์. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ชีวเคมี : บทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนทางชีวเคมี," ใน เอกสารประชุมสัมมนาเรื่องแนวทางการพัฒนา
หลักสูตรและการสอนชีวเคมี. หน้า 74-78. กรุงเทพฯ : สาขาชีวเคมี
สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2535.

เบรื่อง กุญฑ. การวิจัยสื่อและแนวกรรมการสอน. พระนคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2519. ก.

_____ เทคนิคการเขียนบทเรียนโปรแกรม. พระนคร : มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร , 2519. ข.

เนือง กุมท. สื่อสำเร็จรูปเพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยี
ทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

2527. ค. อัคสาเนา.

ผดุง อารยะวิญญู. ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : เอช-เอน การพิมพ์,
2527.

พาทย์ ศิริบรรณพิทักษ์. "การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา," ใน รวมบทความที่เกี่ยวข้องกับ
การวิจัยทางการศึกษา(เล่ม 2). 11(4) : 21-25; เมษายน-พฤษภาคม 2531.

พรรณี ช.เจนจิต. จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์
อมรินทร์ การพิมพ์. 2528. ก.

_____. จิตวิทยาการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์, 2528. ข.

พรทิพย์ ชัยมณี. "ไมโครคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอนทางชีวเคมี," ใน เอกสารประ
ชุมสัมมนาเรื่องแนวทางการพัฒนาหลักสูตรและการสอนชีวเคมี. หน้า 63-68.

กรุงเทพฯ : สาขาชีวเคมีสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2535.

ไพโรจน์ ศิริธนากุล. ไมโครคอมพิวเตอร์ประยุกต์ทางการศึกษา กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริม
2528, 131 หน้า

ภพ เลหาหลอญ. การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. เชียงใหม่ : เชียง
ใหม่คอมเมอร์เชียล 2534.

มธุรส สาขลวิจารณ์ จงชัยกิจ. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน : ปัญหาและแนวทางปัจจุบัน," ใน
การประชุมสัมมนาโครงการพัฒนาระบบสร้างบทเรียนภาษาไทย วันที่ 25-26
เมษายน พ.ศ. 2534. หน้า 1-19. กรุงเทพฯ : สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษา
ศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, 2534.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ :
ทบวง, 2525.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 2. กรุงเทพฯ :

ทบวง, 2525. ก.

_____ . ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 3. กรุงเทพฯ :

ทบวง, 2525. ข.

มานะ ออทานิชกิจ. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยในวิชา
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการเรียนรายบุคคลและการ
เรียนเป็นกลุ่มโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ปริณานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. อัคราเนนา.

ยีน ภาววรรณ. "การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน," ใน รายงานการ

สัมมนาบทบาทของเทคโนโลยีอันสูงต่อการพัฒนาการศึกษาไทยในอนาคต. นิสิตปริญา

โทรสกศึกษา 2528 ; กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2528 อัคราเนนา.

ยีน ภาววรรณ และคนอื่น. คอมพิวเตอร์สำหรับครู. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : มหา

วิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2529.

บุพดี งามศรีสิทธิศักดิ์. การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาชีววิทยา เรื่อง "ยีนทำงานได้

อย่างไร" สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523. อัคราเนนา.

รัชณี บุณย์. การศึกษากิจกรรมพันธะระหว่างการกำหนดอัตราความก้าวหน้ากับระดับผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ปริณานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. อัคราเนนา.

เลอสรธ ธนสุกาญจน์. "คอมพิวเตอร์จะช่วยนักชีววิทยาได้อย่างไร : การนำคอมพิวเตอร์มา

ประมวลสภาพทางชีววิทยา," ใน การสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่ 5 เรื่องชีววิทยา

กับคอมพิวเตอร์. หน้า 53-58. กรุงเทพฯ : สาขาชีววิทยาสมาคมวิทยา

ศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2530.

วชิราพร อัจฉริยภักศ. "เทคโนโลยีสารสนเทศ (บนจอมอนิเตอร์) กับมนุษย์," ใน

วารสารครุศาสตร์. 16(3) : 1-7; มกราคม-มีนาคม 2531.

วารินทร์ รัชมีพรหม. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," วารสารจันทร์เกษม (159) : 4-11;

มีนาคม-เมษายน 2524. ก.

_____. "คอมพิวเตอร์ช่วยการสอน," วิทยบริการ. 4(1) : 69-76;

กันยายน 2525. ข.

_____. สื่อการสอนเทคโนโลยีการศึกษาและการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ

: ชวนพิมพ์, 2531. ค.

_____. การออกแบบสารและสื่อการสอน. ม.ป.ป.

วิภาวรรณ มนูญิจ. "คอมพิวเตอร์จะช่วยครูได้อย่างไร," ใน การสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่

5 เรื่องชีววิทยากับคอมพิวเตอร์. หน้า 71-78. กรุงเทพฯ : สาขาชีววิทยา

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2530.

วิมล สารานวนิช. เอกสารการสอนวิชาชีววิทยาสำหรับครูระดับมัธยมศึกษา. ขอนแก่น

ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2532.

วิจารณ์ สารรัตน์. การพัฒนาชุดฝึกด้วยตนเอง เรื่องการวางแผนการศึกษาในโรงเรียน

มัธยมศึกษา. บริณานิพนธ์ กศ.ค. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสานมิตร, 2532. อุดสาเนา.

วีระ เทพพานิช. "บทบาทและปัญหาของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน," ใน รวบรวม

บทความทางเทคโนโลยีทางการศึกษา. หน้า 7-17. ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา

: กรมการศึกษานอกโรงเรียน กระทรวงศึกษาธิการ, 2525.

ศรีศักดิ์ จามรมาน. "คอมพิวเตอร์กับการศึกษา," ใน การสัมมนาคอมพิวเตอร์กับการ

ศึกษานิสิตปริญญาโทเทคโนโลยีทางการศึกษา 2525. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประสานมิตร, 2527.

ศิริวรรณ พึ่งปรีดา. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนเทปทรทัศน์ประกอบกับการสอนตามคู่มือครู. ปริณานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. อัดสำเนา.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. เอกสารวิเคราะห์สภาพการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา มกราคม 2530, 23 หน้า อัดสำเนา.

สงบ ลักษณะ และนางนุช วรรณวาทะ. "การใช้คอมพิวเตอร์ในการศึกษา," ใน วารสารการวิจัยทางการศึกษา, 20(4) : 10-16; 2533.

สมชาย ทยานงษ์. "คอมพิวเตอร์ใช้ในการเรียนการสอน" ใน วารสารครุศาสตร์ 12 : 46-47; ตุลาคม-ธันวาคม 2526.

สมพร สี่ลางอาจ. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับรูปแบบของผลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531. อัดสำเนา.

เทคโนโลยีราชมงคล, สถาบัน. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2532 รายวิชาช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สำนักบริหารทางวิชาการและทดสอบวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา. 2532. ก.

_____. แผนพัฒนาศึกษาระยะที่ 7 (พ.ศ. 2535-2539) ภาคที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักบริหารทางวิชาการและทดสอบ 2533. ข.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12 ปี ของพัฒนาการทางการศึกษา

วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2527. ก.

..... หนังสือเรียนวิชาคอมพิวเตอร์ ค 032. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : องค์การคำครุสภา,
2530. ข.

..... เอกสารประกอบการประชุมวิชา เรื่องการนำคอมพิวเตอร์ไปช่วยในการเรียนการสอน
วิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์,
2532. ค.

..... รายงานการวิจัยการศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดในบทเรียน
เรื่องการสังเคราะห์แสง ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ม.ป.ป.

सानนท์ เจริญฉาย. โปรแกรมประยุกต์ด้านการศึกษา. กรุงเทพฯ : โอเคเอ็นเอสตร์,
2533.

สายทิพย์ ชลธาร. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเทคนิคการขึ้นงานคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับระดับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษา
อังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ :
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531. อัดสำเนา.

สุกรี รอดฤทธิ์ทอง. "เทคนิคการออกแบบบทเรียนแบบ TUTORIAL โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน," ใน วารสารครุศาสตร์. 15(3) : 75-79; มกราคม-
มีนาคม 2531.

สุรัชชัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย สาขาวิชาศึกษาศาสตร์. เอกสารการสอนชุดวิชา
วิทยาการการสอน (Instructional Science) หน่วยที่ 8-15. กรุงเทพฯ :
บริษัทรุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977) จำกัด, 2535.

สมณฑา พรหมบุญ. "ชีวเคมีในระดับมัธยมปลายสายสามัญ," ใน เอกสารประชุมสัมมนา
เรื่องแนวทางการพัฒนาหลักสูตรและการสอนชีวเคมี. หน้า 29-35. กรุงเทพฯ
: สาขาชีวเคมีสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2535.

สุวัฒน์ นิยมมาทษ. ผลการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนจาก
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะกลุ่มย่อย ซึ่งมีขนาดของกลุ่มต่างกัน. ปรินทิพนิพนธ์
 กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530.
 อัดสำเนา.

สุนทร นิมารัตน์. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคงทน
ในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภายใต้งานการเรียนรู้ด้วยตนเอง
กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2533. อัดสำเนา.

สุนทร แก้วลาย. "นวัตกรรมการคอมพิวเตอร์กับครู," ในการสัมมนาชีววิทยา ครั้งที่ 5 เรื่อง
วิทยาศาสตร์กับคอมพิวเตอร์. หน้า 91-98. กรุงเทพฯ : สาขาชีววิทยา สมาคม
 วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2530.

สุนีย์ สอนตระกูล. การพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบจักรอ้อมจนหันสำหรับวิชา
ชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ค. กรุงเทพฯ :
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534. อัดสำเนา.

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ. แผนพัฒนาการ
ศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) ระดับก่อนประถมศึกษาและ
ประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรไทย, 2529.

/อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : บริษัทกราฟเมน
 เพรส จำกัด, 2530.

อรพรรณ พรสีมา. เทคนิควิธีทางการสอน. กรุงเทพฯ : รอ เอช พรินติ้งเฮาส์, 2530.

อนันต์ ศรีรสภา. การวัดการประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :
 ไทยวัฒนาพานิช, 2524.

อุทุมพร จามรมาน และคนอื่นว. รายงานการวิจัยผลกระทบของคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา
ต่อสถาบันการศึกษานในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย, 2530. ก.

_____. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์
ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530. ข.

อาพล สงวนศิริธรรม. "ใช้ไมโครสอนซ่อมเสริม," คอมพิวเตอร์วิว. 2(22) :
 118-123; 2528.

Ahmad , Mahassen. "The Effect of Computer Based Feedback on
 using Cognitive Strategies of Problem Solving," Proceeding
of Selected Research Paper Presentation at the 1988
Convention of the Association for Educational Communications
and Technology. Iowa : Iowa State University, College of
 Education, 1988.

Alessi, Stephen M. "Designing Effective Computer Assisted
 Instruction," in The American Biology Teacher. 45(3) :
 146; 1984.

(Alessi, Stephen M. and Stanley R. Trollip Computer-Based
Instruction. New Jersey : Prentice-Hall Inc., 1985.

Anderson, R.C. and W.B.Biddle. "On Asking People Question About
 What They are reading," Psychology of learning and
Motivation. 9 : 1975.

Ausubel, D.P. Educational Psychology : A Cognitive View, New York:

Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Barlow, Sarah Follis. "An investigation of the effect of macrocontexts upon problem-solving skills in college biology students (critical thinking, laboratory instruction)," Dissertation Abstracts International. 52(02A) : 490; 1990.

Bason, F. and Hojsholt I. Poulsen. "Computer use in Undergraduate Physics Teaching," in Proceeding of the 3rd World Conference on Computer in Education Lausanne, Switzerland, July 27-31, 1981. edited by Bob Lewis and Donovan Tagg. p. 78-80. Amsterdam. New York : North Holland Publishing Company, 1981.

Beck, J.J. "An Analysis of Student Attitude Toward Computer Assisted Instruction in Nebraska Public High School," in Dissertation Abstract International. 40 : 3006-A; December, 1979. ✓

Borg, Walter R. and Merigith D. Gall. Educational Research. New York : Longman, 1979.

Borg, Walter R. Appling Educational Research : A Practice Guide for Teachers. New York : Longman, Inc., 1982.

Bruner, Jerome S. The Process of Education. New York : Alfred A. Knopf, Inc., 1960.

Carnes, Ernest R. "Microcomputer Tutorial Physics Program with Advanced Organizers used in Various Size Groups," in Dissertation Abstracts International. 46(5) : 1241-A; November, 1985.

Casner, J.L. "A Study of Attitudes Toward Mathematics of Eight Grade Students Recieving Computer Assisted Instruction and Students Recieving Conventional Classroom Instruction," in Dissertaton Abstract International. 38 : 1706A; Inc., 1987.

Cavollo, Ann Liberatore. "The relationship between students' meaningful learning orientation and their mental models of meiosis and genetics," in Dissertaton Abstracts International. 52(08A) : 2877; 1991.

Christ, R.E. "Criteria for the evaluation of microcomputer course," Educational Technology. 23(1):9-14; 1983.

Collete, Alfred T. Science Teaching in the Secondary School. Boston : Allyn & Bacon Inc., 1973.

Dalton, LenB, JR. "The Effects of Different Amount of Computer-Assisted Instruction on The Biology Achievement and Attitude of High School Students,(CAI, Aptitude, ON-Task Time, Gender, Engagement, Retention)," in Dissertation Abstracts International. 47 (01-A): 141; 1985.

Duchicky,R.L. and P.A.Kolers. "Readability of text scrolled on visual display terminals at a function of window size", Human Factors. 25 (5) : 683-692; 1983.

Elkins, Ruth E. Fuhrman. "The Effect of Computer Assisted Practice on English Grammar and Mechanics Achievement of Third Grade Students," in Dissertation Abstracts international. 47: 785-A; September, 1986.

Espich, James E. and Bill Williams. Developing Programmed Instructional Materials. New York : Lear Siegler, inc., 1967.

Foster, J.J. and M.Bruce. "Looking for entries in videotexable : A comparison of four color formats," Journal of Applied Psychology. 67(5) : 611-615 ; 1982.

Foreman, Kim Hyun-Deok. "Cognitive Style, Cognitive Ability, and the Acquisition of Initial Computer Programming Competence," in Proceeding of Selected Research Paper Persentations at the 1988 Convention of the Association for Educational Communications and Technology. edited by Michael R. Simonson and Jacqueline K. Frederick. p.239-254. Iowa : Iowa State University, 1988.

Fouchier, J. "Automatic Elaboration of Exercises in Physics," in Proceeding of the 3 rd World Conference on Computer in Education Lausanne, Switzerland, July 27-31, 1981. edited by Bob Lewis and Donovan Tagg. p.78-80. Amsterdam. New-York : North Holland Publishing company. 1981.

Freidman, L.T. "Programmed Lesson in RPG Computer Programming for New York City High School Senior," in Dissertation Abstracts international 29 : 700-A; August, 1974.

Gagne', Robert M. "An Education Review: Developments in Learning Psychology: Implications for Instructional Design : and Effects of Computer Technology in Instructional Design and Development," Educational Technology. XXII(6): 11-15; 1982.

_____. The Conditions of Learning. 2 nd ed. New York : Holt, Rinehart and Winston. 1970.

Gagne', Robert M. and Leslie J. Briggs. Principles of Instructional Design. New York : Holt, Rinehart & Winton Inc. 1974.

Gagne', R.M., W. Wager and Rojas. "Planning and authoring computer-assisted instruction lessons," in Educational Teachnology. 21(9):17-26;1981.

Grabinger, R.S. "Relationship among text format variables in computer generated text," in Paper Presented to the Annual Conference. AECT. Lasvegas, New York: 1985.

Grabinger, Scott R. and Starleen Albers. "The Effect of CRT Screen Design on Learning," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1988 Convention of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Michael R. Simonson and Jacqueline K. Frederick. p.285-2993. Iowa : Iowa State University, 1988.

Green, Eliner C. Joseph K. Torgesen and Walter W. Wager. "Effects of New Computer Technology on Increases in Children's word Recognition Automaticity," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1988 Conventon of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Michael R. Simonson and Jacqueline K. Frederick. p.323-342. Iowa : Iowa State University, 1988.

Hannafin, Michael J. "The Role of Practice Versus Cueing During Computer-Based Instruction." in Proceedings of Selected Research Paper Presentations on the 1987 Annual Convention of the Association for Educational Communication and Technology. Iowa : Iowa State University, College of Education, 1987.

/Hannafin, Michael J. and Kyle L. Peck. The Design, Development and Evaluation of Instructional Software. New York : Macmillan Publishing Company, 1988.

Hartley, J. "Designing electronic text : The role of print-based research," Educational Communications and Technology. 35(1) : 3-17; Spring, 1987.

Hettinger, Gary A. "Operationalizing Cognitive Constructs in the Design of Computer-Based Instruction," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1988 Convention of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Michael R. Simonson and Jacqueline K. Frederick. p.353-370. Iowa : Iowa State University, 1988.

Hinds, Irwin L. "Model of sequential biology science curriculum for grade 12 through the freshman college year using graphic organizers," Dissertation Abstracts international. 52(09A): 3235; 1991.

Hooper, Simon and Michael J. Hannafin. "Coopertive Learning at the Computer : Ability Based Strategies for Implementation," in Proceeding of Selected Research Paper Presentation at the 1988 Convention of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Micheal R. Simonson and Jackqueline K. Frederick p.387-402. Iowa : Iowa State University, 1988.

Jay, T.B. "The Cognitive approach to computer course ware design and evaluation," Educational Technology. 22(5):22-26; 1983.

Je'rome, Pierre. "Simulation Applied to the Teaching of Experimental Science: A "Substitute" Experiment or A Sole Formative Teaching Aid," in Proceeding of the 3 rd world Conference on Computer in Education Lausanne, Switzerland, July 27-31,1981. edited by Bob Lewis and Donovan Tagg. p.49-56. Amsterdam, New York : North Holland Publishing Company, 1981.

Kemp, Jerold E. Planning and Producing Instructional Media. 5 th ed. New York : Harper-Row Publisher Inc. 1985.

_____. Planning and Producing Audiovisual Materials, N.J.: Thomas Y. Crowell, 1975.

- Klein, James D. and David F. Salisbury. "A Comparison of a Microcomputer Progressive State Drill and Flashcards for Learning Paired Associates," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1987 Convention of the Association for Educational Communications and Technology. edited by Michael R. Simonson and Susan M. Zvacek. p. 401-418 . Iowa: Iowa State University, 1987.
- Klopfer, E.L. "Evaluation of Learning in Science" in Hand book on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York : Mc Graw.Hill, 1971.
- Kolich, Eileen Mattie. "The Effect of Computer-Assisted Vocabulary Achievement of Secondary School Students." in Dissertation Abstracts International. 47: 138-A; July, 1986.
- Kosinski, Robert J. "Producing Computer-Assisted Instruction for Biology Laboratory," in The American Biology Teacher. 46(3): 162-167; March, 1984.
- Kuder, G.F. and M.W. Richardson. "The Calculation of Test Reliability Coefficients Based upon the Method of Rational Equivalence," Journal of Educational Psychology. 30 : 681-687, 1939.
- Kulhavy, R.W. "Feedback in written instruction," in Review of Educational Research. 47:211-232; 1977.

Kulhavy, R.W., F.R. Yekovech. and J.W. Dwyer. "Feedback and response confidence," Education Psychology. 68:522-528; 1976.

Lavoie, Derrick Robert. "A qualitative analysis of the thought processes and related factors involved with the science process skill of prediction using an instructional computer simulation (water pollution, biology)," Dissertation abstracts international. 47(08A) : 2982; 1986.

Leiblum, M. "Structuring Computer-Assisted Learning in a University Environment," Selected Readings in Computer Based Learning. edited by Nick Rushby. p. 96. London: Nichols Publishing Company, 1981.

Liu, H.C. "Computer-Assisted Instruction in Teaching College Physics," in Dissertation Abstracts International. 42:1411A-1414A; March, 1975.

Lo'pez. Contreras A. and Moreno, Mayor. "Application of Computer-Assisted Learning Methods in the Teaching Solution of Spectroscopic Problem," in Proceeding of the 3 rd world conference on Computer in Education Lausanne, Switzerland, July 27-31, 1981. edited by Bob Lewis and Donovan Tagg. p.57-67. Amsterdam. New York : North Holland Pubishing Company, 1981.

Lucas, S.B. "The Effect of Utilizing Three Types of Advance Organizer Learning in Biological Concept in Seventh Grade Science," in Dissertation Abstracts International. 33 : 3390 A; 1972.

Mayer, G. Rex. Modules : From Design to Implementation. Singapore : The Colombo Plan Staff College for Technician education, 1984.

Mamba, Dudu S. "A hierachical science curriculum model oriented towards explaining human body systems through network models of information linkage in a multidisplinary mode for undergrauate nonscience majors," Dissertation Abstracts International. 50(12A) : 3913; 1989.

Merkel, Anne Ingram. "A Study of the effectiveness of Using Computer Assisted Instruction in the Teaching of English As a Second Language," Dissertation Abstracts International. 45: 2511-A; February, 1985.

Merrit, Robert L. "Achievement with and without Computer-Assisted Instruction in the Middle School," in Dissertation Abstract International. 44 : 34A; July, 1983.

Miller, Daryl Gilson, "The integration of computer simulation into the community college general biology," Dissertation Abstracts International. 47 (06-A) : 2106; 1986.

Morrish, Ivor. Aspects of Educational Change. London : George Allen and Unwin, 1987.

Norrish, P. The graphic translatability of text . (R & D Report No. 5854) London : The British Library, 1986.

Oates, William Robert. "Effects of Computer-Assisted Instruction in Writing Skills on Journalism Students in Beginning New Writing Classes," in Dissertation Abstracts International. 43 : 2882-A; March, 1983.

Oden, Robin Earl. "An Assessment of the Effectiveness of Computer Assisted Instruction on Altering Teaching Behavior and the Achievement and Attitudes of Ninth Grade Pre-Algebra Mathematics' Students," in Dissertation Abstracts International. 43 : 355-A; August, 1982.

Panee, Chiowanich and others. Biology Education and Technology. Chiang Mai, Thailand : Offset of the Faculty of Science, Chiang Mai University, 1984.

- Patterson, Dale Albert. "A comparison of different laboratory formats on the achievement and attitude of college biology students," Dissertation Abstracts International. 49(05A): 1049; 1988.
- Proger and others, "Conceptual Pre Structure for Detailed Verbal Progress," in The Journal of Educational Research. 64 (1) : 25-43; 1970.
- Reed, Barbara Barnes. "The Effects of Computer-Assisted Instruction on Achievement and Attitude of Underachievers in High School Biology," in Dissertation Abstracts International. 47(04-A) : 1207; 1986.
- Rieber, Loyd P. "The Effects of Computer Animated Elaboration Strategies and Practice on Factual and Application Learning in an Elementary Science lesson," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1988 Convention of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Michael R. Simonson and Jacqueline K. Frederick. p.639-650. Iowa : Iowa State University, 1988.
- Roblyer, M.D. "Course ware : A critical look at making best use of the medium," in Educational Technology. 22 : 29-30; 1982.

✓ Romiszowski A.J. Developing Auto-Instructional Materials.

New York : London Nichols Publishing, 1986.

Ross and others. "Computer-Based Instruction Research : Implication for Design," in Proceeding of Selected Research Paper Presentations at the 1987 Convention of the Association for Educational Communication and Technology. edited by Michael R. Simonson and Susan M. Zvacek. p.639-660. Iowa : Iowa State University, 1987.

Ross, Linda. "Mediating science learning : promoting the acquisition and transfer of biological concepts (social construction)," Dissertation Abstracts International. 52(11A) : 3869; 1991.

Sanchez, Jaime Hernan, "A model of biology lesson design based on a synthesis of modern learning theory and science inquiry techniques," Dissertation Abstracts International. 47(09A) : 2650 ; 1985.

Shaw, K.A. "Some Uses of Computer in Teaching Chemistry in UK Secondary Schools," in Proceeding of the 3 rd World Conference on Computer in Education Lausanne, Switzerland, July 27-31,1981. edited by Bob Lewis and Donovan Tagg. p.67-77. Amsterdam New York : North Holland Publishing Company. 1981.

Steinberg, Eather R. Computer-Assisted Instruction. New York :
Lawrence Erlbaum Association Publishers, 1991.

Stolurrow, L.M. "Computer," in Encyclopedia of Computer Sciences.
268-270; 1976.

Taylor, Robert. The Computer in the School Tutor, Tool, Tutee.
New York : Teachers College Press, 1980.

Turner, G.Y. "A Comparison of Computer-Assisted Instruction and
a Programmed Instructional Booklet in Teaching Selected
Phonics Skills to Preservice Teachers," in Dissertation
Abstracts International. 44 : 1750-A; December, 1983.

UNESCO Regional Office of Science and Technology for South and
Central Asia. UNESCO Handbook for Biology Teacher in
Asia. New York : Pearl Offset Press Pvt. Ltd, 1986.

Ward, Patricia Loper. "A Comparison of Computer-Assisted and
Traditional Drill and Practice on Elementary Students
Vocabulary Knowledge and Attitude Toward Reading
Instruction," in Dissertation Abstracts International.
47 : 2977-A; February, 1987.

Ybarrondo, Brent A. "A Study of the Effectiveness of Computer-
Assisted Instruction in the High School Biology Classroom,"
in ERIC. 1982-Much, 1992.

ภาคผนวก

สมัครรับ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสอน วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (๖045)
เรื่อง "โครงสร้างและการทำงานของยีน"
- ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ - ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน - ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

สร้างท. . . โดย	
บุญสืบ นันต์	
คณะกรรมการควบคุม บริษัท	
รศ. ดร. จรพันธุ์ ประสิทธิ์วิทย์ ประธานกรรมการ	
รศ. ดร. วาณิชกร วัฒนพร กรรมการ	
รศ. ดร. ดิลก นนธิ์รอง รอง กรรมการ	
บุญชัย พวงวงศ์	ไปนครเมอส์
จักรพันธ์ จันทพร	
ฉันทกร นิลารักษ์	

บท เรียนคอมมิว เตอร์ช่วยสอน
วิชาชีววิทยา
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
(๖๐๔๕)

เรื่อง

"โครงสร้างและการทำงานของยีน"

- ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์
- ตอนที่ 2 ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน
- ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

คำแนะนำการเขียน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง “โครงสร้างและการทำงานของอิน” นี้

แบ่งเป็น 3 ตอนย่อย คือ

ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับพีซี

ตอนที่ 2 อินคืออะไร ออกสู่ไหน

ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

แต่ละตอนจะประกอบด้วย

- นบทก่อนเรียน
- วิดีโอประกอบเรื่อง
- ความรู้ความเข้าใจ หรือ มโนทัศน์ (Concept) ประจำแต่ละตอน
- เรื่องราวหรือแบบฝึกหัด
- นบทหลังเรียน

กิจกรรมที่ให้นักเรียนต้องทำ มีดังนี้

1. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนในคอมพิวเตอร์
2. เรียนเรื่องตามลำดับเนื้อหา และทำแบบฝึกหัดความเข้าใจ ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ ถ้าทำได้สามารถกลับมาเรียนใหม่ได้
3. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

เครื่องคอมพิวเตอร์จะบันทึกผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนไว้เป็นข้อ ๆ

คู่มือการใช้โปรแกรม

1. เริ่มใช้งาน ทำการติดตั้งโปรแกรมดังนี้

- ให้เปลี่ยน drive ไปที่ A ซึ่งมีลงบนแผ่นดิสก์ ดังนี้

C:\>A: <Enter>

- พิมพ์ว่า install A:\>install <Enter>

- รอให้เสร็จทำงานเสร็จจะส่งเอกสารไปขึ้นที่ drive A

2. เรียกใช้โปรแกรมโดยพิมพ์คำว่า go ที่ prompt ดังนี้

C:\>go <Enter>

3. กรณีที่ไม่ได้เรียกการทำงานผ่านทาง Batch file ให้พิมพ์ดังนี้

- เปลี่ยนการทำงาน go ไปที่ sub dir ของโปรแกรม go พิมพ์ดังนี้

C:\cd\go <Enter>

- เรียกโปรแกรม go ที่ prompt ดังนี้

C:\go>go <Enter>

การเลือกตอบเนื้อหาที่จะเรียนหรือทบทวน

เมื่อผู้รู้กลับหน้าจอกับเครื่องมือโดยลำดับ จนเครื่องเสนอภาพจนจบ เป็นหัวเรื่อง

ดังนี้

ตอนที่ 1
ตอนที่ 2
ตอนที่ 3
ยกเลิก

นักเรียนต้องการเรียนทบทวนใด จะทำได้โดยกดปุ่มกด ☐ ขึ้นหรือลงบน
แป้นพิมพ์ เมื่อเลื่อนเคอร์เซอร์ ☐ สักทำให้ขึ้นหรือลงตรงเรื่องที่ต้องการ แล้วกด ☐

< enter > เนื้อหาจะขึ้นตามที่ต้องการแล้ว เลือกเรียนเนื้อหาตามลำดับที่ต้องการ

หรืออีกวิธีหนึ่ง คือ เลื่อนเมาส์ (mouse) ไปยังเลขตรงกับจอภาพ ให้เลื่อน

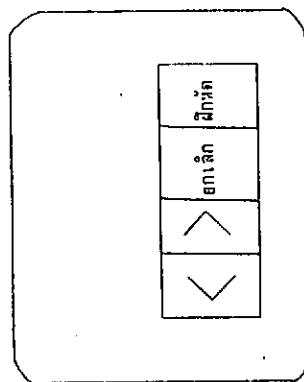
ไปตรงกรอกลีเลือกบนจอที่ต้องการ แล้วกดปุ่มใช้งานเมาส์ เครื่องจะทำงานตาม

ที่ต้องการ

การเขียนเนื้อหา

เมื่อเขียนขึ้นตามขั้นตอนการเขียนโดยลำดับแล้ว วิธีเริ่มต้น กดปุ่ม  < Enter > เพื่อเลื่อนการobenต้นหน้าเพื่อเขียนตามลำดับ

ปุ่มควบคุมให้อยู่ตามเนื้อหาเนื้อหาไปข้างหน้า หรือถอยหลังไปเรียนเนื้อหาเดิม คือ ปุ่มลูกศร  และ  ย้อนเป็นต้นหน้า เนื้อเลือกขลิกลีเหลี่ยม  ไปด้านซ้ายหรือด้านขวา ไปตรงของสี่เหลี่ยม 4 ช่องด้านล่างจอภาพ เพื่อเลือกการยกเลิก  < Enter > จะได้รับการทาง ๆ ตามต้องการ



-  หมายถึง เลื่อนเนื้อหาออกหลัง
-  หมายถึง เลื่อนเนื้อหาไปข้างหน้า
-  หมายถึง ยกเลิกการเขียน
-  หมายถึง เลื่อนเนื้อหาแบบเลิกทำ

การทำแบบฝึกหัด

เมื่อมีเครื่องเขียนเขียน และเครื่องชดให้ "ลองทำแบบฝึกหัด" ให้เรียนคุณ

ผู้ดูแล หรือ  บังคับเลือกสิ่งเหล่านี้อย่าง  ไม่ครบของสิ่งเหล่านี้อย่าง  คำสั้น

จากภาพ เมื่อเลือกตัวเลือกแล้ว คือ ก ข ค หรือ ง หรือจะใช้เมาส์เลือกคลิกให้ตรง

กับช่องสี่เหลี่ยมด้านข้างคำตอบที่ต้องการแล้วคลิกปุ่มทำงาน สังเกต

คำถาม

ก.....

ข.....

ค.....

ง.....

ก

ข

ค

ง

ถ้าคำตอบถูก เครื่องจะเลื่อนกรอบเนื้อหาให้เรียนต่อไป
ถ้าคำตอบผิด เครื่องจะพูดให้เลือกคำตอบได้อีก 1 ครั้ง
ถ้าคำตอบผิด 2 ครั้ง เครื่องจะเลื่อนกรอบเนื้อหาเดิมที่นักเรียนเรียนแล้ว ถอย
หลังเฟือง 1 กรอบให้เรียนใหม่ ทำแบบฝึกหัดใหม่ จนกว่านักเรียนจะตอบถูก จึงจะเลือก
เรียนเนื้อหาใหม่ต่อไปได้

ก่อนเรียน/หลังเรียน

บทเรียนการทดสอบเรียน และหลังเรียนเกี่ยวกับ Window และใน Window จะ

ต้องมี Authorware star อยู่ท้าย วิธีหาโดยกดคีย์ดังนี้

- เข้า Window โดยพิมพ์ C> win < Enter >
- เครื่องจะเปิดเองแล้วจะเห็น Menu 4 ที่เลือก 4 รายการ

คือ file option window และ Help

- เลือก file (โดยคลิกเมาส์ 1 ครั้ง) หน้าจอจะขึ้นรายการย่อยให้เลือก

แล้วเลือกการย่อยที่คำว่า RUN

- เมื่อเลือก RUN แล้ว หน้าจอจะขึ้นรายการาติพิมพ์

B:PRETEST.EXE เมื่อต้องการทดสอบเรียน หรือพิมพ์ O:TEST.EXE

เมื่อต้องการทดสอบหลังเรียน

- รอสักครู่แล้วหน้าจอจะขึ้น 4 ที่เก็บรหัสผู้เรียน ผู้เรียนพิมพ์รหัสลง

แล้ว < Enter >

- จอจะขึ้นให้ผู้เรียนเติมชื่อและนามสกุลลงแบบ ผู้เรียนต้องพิมพ์ชื่อและ

นามสกุลลงแบบ แล้ว < Enter >

- รอสักครู่จะขึ้น หน้าจอ รายการการให้เลือก ซึ่งผู้เรียนสามารถคลิกเลือกข้อที่ตรงกับ

เครื่องหมายที่เครื่องหมายคำตอบเรื่องจบ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากจบบทเรียนนี้แล้วนักเรียนควรสามารถทำสิ่งต่อไปนี้ได้

1. สรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตมีความหลากหลาย เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรมต่างกัน
2. อธิบายลักษณะทางพันธุกรรม และการแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม
3. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของการกลายพันธุ์ของ เมนเดลในถั่วฝักยาวกับยีนพูลส์
4. อธิบายความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ยีน อัลลีล ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย จีโนไทป์ ฟีโนไทป์ โพลียีน มัลติเปิลอัลลีล
5. ระบุถึงความสำคัญของโครโมโซมเพศ และความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโครโมโซม
6. อธิบายความสัมพันธ์ของยีนและโครโมโซม
7. สามารถทำกิจกรรมเพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม และศึกษาความสัมพันธ์ของโครโมโซม จำนวนโครโมโซมของนิยบางชนิด
8. ยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมโดยยีนนอกโครโมโซม และยีนบนโครโมโซมเพศ รวมทั้งแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเหล่านั้น
9. อธิบายการถ่ายทอดยีนที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน
10. ระบุขั้นตอนการค้นคว้า DNA คือสารพันธุกรรม
11. อธิบายโครงสร้างทางเคมีของ DNA และการสร้าง DNA จากโมเลกุลแม่
12. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง DNA, RNA และโปรตีน
13. เปรียบเทียบ DNA กับกรดไขมันและยูคาริโอต

ตอนที่. 1

ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์

แบบทดสอบก่อนเรียน

ประจำตอนที่ 1

เรื่อง

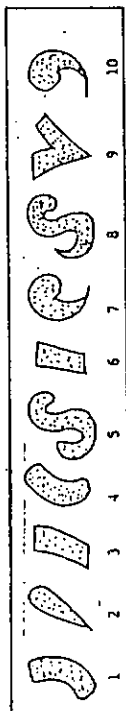
ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์

จำนวน 23 ข้อ

แบบทดสอบ ก่อนเรียน เนื้อหาความรู้

ตอนที่ 1 เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์

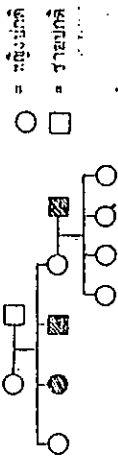
ข้อนี้ จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว



โครโมโซมที่มีบริเวณที่มีลักษณะดังในภาพ

- โครโมโซมคู่ใดเป็นโครโมโซมเพศ (sex chromosome)
 - 1 และ 4
 - 8 และ 10
 - 3 และ 6
 - 2 และ 9
- ข้อใดต่อไปนี้เกี่ยวกับการเกิดโรค Mongolism หรือ Down's syndrome มากที่สุด ?
 - autosome คู่ที่ 21 มี 1 ชุด
 - autosome คู่ที่ 21 มี 2 ชุด
 - autosome คู่ที่ 21 มี 3 ชุด
 - ไม่มีข้อใดถูกต้อง
- สิ่งมีชีวิตใดต่อไปนี้ไม่มี sex chromosome
 - สัตว์
 - พืช
 - ปลา
 - ไม่มีข้อใดถูก
- โรคใดต่อไปนี้ของมนุษย์มีสาเหตุเนื่องมาจากโครโมโซมเพศ
 - XX
 - XY
 - XY
 - XO

5. จงวิเคราะห์ Pedigree ดังนี้



○ = หญิงปกติ
□ = ชายปกติ

หากสมมติเด็กสาว ควรเป็นภาวะถ่ายทอดลักษณะใด

- สายโลหิต
- สายตาสั้น
- ขนยาวที่คาง
- ลักษณะกล้ามเนื้อแข็งแรง

6. ยีนที่ควบคุมลักษณะตาบอดสี เป็น Recessive sex-linked ถ้าหญิงสาวตาบอดสีลูกสาวของเธอมีลักษณะตาบอดสีและถ่ายทอดมาจากชายคือ

- พ่อ
- ปู่หรือย่า
- ตาหรือยาย
- พ่อและแม่

7. สำหรับโรคที่ถ่ายทอดแบบไม่โครโมโซมเพศ haemophilia ลูกทั้งหญิงและชายก็เป็นโรค มาจากหญิงในแต่งงานกับชายคนหนึ่ง ปรากฏว่าหลานสาวของเธอสามารถถ่ายทอดกลายเป็นโรคหนึ่ง ส่วนอีกคนหนึ่งไม่เป็น อาจทราบว่า genotype ของพ่อแม่คู่แรกเป็นอย่างไร (ให้ Xc เป็นโครโมโซมที่มี gene haemophilia X เป็นโครโมโซมปกติ)

- XX และ X^cY
- XX^c และ XY
- X^cX^c และ X^cY
- XX และ XY

8. ข้อใดถูกต้อง

- ในเซลล์สืบพันธุ์เป็นโครโมโซมเพศใดโครโมโซมเพศ
- ในเซลล์สืบพันธุ์เป็นโครโมโซมเพศใดโครโมโซมเพศ
- ในเซลล์สืบพันธุ์เป็นโครโมโซมเพศใดโครโมโซมเพศ
- ในเซลล์สืบพันธุ์เป็นโครโมโซมเพศใดโครโมโซมเพศ

9. Sex Chromosome ของคนเพศผู้คือ

ก. XX

ข. XY

ค. XO

ง. ไม่มีโครโมโซม

10. เซลล์จาก testis ของสัตว์ชนิดหนึ่งแสดงระยะเมตาเฟส 2 มีโครโมโซมจำนวน 12 แท่ง และ 13 แท่งบ้าง อัตราส่วนของโครโมโซมคือ

ก. 2 ต่อ 1

ข. 1 ต่อ 1

ค. 2 ต่อ 2

ง. 1 ต่อ 2

11. การผสมภายในสายพันธุ์ (Inbreeding) ที่เรารู้จักกันดีคือ

ก. ลูก ๆ ผสมกันเอง

ข. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ผสมกัน

ค. ผสมความแข็งแรงในรุ่นต่อไป

ง. เกิดลักษณะเด่นขึ้นมาอีกในรุ่นต่อไป

12. จำนวนโครโมโซมในโครโมโซม 16 แท่ง จะมีกลุ่มยีนทั้งหมดกี่กลุ่ม

ก. 8 กลุ่ม

ข. 16 กลุ่ม

ค. 32 กลุ่ม

ง. 64 กลุ่ม

13. ลักษณะเด่นของพันธุ์ AB เหมือนกับพันธุ์ A ต้องการทราบว่ายีนของลักษณะเด่นของพันธุ์ A จะแสดงออกมาเป็นลักษณะเด่นหรือไม่

ก. จะต้องเป็นพันธุ์ AB

ข. จะต้องเป็นพันธุ์ A

ค. อาจเป็นพันธุ์ B

ง. อาจเป็นพันธุ์ O

14. Hemophilia เป็นโรคที่ควบคุมโดย recessive allele บน X-chromosome ถ้าผู้หญิงที่เป็นโรคแต่งงานกับชายปกติปรากฏว่า

ก. ลูกชายทั้งหมดเป็นโรค

ข. ลูกสาวทั้งหมดเป็นโรค

ค. ลูกทุกคนเป็นโรค

ง. ลูกทุกคนปกติ

15. จงเปรียบเทียบการถ่ายทอดลักษณะของยีนกับการถ่ายทอดลักษณะของอณูชีวเคมี

ก. เป็นลักษณะเด่นทั้งคู่ และ โครโมโซมที่ถ่ายทอดเหมือนกัน

ข. เป็นลักษณะเด่นทั้งคู่ แต่โครโมโซมที่ถ่ายทอดแตกต่างกัน

ค. อันหนึ่งเป็นลักษณะเด่น อีกอันหนึ่งเป็นลักษณะด้อย และโครโมโซมที่ถ่ายทอด

เหมือนกัน

ง. อันหนึ่งเป็นลักษณะเด่น อีกอันหนึ่งเป็นลักษณะด้อย แต่โครโมโซมที่ถ่ายทอด

เหมือนกัน

16. สามีภรรยาคนหนึ่ง มีบุตรชายสองคน ทั้งคู่เป็นโรคเลือด แต่พ่อแม่ไม่ป่วยด้วยโรคนี้

ก. สามีตาปกติ ภรรยาตาบอดสี

ข. สามีตาบอดสี ภรรยาตาปกติ

ค. ทั้งสามีและภรรยาตาปกติ แต่ภรรยาเป็นพาหะ

ง. ทั้งสามีตาปกติ ภรรยาตาปกติ แต่สามีเป็นพาหะ

17. ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับเพศ (Sex-linked characters) คือ

ก. ลักษณะที่ปรากฏเฉพาะเพศผู้

ข. ลักษณะที่ปรากฏเฉพาะเพศเมีย

ค. ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบน X-chromosome

ง. ลักษณะที่ควบคุมโดยยีนบน Y-chromosome

18. สมมติว่ามีโครโมโซม 32 คู่ และ สามี 31 คู่ ของกลุ่มโครโมโซมที่ไม่ใช่โครโมโซมเพศ

ก. 30 แท่ง

ข. 33 แท่ง

ค. 60 แท่ง

ง. 63 แท่ง

19. มีพี่น้องสองคน: พี่สาวมีภาวะหัวใจพิการแต่กำเนิด (เริ่มตั้งแต่ตั้งครรภ์) เป็นภาวะของ โครโมโซม 21 ไม่ใช่อโครโมโซม 21 (ปกติ) เพราะ

- ก. มารดาคือเป็นโรคนี้
- ข. มารดามีโครโมโซมคู่เป็นโรคนี้
- ค. มีโครโมโซม 21 และโครโมโซม 21 อื่นๆของแม่เป็นโรคนี้
- ง. มารดาทำร้ายมารดาของมารดาซึ่ง องค์การแพทย์แห่งโรคนี้

20. เซลล์จาก testis ของสัตว์ชนิดหนึ่ง แสดงระยะเมตาเฟส 2 มีโครโมโซมจำนวน 12 แท่งและ 13 แท่งบ้าง สัตว์ชนิดนี้ควรเป็นอะไร

- ก. แมลงวัน
 - ข. ตั๊กแตน
 - ค. ปลา
 - ง. ปลาไหล
21. สามีควรรายคู่หนึ่ง มีบุตรตามข้อสี่ถึงแปด ชายแสดงว่า
- ก. ลำตัวปกติ การขยายตัวของ
 - ข. สามีตามข้อสี่ ควรรายปกติ
 - ค. ทั้งสามและควรรายปกติ แต่การขยายตัวของ
 - ง. สามีตามข้อสี่ ควรรายปกติ แต่มีข้อที่เป็นโรค

22. การผสมพันธุ์จะทำให้ออกไข่อย่างหนึ่ง: ไข่ที่ติดว่า ลูกที่ได้จากการผสมนั้น ส่วน

- ก. ตัวผู้และตัวเมียเป็นคู่เดียว
- ข. ตัวผู้และตัวเมียเป็นคู่เดียว
- ค. ตัวผู้และตัวเมียเป็นคู่เดียว
- ง. ตัวผู้และตัวเมียเป็นคู่เดียว

23. ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน (linked gene) จะมีการถ่ายทอดออกจากกันหรือไม่ใช่

- ก. สามารถแบ่งการแยกของยีน
- ข. การเลือกกลุ่มยีนอิสระของยีน
- ค. ปรากฏการณ์การรวมกันของยีน
- ง. ยีนที่ติดกัน

แบบทดสอบวัดความรู้ก่อนเรียน
โครงสร้างและสภาพการทำงานอื่น
ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับนิคมอุตสาหกรรม

1. จ	2. ค	3. จ	4. จ	5. ข
6. ค	7. ข	8. ค	9. ค	10. ข
11. ข	12. ก	13. ค	14. ก	15. ค
16. ก	17. ค	18. จ	19. ค	20. ข
21. จ	22. ข	23. ข		

1. จากการศึกษาของเมนเดล (Mendel)

จากการศึกษาของเมนเดล (Mendel) แสดงให้เห็นว่าลักษณะแต่ละลักษณะที่ถูกถ่ายทอดจากพันธุ์หนึ่งไปยังอีกพันธุ์หนึ่ง ถูกควบคุมโดยหน่วยเฉพาะที่แน่นอนซึ่งเขาเรียกว่า...แฟกเตอร์ (Factor) ซึ่งถือว่าเป็นหน่วยกรรมพันธุ์ ต่อมารู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า...ยีน (Gene) นั่นเอง (คำว่า Gene ถูกตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1911 โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Johannsen)

ยีนมีต่อ . . . กตติยัต

เมนเดล (Mendel) ได้รับการยกย่องเกียรติว่าเป็น... "บิดาของวิชาพันธุศาสตร์" เขาได้ค้นพบกฎการแยกตัวของยีนแต่ละคู่ในระหว่างการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (Law of segregation) และกฎการรวมกลุ่มของยีนต่างคู่กันอย่างอิสระในเซลล์สืบพันธุ์ (Law of independent assortment)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

1. ตัวควบคุมลักษณะการถ่ายทอดจากพันธุ์หนึ่งไปสู่อีกพันธุ์หนึ่งเรียกว่า

ก. แฟกเตอร์

ข. ยีน

ค. ดีเอ็นเอ

ง. อุกคฤห

2. ยีน (Gene) และโครโมโซม (Chromosome) คืออะไร

ยีน (Gene) คือสารทางกรรมพันธุ์ (Genetic Material) ซึ่งมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ แม่ หรือบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน

- บุคคลที่เสนอสมมติฐานว่ายีน (Gene) มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม คือ วอลเตอร์ เอส. ซัตตัน (Walter S. Sutton) และไบเวอร์รี่ (Boveri) เขาได้ศึกษากระบวนการแบ่งเซลล์แบบ Meiosis ได้เห็นโครโมโซมและพบว่ามีการถ่ายทอดโครโมโซมจากคู่หนึ่งไปยังอีกคู่หนึ่งหนึ่งมีลักษณะคล้ายการถ่ายทอดของยีน

ยีนมีต่อ . . . กตติยัต

- บุคคลที่พบว่า ยีน (Gene) ก็คือสารประกอบเคมีพวก DNA คือ โอ.ที. อะเวอรี่ (O.T. Avery) ซี.เอ็ม. แมคเคลย์ (C.M. Macleod) และแมคคาร์ที (McCarthy)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

2. ชื่อบุคคลที่เป็น ซัตตัน (Sutton) ไบเวอร์รี่ (Boveri) อะเวอรี่ (Avery) แมคเคลย์ (Macleod) และแมคคาร์ที (McCarthy) ใครเป็นผู้พิสูจน์ว่า ยีน และดีเอ็นเอคือ สิ่งเดียวกัน

ก. ซัตตัน, ไบเวอร์รี่, อะเวอรี่

ข. ไบเวอร์รี่, อะเวอรี่, แมคเคลย์

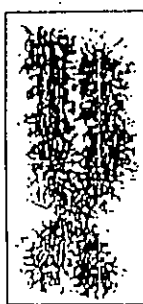
ค. ไบเวอร์รี่, แมคเคลย์, คาร์

ง. อะเวอรี่, แมคเคลย์, คาร์

โครโมโซม (Chromosome) คือ ร่างแหโครมาติน หรือร่างแหนิวเคลียสที่หดตัวสั้นเข้า ขณะที่เซลล์มีการแบ่งตัว (ในระยะที่ยังไม่มีการแบ่งเซลล์ (interphase) จะไม่เห็นโครโมโซม เพราะเป็นเส้นนามากจึงเรียกโครโมโซมระยะนี้ว่าโครมาติน (Chromatin) ซึ่งมีลักษณะเป็นสายยาว จะเห็นได้ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น)



1 2 3 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope) แสดงให้เห็นโครโมโซมในระยะต่างๆ ตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ถึงระยะเมตาเฟส (metaphase)



ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron microscope) แสดงให้เห็นโครโมโซมในระยะต่างๆ ตั้งแต่ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) ถึงระยะเมตาเฟส (metaphase)

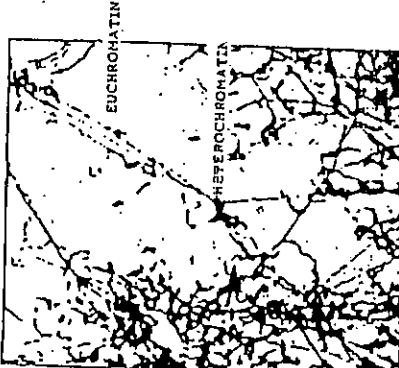
ยังมีข้อ ... กาดิยี่๖๓ ๖

1, 2, 3 ภาพถ่ายแสดงให้เห็นโครโมโซมระยะที่เซลล์กำลังแบ่งตัวแบบ mitosis อีกภาพเป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงโครโมโซมของคน

ลองทำแบบฝึกหัด

- คำถาม
- จากภาพถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะเห็นโครโมโซมเป็นอย่างไร ชัดเจน ในการแบ่งเซลล์ระยะใด
 - Interphase
 - Prophase
 - Metaphase
 - Anaphase

- โครมาติน มีความหนาประมาณ 250 ถึง 300 นาโนเมตรกระจายทั่ว ๆ ไปในนิวเคลียสพบว่ามีความแตกต่างกัน 2 บริเวณ บริเวณที่โครมาตินคลาย - เรียกว่าเป็นเส้นนามาก แล้วเรียกว่า Euchromatin (ยูโครมาติน) มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา ส่วนที่ยังไม่คลายเกลียว เรียกว่า Heterochromatin (เฮเทอโรโครมาติน) ภาพด้านขวาเป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงให้เห็นลักษณะของโครมาติน (Chromatin) ขณะเซลล์อยู่ในระยะ interphase



ลองทำแบบฝึกหัด

- คำถาม
- อะไรเป็นข้อแตกต่างระหว่าง Euchromatin และ Heterochromatin
 - Euchromatin เป็นเส้นใยที่คลายเกลียว Heterochromatin ยังไม่คลายเกลียว
 - Heterochromatin เป็นเส้นใยที่คลายเกลียว Euchromatin ยังไม่คลายเกลียว
 - Euchromatin เป็นเส้นนามากกว่า Heterochromatin มองไม่เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงให้เห็นลักษณะของโครมาติน (Chromatin) ขณะเซลล์อยู่ในระยะ interphase

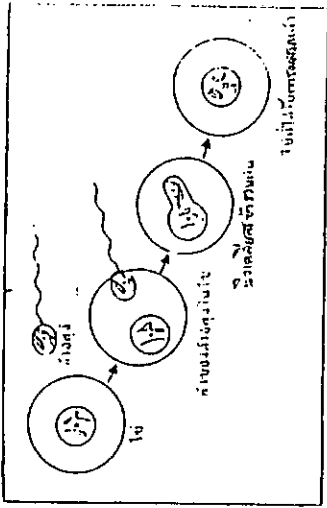
3. การศึกษาเพื่อหาตำแหน่งของยีน (Gene)

3.1 การศึกษาเซลล์สืบพันธุ์ (Sex cell)

ช่วยให้เรารู้ว่ายีนนั้นจะมีความถี่อยู่ในนิวเคลียส

สรุป

- อสุจิ (Sperm) มีขนาดเล็กกว่าเซลล์ไข่ (Egg) มาก เพราะมี Cytoplasm น้อยกว่า แต่ส่วนหัวมีนิวเคลียสเกือบเต็ม
- เซลล์ไข่ (Egg) มี Cytoplasm อยู่มาก และมีสารอาหาร (Yolk) สะสมอยู่มากจึงมีขนาดใหญ่กว่าอสุจิหลายเท่า หรือหลายพันเท่า



ยังมีข้อ - - - กตัญญูใจ ๆ

- เฉพาะส่วนหัวของอสุจิเท่านั้นที่เข้าปฏิสนธิ ส่วนหางของอสุจิจะอยู่ภายนอกจึงน่าจะเป็นเพียงโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่เท่านั้น
- ถ้าตัวอสุจิและเซลล์ไข่ ส่วนหัวที่นำยีนจากกันหนึ่งไปยังกันคือ ไปแล้ว ยีน (Gene) จึงน่าจะอยู่ที่...นิวเคลียส

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

- ลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตเกิดจากเซลล์เดียว คือไซโกต (Zygote) ไซโกตเกิดจากอสุจิและไข่รวมกัน ส่วนใดของอสุจิที่รวมกับเซลล์ไข่
- นิวเคลียส
- แวคิวโอล
- ไซโทพลาสซึม
- นิวเคลียส

- โครโมโซม (Chromosome) ของสิ่งมีชีวิตที่นับชื่อหน้าเซลล์ (Procarvate) = พวกรูปดาว (เซลล์) และไวรัส จะมีแต่ DNA หรือ RNA อย่างใดอย่างหนึ่ง จึงไม่มีโปรตีนบนโครโมโซมเลย จึงเรียกโครโมโซมของแบคทีเรีย สารที่เรียกว่า - เจโนม (Genome) และไวรัสว่าจีโนม (Genophore)
- จำนวนโครโมโซม (Chromosome number) ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (Species) จะมีจำนวนคงที่และเท่ากันเสมอ เช่น คน = 46 แกะ = 2n = 66 แกะตัวลันเตา = 14 แกะ ฯลฯ

ลองทำแบบฝึกหัด

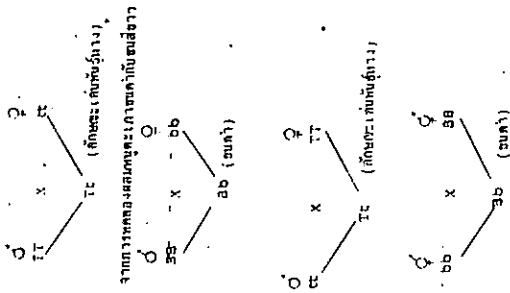
คำถาม

- จีโนม (genophore) คืออะไร
- โครโมโซมของพวงอุตุคืออะไร
- โครโมโซมของพวงอุตุคืออะไร
- โครโมโซมของพืชยูคาริโอต
- โครโมโซมของสัตว์ยูคาริโอต

3.2 หลักฐานจากกลไกการผสมพันธุ์พืช และสัตว์

สรุป

- ถ้ายีน (Gene) เป็นตัวควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ จากพ่อแม่ไปยังลูกแล้ว ยีนน่าจะอยู่ในนิวเคลียส (Nucleus) มากกว่าในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) เนื่องจากไซโตพลาสซึมของเซลล์ไม่มีปริมาณมากกว่าของสเปิร์ม และถ้ายีนอยู่ในไซโตพลาสซึมของ Eryth แล้ว ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในรุ่นลูกน่าจะเหมือนแม่มากกว่า



ยังมีต่อ . . . ภาติสัยาตา ๆ

- ถ้ายีนมีตำแหน่งอยู่ใน Cytoplasm แล้ว ถ้าผสมสิ่งมีชีวิตซึ่งมีพ่อพันธุ์ (ลักษณะเด่นพันธุ์แท้) กับแม่พันธุ์ (ลักษณะด้อย) ลูกน่าจะมีลักษณะด้อยทั้งหมด แต่ปรากฏว่ารุ่นลูกจะมีลักษณะเด่นพันธุ์ทางและในกรณีกลับกันถ้าเอาแม่พันธุ์ (ลักษณะเด่นพันธุ์แท้) ผสมกับพ่อพันธุ์ (ลักษณะด้อย) ลูกที่ได้ควรจะเป็นลักษณะเด่นพันธุ์แท้ทั้งหมด แต่ที่จริงแล้วไม่ได้เป็นเช่นนั้น ลูกจึงมีลักษณะเด่นพันธุ์ทาง
- ดังนั้น ยีน (Gene) น่าจะอยู่ในส่วนของนิวเคลียส (ไม่ใช่ไซโตพลาสซึม)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

- จากการผสมพันธุ์พืชและสัตว์ โดยให้พ่อพันธุ์เด่นแท้กับแม่พันธุ์ด้อยแท้หรือกลับกัน ให้พ่อพันธุ์ด้อยแท้ผสมกับแม่พันธุ์เด่นแท้ ลูกจะมีลักษณะเป็นเช่นพันธุ์ทางทั้งหมด ปรากฏการณ์เช่นนี้แสดงว่า
- ยีนเด่นมาจากนิวเคลียสของสเปิร์มหรือไข่
- ยีนเด่นมาจากไซโตพลาสซึมของไซโตพลาสซึม
- ยีนเด่น และยีนด้อยอยู่ในไซโตพลาสซึม
- ยีนเด่น และยีนด้อยอยู่ในนิวเคลียส

3.3 ศึกษาเปรียบเทียบการแยกตัวของยีน และ โยโซมโลกีสโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์ในการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิส

ตารางการเปรียบเทียบการแยกตัวของยีนและการแยกตัวของโซโครโมโซมโลกีสโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1. ยีนแต่ละยีนที่เข้าคู่กัน จะแยกออกจากกัน เมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

2. ในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์จะมียีน หลายยีน แต่จะไม่เข้าคู่กันเป็นอีกลำดับ และจำนวนยีนในเซลล์สืบพันธุ์จะเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย

การแยกตัวของโครโมโซมโลกีสโครโมโซม

1. โครโมโซมโลกีสโครโมโซมที่เข้าคู่กันแต่ละเส้น จะแยกจากกันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

2. โครโมโซมโลกีสโครโมโซม จะมีอยู่หลายโครโมโซม แต่จะไม่เป็นโครโมโซมโลกีสโครโมโซม และจำนวนโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์จะเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย

สรุป - ยีน(Gene) และโครโมโซม ต่างก็มีแบบแผนของการแยกจากกันคล้ายคลึงกันอาจเป็นไปได้ หรือว่ายีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม

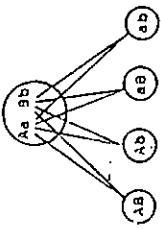
- เหตุผลดังกล่าวยังถือว่าไม่เพียงพอที่จะยืนยันว่า...ยีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม (จะต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มต่อไป)

สิ่งต่างแบบฝึกหัด

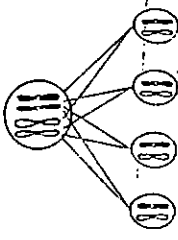
คำถาม

8. จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์โครโมโซมที่เป็นคู่กันในเซลล์ร่างกายจะแยกไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์เซลล์ละตัว และคล้ายกับยีนที่เป็นคู่กันจะแยกไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ เช่นเดียวกัน แสดงว่า

- ก. ยีนแต่ละตัวอยู่ในนิวเคลียสอย่างอิสระ
- ข. ยีนมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม
- ค. ยีนอยู่ในไซโทพลาสซึม
- ง. ยีนที่เป็นคู่กันจะไปด้วยกันเสมอ



การแยกของยีนในเซลล์สืบพันธุ์



การแยกของโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์

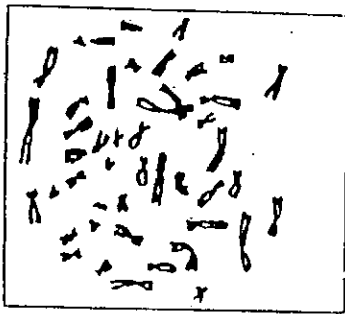
ภาพซ้าย โครโมโซมของผู้ชาย จำนวน 46 เส้น
ภาพขวา โครโมโซมของเพศชายปกติ ที่นำมาจัด
เรียงตามลำดับเป็นคู่ๆ (Normal Human Karyo-
type) โดยเรียงตามลำดับความยาว และตำแหน่ง
ของ centromere จาก autosome คู่ที่ 1 ซึ่ง
ยาวที่สุด ถึงคู่ที่ 22 สั้นที่สุด (คู่ที่ 23 คือ โครโม
โซมเพศ (sex chromosome) ในภาพเป็นของ
เพศชายคือ XY ส่วนเพศหญิงคือ XX
เพศชาย (♂) = 44 + XY
เพศหญิง (♀) = 44 + XX

ลองทำแบบฝึกหัด

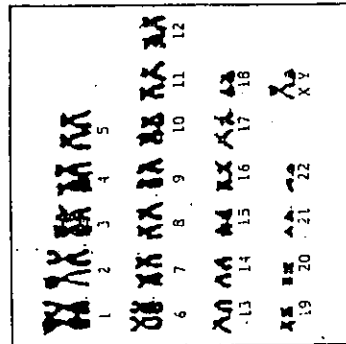
คำถาม

9. โครโมโซมของคนมีทั้งหมด 23 คู่ โครโมโซม
แต่ละเส้นประกอบด้วยยีน กี่ชิ้น

- ก. 40,000 ชิ้น
- ข. 2,500 ชิ้น
- ค. 1,500 ชิ้น
- ง. 1,250 ชิ้น



โครโมโซมผู้ชาย จำนวน 46 เส้น



3.4 ศึกษาโครโมโซมที่ผิดปกติเพื่ออินฮีนว่า
อินฮีนตำแหน่งยีนบนโครโมโซม

นักพันธุศาสตร์ได้ประมาณว่า ลักษณะทางกรรม
พันธุ์ของมนุษย์ถูกควบคุมโดยยีน (Gene) ประมาณ
40,000 ยีนที่ได้ตรวจพบว่ามีจำนวนโครโมโซม
ของคนที่แต่ละเซลล์ของร่างกายมีเพียง 23 คู่
(46 แท่ง) เท่านั้น ดังนั้นโครโมโซมกับยีนจะต้อง
ไม่ใช่วางเรียงกัน แต่ยีนจะโครโมโซมแล้วมี
ความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดของลักษณะของสิ่งมีชีวิตจาก
รุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป จึงถือว่ามีความสัมพันธ์กัน
โดย ยีนน่าจะมีความหมายอยู่บนโครโมโซม

ยังมีข้อ ... กตติยวิไล ๗

(ได้มีการประมาณว่าบนโครโมโซมแต่ละเส้น
ของยีน Gene อยู่ประมาณ 1,250 ยีน) การที่
ลักษณะหลายๆ อย่างมาอยู่บนโครโมโซมเส้นเดียว
กัน และจะถ่ายทอดไปด้วยกันเช่นนั้น เราเรียก
ลักษณะเหล่านี้ว่า...Linkage Group เดียว
กัน บนโครโมโซมจะมียีนหลาย ๆ ยีนมาอยู่ยั้งยั้ง
แต่ละชุดจะแตกต่างกัน ดังนั้นโครโมโซมแต่ละเส้น
จึงไม่เหมือนกัน และสิ่งที่จะบอกได้ว่าโครโมโซมแต่ละ
เส้นเหมือนกันหรือไม่ต่างกัน ก็คือ...กลุ่มของยีน
(Linkage Group) ที่อยู่บนโครโมโซมนั้น ๆ

ยังมีข้อ ... กตติยวิไล ๗

โครโมโซมของแมลงหวี่มี 8 เส้นคือ

(เพศผู้) = 6 + XY

(เพศเมีย) = 6 + XX

6 = autosome

XX, XY = sex chromosome

สรุป

แมลงหวี่ (drosophila) มีลักษณะทางพันธุกรรมจำนวนมากยแต่มีจำนวนโครโมโซมเพียง 4 คู่เท่านั้น อาจเป็นไปได้หรือไม่ว่าลักษณะทางกรรมพันธุ์ต่าง ๆ นั้นจะต้องมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม

ลองทำแบบฝึกหัด

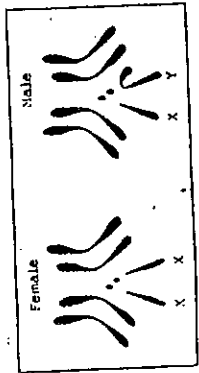
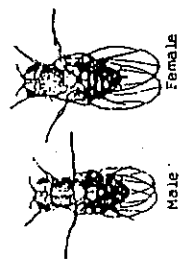
คำถาม

10. แมลงหวี่ มีโครโมโซมอย่างไร

- ก. เพศผู้ 6+XY, เพศเมีย 6+XX
- ข. เพศผู้ 4+XY, เพศเมีย 4+XX
- ค. เพศผู้ 6+XX, เพศเมีย 6+XY
- ง. เพศผู้ 4+XX, เพศเมีย 4+XY

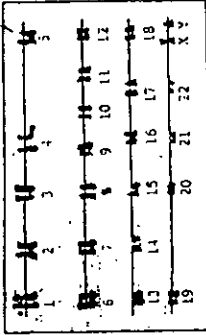


มอร์แกน (Morgan) และแมลงหวี่ เขาได้ทำการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุ



โครโมโซมของแมลงหวี่ 8 เส้น คือ	
(เพศผู้) = 6 + XY (เพศเมีย) = 6 + XX	6 = autosome XX, XY = sex chromosome

การขาดหายไปของโครโมโซมทำให้ชนชาติหายไปด้วย จึงมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะต่าง ๆ ผิดปกติไป แผนภาพแสดงโครโมโซมของผู้ของกลุ่มอาการครีดูชาต์ (Cri-du-chat syndrome) จากภาพโครโมโซมของเด็กพบว่า...โครโมโซมคู่ที่ 5 เส้นหนึ่งมีบางส่วนขาดหายไป (โครโมโซม 46 แท่ง) (แผนของโครโมโซมข้างหนึ่งสั้นกว่าปกติ) ผลที่เกิดขึ้น



ภาพซ้าย) ผลการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับอาการครีดูชาต์
ภาพขวา) ลักษณะของคู่โครโมโซมที่ขาด (Cri-du-chat syndrome)

มีข้อยกเว้น - - - กตติยชาติ

- เด็กผู้ที่มีร่างกายไม่เจริญเติบโตตามปกติ
- สตรีจะมีขนาดเล็ก หน้ากลม ใบหูต่ำ ทางตาซ้ายบน และหัวตาห่างกันมากกว่าปกติ
- คางเล็ก ตั้งจู๋บนหน้า มีมือสั้น มีเท้าอ่อน และมีเสียงร้องขณะโกรธคล้ายเสียงแมวร้อง (เป็นลักษณะเฉพาะ) เนื่องจากกล่องเสียงผิดปกติ และในบางคนอาจมีหัวใจพิการแต่กำเนิด ความผิดปกติดังกล่าวนี้เรียกว่า... กลุ่มอาการครีดูชาต์

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

11. ถ้าโครโมโซมขาดหายไป อันซึ่งเป็นตัวควบคุมลักษณะขาดหายไปช่วยให้ลักษณะของมนุษย์ผิดปกติไป ผู้ป่วยกลุ่มอาการครีดูชาร์ด (Cri-du-chat syndrome) ซึ่งผู้ป่วยมีอาการทางกายผิดปกติเกิดจากโครโมโซมคู่ใดผิดปกติ

ก. XY

ข. คู่ที่ 1

ค. คู่ที่ 2

ง. คู่ที่ 5

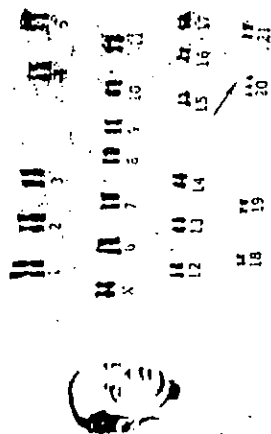
แผนภาพแสดงโครโมโซมของผู้มีอาการ 다운 (Down's syndrome) หรือ มอนโกลีนิ (Mongolism) ซึ่งมีจำนวนโครโมโซม = 2n+1 (โครโมโซม 47 แท่ง)

- จากภาพโครโมโซม พบว่า...โครโมโซมคู่ที่ 20

เกินมา 1 เส้น (จึงเรียกว่า Trisomy, 20)

ผลที่เกิดขึ้น

- ลักษณะที่ปรากฏจะแตกต่างจากคนปกติคือ ระยะแรกเกิด ตัวจะอ่อนปวกเปียก หลังงุ้มก้มหน้า นัยน์ตาห่างทางตาขึ้นบน ใบหูผิดปกติ ปากอ้าไม่สนิท ลิ้นใหญ่ปากรูปสี่เหลี่ยม มีนิ้วก้อยสั้น ช่องระหว่างนิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้มีช่องกว้างเส้นผ่า



ภาพแสดงโครโมโซมของผู้ป่วยอาการดาวน์ (Down's syndrome)

หรือ มอนโกลีนิ (Mongolism) และโครโมโซมของผู้ป่วยดังกล่าว

ซึ่งมีข้อ - - - - - กติวิธีใด ๆ

ข้อนี้ทำให้เกิดลักษณะมีภาวะปัญญาอ่อน บางรายอาจมีความพิการของหัวใจและทางเดินอาหาร ทำให้เสียชีวิตตั้งแต่อยู่ในครรภ์

- จะเห็นว่าเมื่อโครโมโซมผิดปกติ จะมีผลให้ลักษณะของสิ่งมีชีวิตผิดปกติไปด้วยและเนื่องจากเป็นสารพันธุกรรม (Genetic material) ซึ่งควบคุมการถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต น่าจะเชื่อได้ว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะอยู่รอดโครโมโซม

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

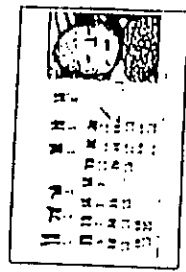
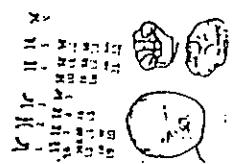
12. ผู้ป่วยผิดปกติกลุ่มของโกลิซึม (Mongolism) เกิดขึ้นได้อย่างไร

- ก. โครโมโซมคู่ที่ 20 เพิ่มเข้ามา 1 ตัว
- ข. โครโมโซม XY หายไป
- ค. โครโมโซม XX หายไป
- ง. โครโมโซม คู่ที่ 21 เพิ่มเข้ามา 1 ตัว

ภาพที่ 1

ลักษณะผู้ป่วยเอ็ดเวิร์ด ซินโดรม (Edward's syndrome)

เนื่องจากโครโมโซมคู่ที่ 18 เกินมา 1 แท่ง



ลักษณะผู้ป่วยเอ็ดเวิร์ด ซินโดรม (Edward's syndrome)

เนื่องจากโครโมโซมคู่ที่ 18 เกินมา 1 แท่ง

ลักษณะผู้ป่วยเพาเพาซินโดรม (Patau's syndrome)

เนื่องจากโครโมโซม คู่ที่ 13 เกินมา 1 แท่ง

ยังมีข้อ . . . กตัญญูใด ๆ

ภาพที่ 2

ลักษณะผู้ป่วยเพาเพาซินโดรม (Patau's syndrome)

เนื่องจากโครโมโซม คู่ที่ 13 เกินมา 1 แท่ง

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

13. กลุ่มผู้ป่วยเอ็ดเวิร์ด ซินโดรม และเพาเพาซินโดรมเกิดจากโครโมโซมผิดปกติอย่างไร

- ก. โครโมโซมเพศหายไปทั้งหมด
- ข. โครโมโซมขาดหายไป 1 ตัว คู่ที่ 18 ในเอ็ดเวิร์ดและคู่ที่ 13 ในเพาเพา
- ค. โครโมโซมเกินเข้ามา 1 ตัว คู่ที่ 18 ในเอ็ดเวิร์ดและคู่ที่ 13 ในเพาเพา
- ง. โครโมโซมเพศเกินมา 1 ตัว

ภาพที่ 1

Klinefelter syndrome ในเพศชาย

เนื่องจากมี X โครโมโซมเกินมาเป็น

44 + XXY

XX	XX	XX	XX	XX	XX
1	2	3	4	5	
XX	XX	XX	XX	XX	XX
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	

ก



ข

ส่วนหัวของของมีลักษณะผิดปกติเช่นศีรษะโต หูใหญ่ ไรศดสั้น อาการการ (Owen's Syndrome) เกิดจากโครโมโซมคู่ที่ 2 เกินมา 2 คู่ จึงจะมีโครโมโซมคู่ที่ 2 เกินมา 2 คู่ คือ ในระยะแรกเกิด หัวจะอ่อนปวกเปียก ลักษณะใบหน้า จะมีทั้งมุมปาก ขันคาง และริมฝีปาก ในชุดรูป ปากบิดไปซ้าย ลิ้นใหญ่ปาก คีระแบบ มีนิ้วก้อยสั้น ระหว่างนิ้วหัวแม่มือ และนิ้วชี้ช่องว่าง มีความผิดปกติที่เส้นของฝ่ามือและฝ่าเท้า และมีการไขว้ไขว้อ่อน ใบวางรายอาจมีความผิดปกติของหัวใจและทางเดินอาหาร ทำให้เสียชีวิตตั้งแต่ยังน้อย

รูปแสดง ก. โครโมโซมของผู้ป่วยกลุ่มอาการ ดาวน์ โครโมโซมคู่ที่ 21 มี 3 แห่ง ข. ลักษณะของผู้ป่วยกลุ่มอาการดาวน์

คำถาม 17. Klinefelter syndrome เกิดจากโครโมโซม X เกินมา 1 ตัว เป็น 44+XXY แต่ Turner Syndrome เกิดจากอะไร

- ก. โครโมโซม Y ขาดหายไป
- ข. โครโมโซม X ขาดหายไป
- ค. โครโมโซม O เพิ่มเข้ามา
- ง. ไม่มีทั้งโครโมโซม X และ Y

ภาพที่ 2

Turner syndrome ในเพศหญิง เนื่องจาก

X โครโมโซมหายไป 1 แห่ง เป็น 44 + XO

XX	XX	XX	XX	XX	XX
1	2	3	4	5	
XX	XX	XX	XX	XX	XX
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	

XX	XX	XX	XX	XX	XX
1	2	3	4	5	
XX	XX	XX	XX	XX	XX
6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	

Turner syndrome ในเพศหญิง เนื่องจากมี X โครโมโซมหายไป 1 แห่ง เป็น 44 - XO

ยังมีข้อ ... กตติยใจ

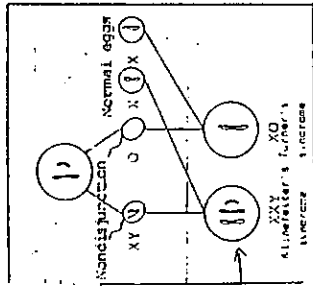
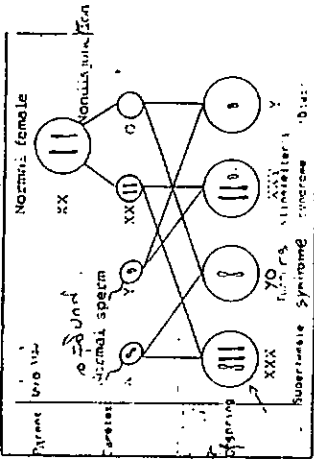
ลิงค์กัน (Linked gene หรือ Linkage).

- คนเรามีจำนวนยีนที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ประมาณ 40,000 ยีนซึ่งอยู่บนโครโมโซมทั้ง 23 คู่
- โครโมโซมเส้นหนึ่ง ๆ ของคนจะมียีนอยู่ประมาณ 1250 ยีน
- การที่ลักษณะหลายๆ อย่างมาอยู่บนโครโมโซมเส้นเดียวกัน จะถ่ายทอดลักษณะไปด้วยกันเสมอ
- ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกันเรียกว่า... ลิงค์กัน (Linked gene)

ยังมีข้อ ... กตติยวัตถุ ๆ

- ลักษณะหลายๆ อย่างมาอยู่บนโครโมโซมเส้นเดียวกันจะถ่ายทอดลักษณะไปด้วยกันเสมอ ยีนที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน .. เรียกว่า ลิงค์ กรุ๊ป (Linkage group)
- การถ่ายทอดลักษณะของลิงค์กัน จะไม่เป็นไปตามกฎของเมนเดล เพราะลิงค์ยีนอยู่บนโครโมโซมเดียวกันจะถ่ายทอดไปด้วยกันไม่มีการแยกและจับคู่อย่างอิสระตามกฎของเมนเดล
- การที่จะทราบว่ายีนใดอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน และยีนเหล่านั้นตามไปอยู่ในตัวเดียวกัน หรือต้นเดียวกันหรือไม่ สามารถศึกษาได้ดังนี้

ลองทำแบบฝึกหัด



แผนภาพแสดงความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดปกติของ Sex chromosome ขณะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (gametes) ของพันธุ์พ่อ-แม่ของกลุ่มอาการซินโดรม (syndrome) แบบต่างๆ

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

- ผู้หญิงมีอาการปกติแบบ Turner Syndrome ซึ่งมีโครโมโซมเป็น XXX เกิดขึ้นได้อย่างไร
- การแบ่งตัวสร้างของสุจิมีเซลล์หนึ่งมีโครโมโซม XX อีกเซลล์ไม่มี
- เซลล์สุจิไม่มีโครโมโซมรวมกับเซลล์ไข่ที่มีโครโมโซม
- การแบ่งตัวสร้างเซลล์ไข่ มีเซลล์หนึ่งมีโครโมโซม XX อีกเซลล์หนึ่งไม่มีโครโมโซม
- เซลล์สุจิมีโครโมโซม XY รวมกับเซลล์ไข่ไม่มีโครโมโซม

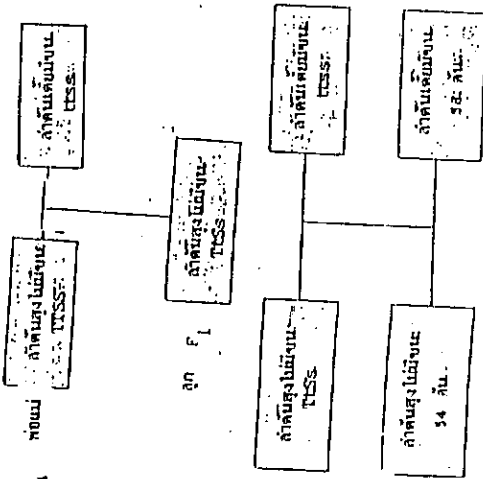
คำถาม

19. ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. ยีนอยู่บนโครโมโซมเดียวกันเรียกว่า ลิงค์ยีน
- ข. ลิงค์เจกทิฟจะถ่ายทอดลักษณะไปด้วยกันเสมอ
- ค. การถ่ายทอดลักษณะของลิงค์ยีนจะเป็นไปตามกฎของเมนเดล
- ง. โครโมโซมชิ้นหนึ่งของคนมีประมาณ 1250 ยีน

มะเขือเทศมีโครโมโซม 12 คู่ ลักษณะความยาวของลำต้นประกอบด้วยยีนที่แสดงเด่นสูง (T) เป็นยีนเด่นกับแสดงเด่นเตี้ย (t) เป็นยีนด้อย ส่วนลักษณะผิวของลำต้นได้แก่ผิวเรียบหรือเกือบไม่มีขนเลย (S) เป็นยีนเด่น และยีนลำต้นมีขน (s) เป็นยีนด้อย

เมื่อนำมะเขือเทศต้นสูง ไม่มีขน ซึ่งเป็นโครโมโซมคู่ที่ 5 ผสมกับมะเขือเทศต้นเตี้ยมีขน ได้รุ่นลูก (F₁) ทั้งหมดเป็นต้นสูงไม่มีขน ดังแผนภาพต่อไปนี้



ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

20. เมื่อนำมะเขือเทศรุ่น F₁ ลำต้นสูงไม่มีขน (TtSs) พันธุ์ต่างผสมกับลำต้นเตี้ยมีขน (ttss) พันธุ์แท้ F₁ 8 TtSs x ttss ๙ การแยกตัวของยีนไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ตามหลักของเมนเดล จะรุ่นลูกจะมีลักษณะยีนอย่างไรบ้าง

- ก. ๑ Ts, Ts, ts, ts : ๑ ts
- ข. ๑ TS, ts : ๑ TS
- ค. ๑ TS : ๑ ts
- ง. ๑ Tt, Ss : ๑ ts

ซึ่งตามกฎแห่งการแยกและ การเลือกกลุ่ม

อย่างอิสระของเมนเดล ต้นสูงไม่มีขนจากรุ่น F₁ หอมไม่
และต้นเตี้ยมีขนจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่มีโครโมโซม 4 คู่
ดังนี้

ลำดับต้นสูงไม่มีขนซึ่งมีขน TtSs จะสร้าง

เซลล์สืบพันธุ์ได้ 4 ชนิดคือ TS, Ts, tS, ts

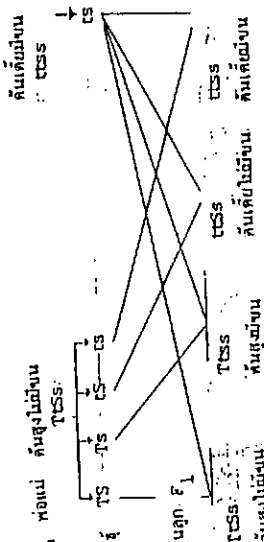
ลำดับต้นเตี้ยมีขนซึ่งมีขน ttSs จะสร้าง

เซลล์สืบพันธุ์ได้ชนิดเดียวคือ ts

และเมื่อนำมาละเวือเพศทั้ง 2 มาผสมกัน

จะได้ลูก 4 ชนิด และสัดส่วนเป็น 1:1:1:1

ดังแผนภาพดังต่อไปนี้



ยังมีข้อ ๑ - - - ภาคที่ ๒ ๖

ที่ได้สืบพันธุ์เป็น 4 ชนิด ไม่มีเหมือนกับ

ปรากฏในการทดลองข้างต้นซึ่งได้เพียง 2 ชนิด หอมไม่

ทั้งนี้เพราะยีนที่นำแต่ละลักษณะเป็นอิสระต่อกัน

ไม่อยู่บนโครโมโซมเส้นเดียวกัน หรือไม่เป็นลิงค์ เซลล์สืบพันธุ์

ชนิดอื่นนั้นเอง ดังนั้นจากการผสมพันธุ์ในการทดลอง

จึงมีโครโมโซม 2 ชนิด ในสัตว์ลูก F₁

ส่วน 1 ต่อ 1 แสดงว่ายีนที่แสดงเด่นสูงอยู่ยีนอื่น

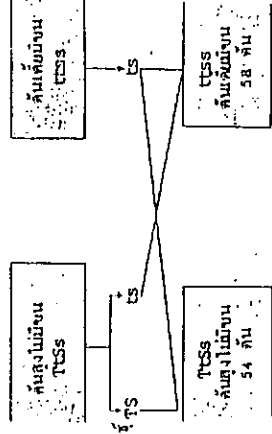
ที่แสดงถ้อย ซึ่งโครโมโซมทั้งสองนี้เป็นโครโมโซม

คู่กัน ดังนั้นเมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ขึ้นก็แสดงเด่น

สูงกับยีนแสดงถ้อยที่มีจริงถ้าหากเอาไปตัดยีนที่เสมอ

เช่นเดียวกับยีนแสดงเด่นเดียวจะถ่ายทอดไปกับยีนที่

แสดงถ้อย ดังนั้นละเวือเพศต้นสูงไม่มีขน (TtSs)



จึงสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ 2 แบบ คือ TS และ ts
เท่านั้น ส่วนต้นเตี้ยมีขนจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ได้ชนิดเดียว
คือ ts และเมื่อนำต้นเตี้ยมีขนทั้งสองมาผสมกัน
ลูกที่เกิดจึงมีชนิดเดียวเท่านั้น (ทางซ้ายมือ)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

21. ตามกฎการแยกตัวและการจับคู่อย่างอิสระ
ของเมนเดล ถ้านำมาละเวือเพศ ต้นสูงไม่มีขนพันธุ์
ทาง (TtSs) ผสมกับ ต้นเตี้ยไม่มีขน พันธุ์แท้ -
(ttss) จะได้รุ่นลูก (F₁) 4 ชนิดคือ ต้นสูงไม่มี
ขน (TtSs) ต้นสูงมีขน (TtSs) ต้นเตี้ยไม่มีขน
(ttss) และต้นเตี้ยมีขน (ttSs) สัดส่วน 1:1:
1:1 แต่การทดลองจริงปรากฏว่าได้ ลำต้นสูงไม่มี
มีขน และ ลำต้นเตี้ยมีขน สัดส่วน 1:1 แสดงว่า
ก. ลักษณะต้นสูงและไม่มีขน อยู่บนโครโมโซม
จ. ลักษณะต้นสูงและไม่มีขน อยู่บนโครโมโซม
เดียวกัน
ค. ลักษณะต้นสูงและไม่มีขน อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน
ง. ลักษณะต้นเตี้ยและไม่มีขน อยู่บนโครโมโซม
เดียวกัน

4. คลอสมิงโฮเวอร์ (Crossing over)

จากเรื่องเดิม ถ้าให้ทราบว่าอันที่อยู่บนโครโมโซมเส้นเดียวกัน จะถูกถ่ายทอดไปด้วยกันเสมอ แต่ในธรรมชาติก็พบเหตุยครัดขึ้นอีกว่าอันที่อยู่บนโครโมโซมเดียวกันในบางครั้งอาจไม่ถูกถ่ายทอดไปด้วยกันก็ได้

ในขณะที่เซลล์แบ่งตัวแบบไมโอซิสเพื่อที่จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์นั้น ในระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียสดังแรกโครโมโซมคู่หนึ่งจะเข้ามาเข้าคู่กันในระยะโปรเฟส I จะพบยครัดกันหรือโฮเวอร์ และมีการแลกเปลี่ยนส่วนกันระหว่างโครมาติดของโครโมโซม ดังภาพ

ยังมีต่อ . . . กตติยัต

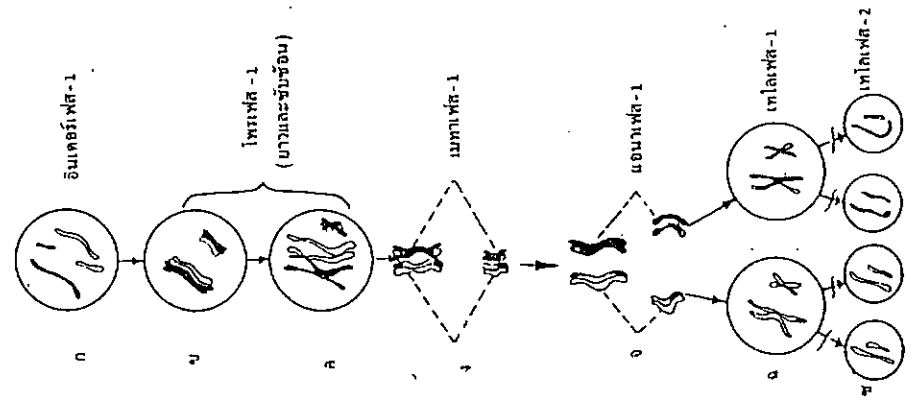
ปรากฏการณ์ที่โครมาติดโครโมโซมเส้นหนึ่งแลกเปลี่ยนส่วนกับโครมาติดของโครโมโซมอีกเส้นหนึ่งซึ่งเป็นโครโมโซมคู่กันเรียกว่า ครอสซิง - โฮเวอร์ (Crossing over)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

23. โครโมโซมที่เป็นคู่เดียวกันหรือโฮโมโลกัสโครโมโซมจะไว้วางกันและแลกเปลี่ยนกันส่วนข้างกันและกันในการแบ่งเซลล์ระยะใด

- ก. อินเตอร์เฟส
- ข. โปรเฟส
- ค. เมตาเฟส
- ง. อนาเฟส



รูปแสดงการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

จากรูป จะเห็นว่าส่วนของโครมาติดเส้นที่ 2 จะได้รับบางส่วนของโครมาติดเส้นที่ 3 ในขณะที่เดียวกันโครมาติดเส้นที่ 3 จะได้รับส่วนของโครมาติดเส้นที่ 2 แทนที่ การครอสซิงโฮเวอร์จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนกันไว้ได้ จึงทำให้เกิดการรวมกันใหม่ของยีน (Gene recombination) ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ที่ต่างไปจากเซลล์ที่มีโครมาติดโฮเวอร์จึงก่อให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่างไปจากเดิม การครอสซิงโฮเวอร์ และการรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์ก่อให้เกิดลักษณะที่มีความแปรผันซึ่งมีความสำคัญต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

24. การครอสซิงโฮเวอร์ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนยีนกัน มีผลทำให้เกิดปรากฏการณ์อะไรขึ้น

- ก. เกิดโรคทางพันธุกรรม
- ข. เซลล์สืบพันธุ์ไม่เจริญเป็นสิ่งมีชีวิต
- ค. ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกเหมือนพ่อแม่
- ง. ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกมีลักษณะต่างไปจากเดิม

หมายเหตุ

1. ปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของโครโมโซมจะเกิดขึ้นเฉพาะกับโครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสกันเท่านั้น ส่วนการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซมระหว่างโครโมโซมที่ไม่ได้เป็นโฮโมโลกัสกันจะเรียกว่า ทรานสโลเคชัน (Translocation) ซึ่งเกิดจากการหักของโครโมโซมแล้วส่วนที่หักไปต่อใหม่กับโครโมโซมที่ไม่ได้เป็นโฮโมโลกัสกัน
2. การเกิดครอสซิงโอเวอร์นั้นอาจเกิดขึ้นพร้อมกันบนโฮโมโลกัสโครโมโซมได้มากกว่า 1 แห่ง ซึ่งจะทำให้มีโอกาสแปรผันได้มากขึ้น

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

25. ทรานสโลเคชัน (Translocation) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

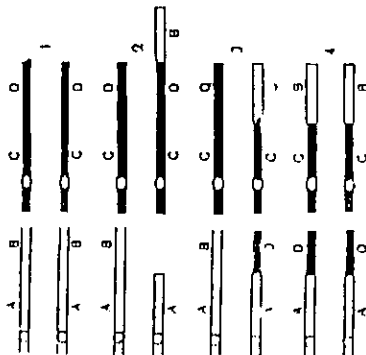
ก. การไขว้กันของโครโมโซมและแลกเปลี่ยน

ส่วนกัน

ข. โครโมโซมแยกกันตามปกติ

ค. การหักเหของโครโมโซมแล้วไปต่อกับโครโมโซมอื่น

ง. การเพิ่มจำนวนโครโมโซม



1. โครโมโซมปกติที่ไม่ได้เป็นโฮโมโลกัสกัน

2. การไขว้กันเพียงฝ่ายเดียว

3. การไขว้กันสลับเพียงโครโมโซมเดียว

4. การไขว้กันสลับทั้งคู่

โครโมโซมและการกำหนดเพศ

ในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด จะมีโครโมโซม 2 ประเภท

1. ออโตโซม (Autosome) หรือโครโมโซมร่างกาย กำหนดหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของร่างกาย
2. โครโมโซมเพศ (Sex chromosome) เป็นตัวกำหนดเพศของสิ่งมีชีวิต

คนมีโครโมโซมในเซลล์ร่างกายแต่ละเซลล์ 23 คู่ หรือ 46 เส้น

ยังมีข้อ - - - กตติยชาติ ๆ

เพศชาย = 44 + xy เซลล์สืบพันธุ์ 2 แบบ

คือ 22 + x และ 22 + y

เพศหญิง = 44 + xx เซลล์สืบพันธุ์มี 1 แบบ

คือ 22 + x

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

26. เซลล์สืบพันธุ์ของผู้ชาย มีโครโมโซมลักษณะ

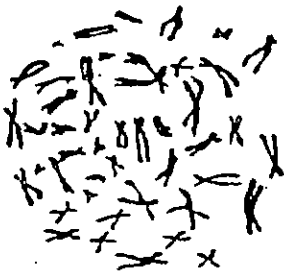
อย่างไร

ก. 22 + x และ 22 + y

ข. 22 + x อย่างเดียว

ค. 44 + xy

ง. 44 + xx



แผนภาพแสดงให้เห็นโครโมโซมของเพศชาย และ
แบ่งตัวระยะ metaphase ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 23
คู่ โดยพิจารณาจากลักษณะพื้นฐานความคล้ายคลึงกัน
ของขนาดและรูปร่างของโครโมโซม ดังแผนภาพข้าง
ล่าง

autosome ของมนุษย์ในแต่ละเซลล์ = 44 เส้น
หรือ 22 คู่ Sex chromosome ของมนุษย์มี 1 คู่
(2 เส้น) เพศชาย = xy เพศหญิง = xx

- เพศชาย มีโครโมโซมเพศต่างกัน (x กับ y
เรียกว่า heterogametic male
- เพศหญิง มีโครโมโซมเพศชนิดเดียวกันคือ x
เรียกว่า homogametic female

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

27. การที่โครโมโซมเป็นคู่ ๆ เช่น มนุษย์ 22

คู่ + xy ใช้อะไรเป็นหลักพิจารณา

- ก. ความสั้นยาว
- ข. ความคง
- ค. ความหนาบาง
- ง. ความคล้ายคลึงกัน

- คนมีโครโมโซมในเซลล์ร่างกายแต่ละเซลล์
46 เส้น

เพศชาย = 44 + xy เซลล์สืบพันธุ์ 2 แบบ
คือ 22 + x หรือ 22 + y

เพศหญิง = 44 + xx เซลล์สืบพันธุ์ 1 แบบ
คือ 22 + x

- เมล็ดที่มีโครโมโซมในเซลล์ร่างกายแต่ละ
เซลล์ 8 เส้น

ตัวผู้ = 6 + xy เซลล์สืบพันธุ์ 2 แบบคือ
3 + x หรือ 3 + y

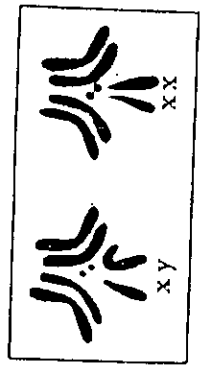
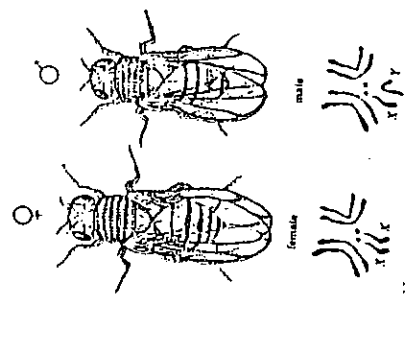
ตัวเมีย = 6 + xx เซลล์สืบพันธุ์ 1 แบบคือ
3 + x

ลองทำแบบฝึกหัด

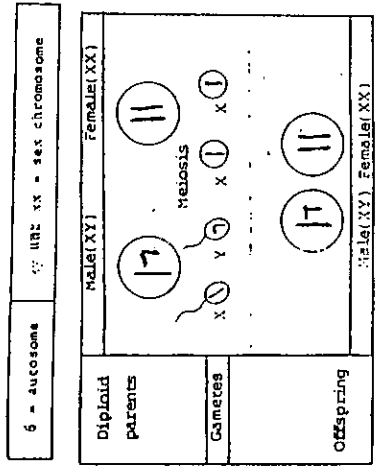
คำถาม

28. เมล็ดที่มีโครโมโซมเพศลักษณะอย่างไร

- ก. เพศผู้ 6 + xy เพศเมีย 6 + xx
- ข. เพศผู้ 6 + xx เพศเมีย 6 + xy
- ค. เพศผู้ 8 + xx เพศเมีย 8 + xy
- ง. เพศผู้ 8 + xy เพศเมีย 8 + xx



แผนภาพแสดงให้เห็นโครโมโซมของแมลงหวี่ 6 คู่ (8 เส้น)
เพศผู้ = 6 - xy (จำนวน) เพศเมีย = 6 - xx (จำนวน)



ตัวกำหนดเพศของสิ่งมีชีวิต

- ตัวกำหนดเพศว่าจะเกิดเพศชายหรือเพศหญิงของคน คือ สเปิร์ม x หรือ y (สำหรับเซลล์ไข่ ซึ่งมิโครโซม x เท่านั้น ไม่มีส่วนในการกำหนดเพศ) ดังแผนภาพ

สรุป

ถ้าสเปิร์ม x เข้าปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ลูกที่เกิดจะมี sex chromosome xx (เพศหญิง) ถ้า - สเปิร์ม y เข้าปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ลูกที่เกิดจะมี sex chromosome xy (เพศชาย)

เซลล์สืบพันธุ์ผสมกันอย่างสุ่ม โอกาสในการ

เกิดเพศชาย : เพศหญิง = 50:50 หรือ 1:1 หรือ 1/2

ยังมีข้อ ... กตัญญูใด ๆ

- ตัวกำหนดเพศของมนุษย์ คือ sex chromosome X หรือ Y ของเพศผู้ (Y chromosome ของมนุษย์จะมีลักษณะคล้ายตะขอ แต่ Y chromosome ของคนไม่ และ มีขนาดเล็กกว่า X chromosome)

- สัตว์บางชนิด เช่น ชีเสื่อ ปลาบางชนิด สัตว์เลี้ยงลูก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์ปีก (นก, เป็ด, ไก่)

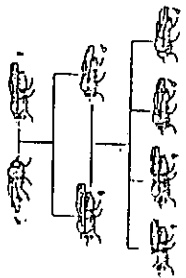
เพศผู้ จะมีโครโมโซมเพศ

(sex chromosome) = XX หรือ ZZ

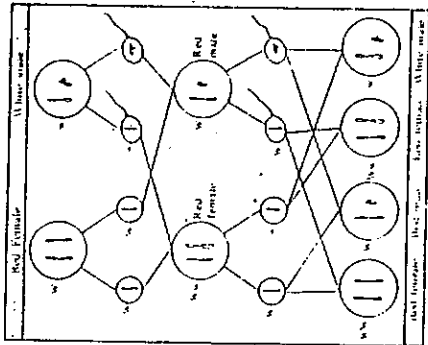
เพศเมีย จะมีโครโมโซมเพศ

(sex chromosome) = XY หรือ ZW

ยังมีข้อ ... กตัญญูใด ๆ



แผนแสดงการผสมพันธุ์ของแมลงหวี่



- (ดังนั้น ตัวกำหนดเพศของสัตว์พวกครึ่งมีอยู่ กับ โครโมโซม X หรือ Y ของเพศเมีย)
- ตัวกำหนดเพศของ สัตว์คน ผึ้ง ต่อ นก แตน และ นมวัว คือ ชุดของโครโมโซม เพศผู้จะมีโครโมโซม = n (แฮปโลยด์) เพศเมียจะมีโครโมโซม = 2n (ดิพลอยด์)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

29. เพศชาย เกิดขึ้นได้อย่างไร

- ก. อสุจิ 22 + y รวมกับไข่ 22 + x
- ข. อสุจิ 22 + x รวมกับไข่ 22 + y
- ค. อสุจิ 22 + x รวมกับไข่ 22 + x
- ง. อสุจิ 22 + y รวมกับไข่ 22 + y

- กำหนดให้ H = ยีน ความผิดปกติของเซลล์แดงของแมลงหวี่ (ลักษณะเด่น)

h = ยีน ความผิดปกติของเซลล์ขาวของแมลงหวี่ (ลักษณะด้อย)

จะเห็นว่า F_2 มีลักษณะเด่น : ลักษณะด้อยขาว = 3:1 (แมลงหวี่ตัวเมียตัวใดตัวหนึ่งที่มีลักษณะเด่นและด้อยขาว)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

30. มีโครโมโซมอย่างไร

- ก. เพศผู้ ๓ เพศเมีย 2๓
- ข. เพศผู้ ๓ เพศเมีย ๓
- ค. เพศผู้ 22 เพศเมีย ๒๒
- ง. เพศผู้ ๒๒ เพศเมีย 22

5. การถ่ายทอดลักษณะที่เกิดจากยีนกับเพศ (Sex linked gene)

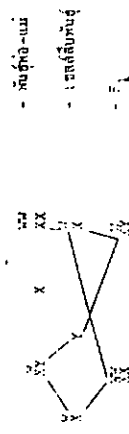
Sex linked gene (ยีนที่เกี่ยวกับเพศ) หมายถึง... ยีนที่ควบคุมลักษณะที่ถูกควบคุมโดย ยีน (Gene) ซึ่งตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเพศ X (X-Chromosome) เช่น... ลักษณะตาบอดสี โรคโลหิตจาง (hemophilia) ลักษณะกลืนน้ำลายของคนไทย และสีตาของแมลงหวี่

ยังมีข้อ - - - กตัญญูใด ๆ

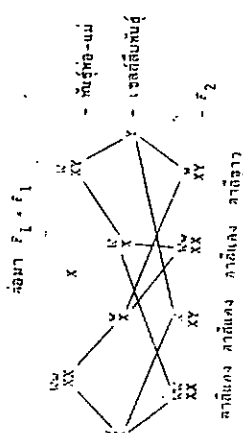
ตัวอย่างที่ 1 ในการผสมแมลงหวี่ตัวผู้ตาบอดสีกับแมลงหวี่ตัวเมียตาบอดสีได้ลูกในรุ่น F_1 ตาสีแดงทั้งหมด เมื่อเอาแมลงหวี่ในรุ่น F_2 ผสมกันเองได้ F_2 มีลักษณะเด่นและด้อยขาวเป็นสัดส่วน 3:1 และ ถ้าผสมแมลงหวี่ตัวผู้ตาบอดสีกับแมลงหวี่ตัวเมียตาบอดสีในรุ่น F_1 จะเกิดลูกลักษณะอย่างไร

- เนื่องจากยีนควบคุมลักษณะสีตาของแมลงหวี่เป็น sex linked gene (ยีนที่เกี่ยวข้องกับเพศ) ซึ่งมีตำแหน่งอยู่บน X-chromosome

ยังมีข้อ - - - กตัญญูใด ๆ



(ตัวเมียตาบอดสี) (ตัวผู้ตาแดง)



ตาบอดสี ภาวะตาแดง ภาวะตาขาว

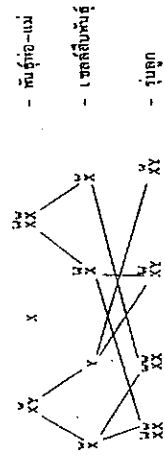
เมื่อ น.ร. อ่านจบแล้ว กด Key เพื่อ
ทำแบบฝึกหัดได้เลย

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

31. ถ้านับคนหลงหัวตัวดำสีขาวยังตัวเมีย
สีแดงในรุ่น F₁

ภาคีชีวิไล ๆ



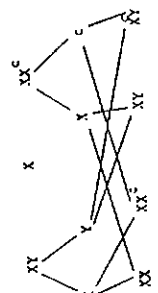
ตอบ ลูกที่เกิดมีลักษณะตาสีแดง : ลักษณะตาสีขาว
= 1:1 ลักษณะตาสีแดง มีทั้งเพศผู้และเพศเมีย
ส่วนลักษณะตาสีขาวมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย (เพศ
เมียมะมีลักษณะตาสีขาว ต้องมี gene homozy-
gous recessive = พันธุ์แท้ลักษณะด้อย)

เมื่อ น.ร. อ่านจบแล้ว กด Key เพื่อ
ทำแบบฝึกหัดได้เลย

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

32. ชายคนหนึ่งมีลักษณะตาปกติ แต่งงานกับหญิง
ตาปกติแต่เป็นพาหะ (carrier) อยากทราบว่า
ลูกที่เกิดมาจะมีลักษณะอย่างไร
กำหนดไว้



x = gene ของลักษณะตาปกติ (ลักษณะเด่น)
x^c = gene ของลักษณะตาบอดสี (ลักษณะด้อย)

ภาคีชีวิไล ๆ

ตอบ บุตรสาวทุกคนตาปกติ แต่มีบางคนเป็นพาหะ
(carrier)
บุตรชายบางคนตาปกติ และบางคนตาบอดสี

เมื่อ น. 1. อ่านจบแล้ว กด Key เพื่อ
ทำแบบฝึกหัดได้เลย

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

33. ชายหนึ่งคนปกติ แต่พ่อของทั้ง 2 คนเป็นโรคโลหิตไหลไม่หยุด ถ้าชายหนึ่งคนแต่งงานกันจะมีบุตร genotype อย่างไร โอกาสที่จะมีบุตรคนแรกเป็นโรคโลหิตไหลไม่หยุด (hemophilia) ที่เปอร์เซ็นต์เท่าไร

x = ยีนลักษณะไม่โรคโลหิตไหลไม่หยุด (ลักษณะเด่น)

x^c = ยีนลักษณะโรคโลหิตไหลไม่หยุด (ลักษณะด้อย)

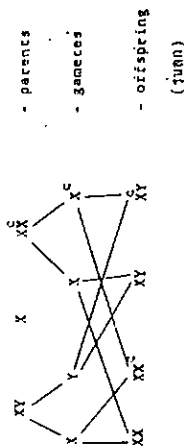
กตติยัต ๗

หมายเหตุ การที่ทราบว่าถึงปกติในรุ่น parents genotype เป็น xx^c เพราะพ่อของหญิงนั้นเป็นโรคโลหิตไหลไม่หยุด ต้องได้รับยีน x^c มาจากพ่อแล้ว จึงทราบว่าหญิงคนนั้นต้องเป็น carrier

กตติยัต ๗

ตอบ

- genotype ของบุตรคือ xx, xx^c, xy และ $x^c y$
- phenotype คือบุตรสาวเป็นโรค hemophilia แต่บุตรชายคนเป็นโรคโลหิตไหลไม่หยุด
- โอกาสที่ชายหนึ่งคนจะมีบุตรคนแรกเป็นโรคโลหิตไหลไม่หยุด - $1/4$ หรือเท่ากับ 25%

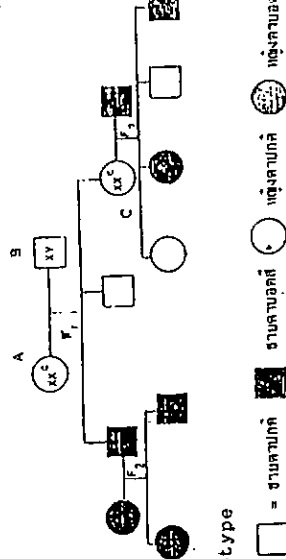


เมื่อ น. 1. อ่านจบแล้ว กด Key เพื่อ
ทำแบบฝึกหัดได้เลย

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

34. จงศึกษา Pedigree ต่อไปนี้ จากแผนผังในครอบครัวนี้ จงหา genotype ของ A, B, C ตามลำดับ



กตติยัต ๗

ตอบ

- genotype ของ A คือ xx^c เพราะตาปกติ แต่มีลูกชายบางคนตาบอดสี (แสดงว่าต้องเป็น carrier)
- genotype ของ B คือ xy ชายตาปกติ
- genotype ของ C คือ xx^c เพราะมีบุตรสาวบางคนตาบอดสีและบุตรชายบางคนตาบอดสี

- เพศหญิง - มีประจำเดือน ค่อม้านมเจริญ
- เพศชาย - ไม่มี
- วัวตัวเมีย - สัวังน้านมได้
- วัวตัวผู้ - สัวังน้านมไม่ได้ (ขึ้นแสดงออกไม่ได้)

3. Holandric gene (Y-inheritance)

หมายถึง ลักษณะทางการพันธุที่ถูกควบคุมโดยยีนซึ่งมีตำแหน่งอยู่บน Y-Chromosome ซึ่งไม่มี alleles บนโครโมโซม X เช่น ลักษณะขนยาวที่คิ้ว (hairy ear) นั้นถ่ายทอดกัน โดยยีนดังกล่าวจะแสดงออกในเพศชายเท่านั้น โดยผ่านทาง Y โครโมโซมของพ่อมายังลูกชายทุกคน)

ยังมีข้อ . . . กตติย์ใต้ ๗

อัตราการเพิ่มเติ่มเสริมประสิทธิภาพ

1. Sex-influenced gene หมายถึงการ

ถ่ายทอดลักษณะทางการพันธุ ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนบนออโตโซม แต่ยีนดังกล่าวจะแสดงออกในเพศหนึ่งมากกว่าอีกเพศหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนเพศ

ยังมีข้อ . . . กตติย์ใต้ ๗

- กำหนดให้ B=ยีนควบคุมลักษณะสีขนล้าน
- b=ยีนควบคุมลักษณะสีขนไม่มีล้าน
- รากูบจะเห็นได้ว่า
- เพศหญิง จะมีลักษณะสีขนล้านค่อม มีลูกศร
 - จีโนไทป์ Bb จะไม่แสดงลักษณะในเพศหญิง แต่เพศชายมีลักษณะสีขนล้าน (เพราะยีน b โจมเพศชายแสดงออกมาได้)
- ลักษณะ Sex influenced นี้ อาจพบในสัตว์อื่นๆ ด้วย กวางตัวผู้หรือแกะตัวผู้จะมีเขา ใกล้เคียงจะมีขนและหนังหนากว่าตัวเมีย แต่ตัวเมียไม่มีสวยงาม (แสดงออกทั้ง 2 เพศ แต่แสดงออกได้ไม่เท่ากัน)

คำถาม

ไม่มีคำถามโปรดกด ENTER

2. Sex-limited gene หมายถึง การถ่ายทอดลักษณะทางกรรมพันธุ์ ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนบน

ออโตโซม แต่จำกัดหรือแสดงออกมาได้ในเพศใดเพศหนึ่งเท่านั้น อีกเพศหนึ่งจะแสดงออกมาไม่ได้ (เนื่องจากอิทธิพลของฮอโมนเพศ) เช่น

- เพศชาย - มีหนวดมีเครา เสี่ยงแตก (วัยรุ่น)
- เพศหญิง - ไม่มี
- เพศหญิง - มีประจำเดือน ค่อมน้ำมันเจริญ
- เพศชาย - ไม่มี
- วัวตัวเมีย - สรีรภาพนมได้
- วัวตัวผู้ - สรีรภาพนมไม่ได้ (อันแสดงออกไม่ได้)

3. Holandric gene (Y-inheritance)

หมายถึง ลักษณะทางกรรมพันธุ์ที่ถูกควบคุมโดยยีน ซึ่งมีตำแหน่งอยู่บน Y-chromosome ซึ่งไม่มี alleles บนโครโมโซม X เป็น ลักษณะหายากที่ดังหู (hairy ear) นี้ว่าเกิดขึ้น โดยยีนนี้ตั้งระหว่างนิ้วเท้า (webbed-toes) และมีหนึ่งเป็นเกล็ดคล้ายงู ฯลฯ (ลักษณะดังกล่าวนี้ พบเฉพาะในเพศชายเท่านั้น โดยผ่านทาง Y โครโมโซมของพ่อมายังลูกชายทุกคน)

คำถาม

ไม่มีคำถามโปรดกด ENTER

แบบทดสอบหลังเรียน

ประจำตอนที่ 1

เรื่อง

ความรู้เกี่ยวกับพันธุศาสตร์

จำนวน 23 ข้อ

9. จงอธิบายความหมายของการมีคู่โครโมโซมในเซลล์ของมนุษย์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นเลขคี่ (aneuploidy) และยกตัวอย่างโรคที่เกี่ยวข้อง

ก. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ข. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ค. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ง. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

จ. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ฉ. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ช. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ซ. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ด. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

ด. มีเซลล์ที่มีโครโมโซมผิดปกติ เพราะเหตุใด

10. ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสมีความสำคัญอย่างไร

ก. ไมโทซิส

ข. ไมโทซิส

ค. ไมโทซิส

ง. ไมโทซิส

จ. ไมโทซิส

ฉ. ไมโทซิส

ช. ไมโทซิส

ซ. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

ด. ไมโทซิส

14. การตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์ของมนุษย์สามารถทำได้โดยวิธีใดบ้าง และวิธีใดที่นิยมใช้กันมากที่สุด

ก. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ข. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ค. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ง. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

จ. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ฉ. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ช. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ซ. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

ด. วิธีตรวจพบความผิดปกติของโครโมโซมในเซลล์

15. กำหนดให้โครโมโซม X และ Y มีลักษณะดังนี้: X มีลักษณะเป็นแท่งยาวและมีจุด centromere อยู่ใกล้ปลายด้านหนึ่ง Y มีลักษณะเป็นแท่งสั้นและมีจุด centromere อยู่ใกล้ปลายด้านหนึ่ง จงอธิบายความแตกต่างของโครโมโซม X และ Y

ก. โครโมโซม X

ข. โครโมโซม X

ค. โครโมโซม X

ง. โครโมโซม X

จ. โครโมโซม X

ฉ. โครโมโซม X

ช. โครโมโซม X

ซ. โครโมโซม X

ด. โครโมโซม X

ด. โครโมโซม X

ด. โครโมโซม X

ด. โครโมโซม X

16. จงอธิบายสาเหตุของการเกิดโรค Down syndrome (trisomy 21) และโรค Klinefelter syndrome (XXY) และโรค Turner syndrome (XO)

ก. Crossing over

ข. gene mutation

ค. nondisjunction

ง. non-translation

จ. non-translation

ด. non-translation

ด. non-translation

ด. non-translation

ด. non-translation

แบบทดสอบวัดความรู้เชิง เรือน
โครงสร้างและการทำงานของ
ตอนที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ

1. ค	2. ค	3. ค	4. ค	5. ก
6. ง	7. ง	8. ค	9. ง	10. ง
11. ก	12. ค	13. ง	14. ง	15. ค
16. ง	17. ง	18. ค	19. ง	20. ง
21. ค	22. ง	23. ง		

ตอนที่ ๒

ยื่นมืออะไร อยู่ที่ไหน

แบบทดสอบก่อนเรียน
ประจำตอนที่ 2
เรื่อง
ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน
จำนวน 21 ข้อ

แบบทดสอบ ก่อนเรียน เพื่อวัดความรู้

ตอนที่ 2 เรื่อง อื่น คืออะไร อยู่ที่ไหน

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. ปริมาณเบส (ดีเอ็นเอ) ใน DNA ของ E. coli มีอัตราส่วนโดยประมาณของ

เบสอะดีนีน : กวานีน : ไซโทซีน : ไทมีน คือ

ก. 29:20:20:30

ข. 20:20:29:30

ค. 30:20:29:20

ง. 20:29:20:30

2. DNA สายหนึ่งซึ่งเป็นแม่พิมพ์ในการบวนการสังเคราะห์โปรตีน ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ จำนวน 600 นิวคลีโอไทด์ จะประกอบด้วยรหัสพันธุกรรม (genetic code) อย่างมากที่สุดไม่เกินกี่รหัส?

ก. 200

ข. 300

ค. 500

ง. 600

3. ไม่แตกต่างของกรดนิวคลีอิกชนิดต่าง ๆ มีขนาดต่างกันดังนี้

ก. DNA < RNA < RNA

ข. DNA < RNA < RNA

ค. DNA < RNA < RNA

ง. < RNA < DNA < RNA

4. กรดนิวคลีอิกชนิดที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์น้อยที่สุด คือ

ก. < RNA

ข. < RNA

ค. < RNA

ง. DNA ไม่โดดเด่นเลย

5. จากการศึกษาโครงสร้างของ DNA ที่นักวิทยาศาสตร์พบว่า DNA ประกอบขึ้นด้วย

ก. A ≡ T, C ≡ G

ข. A = T, C = G

ค. A = T, C = G

ง. A ≡ C T ≡ G

6. ถ้าเราตัดพวก Protist ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ไม่ใช่พวกคลีสจะเป็นอย่างไร

ก. ตาย

ข. เกิดนิวเคลียส

ค. สังเคราะห์โปรตีนได้

ง. สามารถแบ่งเซลล์ต่อไปได้

7. นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ของกรดนิวคลีอิกมี

ก. 2 ชนิด

ข. 3 ชนิด

ค. 4 ชนิด

ง. 5 ชนิด

8. RNA พบในส่วนใดของเซลล์มากที่สุด

ก. ไรโบโซม

ข. ไซโทพลาซึม

ค. ไซโทพลาซึม

ง. ไมโทคอนเดรีย

9. สมมติว่า DNA มีส่วนของเบส T A G T A C ซึ่งจะแปลเป็นโปรตีนในการสังเคราะห์

โปรตีน ลำดับเบสของ mRNA ดังกล่าวคือ

ก. A U C A U G

ข. A U C A T G

ค. U A G U A C

ง. G C T G C A

10. ในการสังเคราะห์ glycine ปลายของ messenger RNA มีรหัสเป็น GGU ดังนั้น รหัสที่ปลายของ Transfer RNA ที่จะนำเอากรดอะมิโนในเทมเพลตมาจับจะเป็น

- ACC
- CAC
- ACG
- CCA

11. ปริมาณเบส (คิดเป็นร้อยละ) ในดีเอ็นเอของ *E. coli* มีอัตราส่วนโดยประมาณของเบสอะดีนีนกับไทซีน ใกล้เคียงกัน คือ

- 29 : 20 : 20 : 30
- 20 : 20 : 29 : 30
- 30 : 20 : 29 : 20
- 20 : 29 : 20 : 30

12. ลำดับเบสของยีน (DNA) ดังจาก mRNA อย่างใด

- tRNA เป็นสายคู่ แต่ mRNA เป็นสายเดี่ยว
- tRNA มีขนาดยาวคล้ายคลึงกับ mRNA ทั้งคู่
- tRNA สร้างในไรโบโซม แต่ mRNA สร้างในนิวเคลียส
- tRNA ไม่มีรหัส ส่วน mRNA มีรหัส

13. กรดอะมิโนที่มีอยู่ในเซลล์แล้ว ซึ่งจำเป็นและเกี่ยวข้องในการสร้างโปรตีน ได้แก่

- mRNA tRNA ribosome และ Golgi body
- mRNA tRNA ribosome และ mitochondria
- mRNA tRNA Golgi body และ mitochondria
- mRNA tRNA ribosome และ lysosome

14. ข้อใดไม่พบอยู่ในโมเลกุลของ RNA

- Adenine
- Guanine
- Cytosine
- Thymine

15. ไม่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ดีเอ็นเอกับอาร์เอ็นเอ

- DNA > tRNA > mRNA
- DNA > mRNA > tRNA
- DNA > mRNA = tRNA
- mRNA > DNA > tRNA

16. ลำดับเบสใน DNA เป็น A T A C T G ลำดับเบสใน RNA เป็น

- U A U C U G
- U A U G A C
- A U A G U C
- U A U G U C

17. ขณะที่การสร้าง mRNA ตรงตำแหน่งที่ DNA มีเบสเป็น A mRNA จะมีเบสเป็น

- G
- T
- C
- U

18. ลำดับเบสที่นำมาจากความถี่การรวมกันของ DNA ในนิวเคลียสไปสู่ไรโบโซม คือ

- tRNA
- mRNA
- rRNA
- ไรโบโซม

19. ลำดับเบสที่นำมาจากโครงสร้างของ tRNA คือ

- DNA
- mRNA
- rRNA
- ไรโบโซม

20. ถ้ากระดูกจะขึ้นแล้วคนที่ 6 ของโนสไปให้ส่งสาธิตหาของมีไม้กลบั้น มีวามันหนที่
กระดูกดำนี้จะเกิดความเป็นปกติ

ก. โรคเลือดไหลไม่หยุด

ข. โรคไขข้ออักเสบเรื้อรัง

ค. โรคไขข้ออักเสบแบบเรื้อรังเรื้อรัง

4. โรคกระดูกอักเสบเรื้อรังเรื้อรัง

21. อัตราส่วนของยีนของมนุษย์ทั้งหมดใน DNA จากตัวลาล้างได้แก่ อะตอม กวา
โน ไทนี ไปได้นั้น ตามลำดับนี้ เป็นดังนี้

ก. 27:23:28:22

ข. 27:28:22:23

ค. 23:23:27:28

4. 23:27:28:22

แผนแบบทดสอบวัดความรู้ก่อนเรียน
 ใ้ดำรงไว้และการทำงานของอัน
 ตอนที่ 2 อันคืออะไร อยู่ไหน

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

8. ยีน (Gene) คืออะไรอยู่ที่ไหน

- ในปี ค.ศ. 1909 นักวิทยาศาสตร์ วิลเฮล์ม

โจฮานเซน (Wilhelm Johannsen) เป็นบุคคล

แรกที่เรียกหน่วยเล็กๆ ที่เรียงตัวกันอยู่บนโครโม

โซม (Chromosome) ว่า...ยีน (gene) ซึ่งตรง

กับคำว่า แฟกเตอร์ (factor) ของเมนเดล

ยีนทำหน้าที่เป็นหน่วยควบคุมและทางกรรมพันธุ์ที่

จะถ่ายทอดจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน การทำงาน

ของยีน (gene) จะแสดงออกมาในรูปของเอนไซม์

ซึ่งจะไปทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึม

(Metabolism) ในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิต

โดยมีเอนไซม์หลายชนิดมาร่วมกันทำหน้าที่ในการ-

บวนการ metabolism ของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ

ยังมีอีก ... กตติยภัต ฯ

โดยยีนแต่ละตัวจะควบคุมเอนไซม์แต่ละชนิด และผล
สุดท้ายจะแสดงออกมาในรูปของโปรตีน เป็นสีในไทป์
(phenotype) ของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ดังแผนผัง

- - ยีน (gene) คือหน่วยควบคุมลักษณะใน
ทางการพันธุ หรือ สารพันธุกรรม (genetic-
material) มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม
(Chromosome) ทำหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะจาก
พ่อ-แม่ หรือบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

38. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวถึง "ยีน" ไม่ถูกต้อง

ก. หน่วยเล็กๆ ที่เรียงตัวกันอยู่บนโครโมโซม

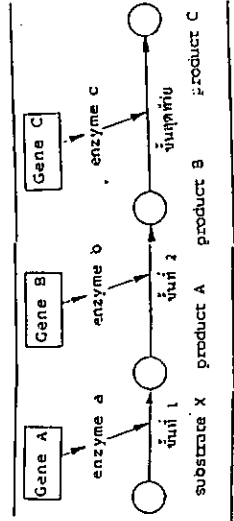
ข. คือเอ็นไซม์ซึ่งไปทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการ

การเมตาบอลิซึม

ค. การทำงานของยีนแสดงออกมาจะแสดงออก

มาในรูปของโปรตีน เป็นสีในไทป์

ง. การทำงานของยีนควบคุมความถี่ของเอนไซม์



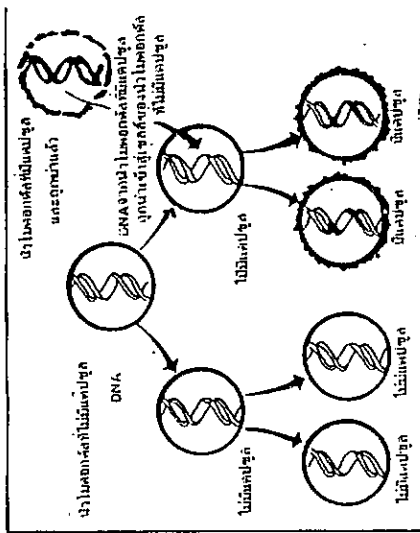
- บุคคลที่เสนอสมมติฐานว่า gene อยู่บนโครโมโซมคือ วอลเตอร์ เอส. ฮัตตัน (Walter S. Sutton) และโบเวอร์รี (Boveri)

- บุคคลที่พบว่า gene ก็คือสารประกอบเคมีพวก DNA ได้แก่ อะเวรี, แมคเลลด์ และแมคคาร์ที (O.T. Avery, C.M. McCleod and McCarty) งานส่วนใหญ่ศึกษาเกี่ยวกับแบคทีเรียพวกนิวโมคอคคัส (pneumococcus) พบว่าบางชนิดสามารถสร้างแคปซูลหุ้มเซลล์ได้ บางชนิดสร้างไม่ได้ เมื่อสกัด DNA จากแบคทีเรียที่มีแคปซูล ไปให้กับพวกที่ไม่มีแคปซูล นปรากฏว่าพวกหลังสามารถสร้างแคปซูลได้นั่นคือ DNA สามารถเปลี่ยนลักษณะพันธุกรรม ได้ (ถ่ายทอดลักษณะได้)

ยังมีอีก ๑ - - - กาดิย์ไซด์ ๗

- ตำแหน่งของยีนบนโครโมโซม เรียกว่า ไลตัส (locus)
- สิ่งมีชีวิตใดจะมี Chromosome อยู่ด้วยกันเป็นคู่ๆ เรียกว่า Alleles หรือ Allelomorphs
- 1 locus หมายถึงตำแหน่งยีน 2 ตำแหน่งที่อยู่ตรงกันบนโครโมโซม (chromosome) ยีนที่อยู่บนไลตัสเดียวกัน เรียกว่าเป็น Alleles กัน

ลองทำความเข้าใจ



แผนภาพแสดงการถ่ายโอน DNA ในแบคทีเรียจากนิวโมคอคคัส (กระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า...transformation)

- คำถาม
39. เหตุการณ์ใดที่แสดงว่า DNA สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรมได้
- ก. แบคทีเรียนิวโมคอคคัสที่มีแคปซูลผสมพันธุ์กับแบบที่เรียนิวโมคอคคัสที่ไม่มีแคปซูล ได้ลูกที่มีแคปซูล
- ข. นิวโมคอคคัสที่มีแคปซูลและไม่มีแคปซูล เมื่อถูกไวรัสที่ติดกันมาสามารถแลกเปลี่ยนลักษณะทางพันธุกรรมได้
- ค. สกัด DNA จากแบคทีเรียที่มีแคปซูล ไปให้พวกที่ไม่มีแคปซูล พวกหลังสามารถสร้างแคปซูลได้
- ง. นิวโมคอคคัสแบบไม่มีแคปซูล สามารถศึกษาการเป็นนิวโมคอคคัสแบบมีแคปซูลได้

การทดลองเพื่อแสดงว่า DNA มีส่วนเกี่ยวข้องกับ การถ่ายทอดลักษณะ

ในปี พ.ศ. 1927 เอฟ.กริฟฟิท(F.Griffith) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า ยีน (gene) ก็คือกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ชนิดหนึ่งเรียกว่า DNA โดยทำการทดลองกับแบคทีเรียพวก pneumococcus ซึ่งมี 2 สายพันธุ์ คือ

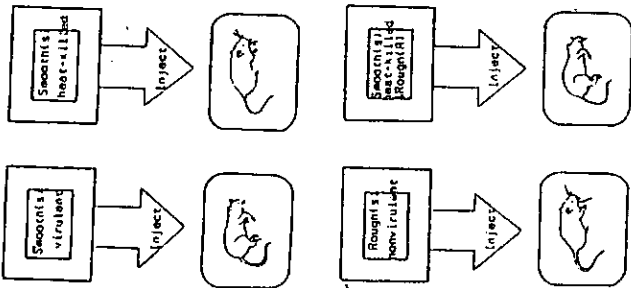
1. แบคทีเรียพวกที่สามารถสร้าง capsule ได้ จึงทำให้ผิวของกลุ่เซลล์เรียบเรียกว่าชนิด S
- เป็นพวกที่ทำให้เกิดโรคปอดบวมในหนู
2. แบคทีเรียพวกที่ไม่สามารถสร้าง capsule ได้ จึงทำให้ผิวของกลุ่เซลล์ขรุขระเรียกว่าชนิด R

ยังมีต่อ . . . กตัญญูใจ ๆ

- เป็นพวกไม่ทำให้เกิดโรคปอดบวมในหนู
ผลการทดลอง

1. แบคทีเรียชนิดสร้างแคปซูล (S) --> (ฉีด) หนู --> หนูตาย
2. แบคทีเรียชนิดไม่สร้างแคปซูล (R) --> (ฉีด) หนู --> หนูไม่ตาย
3. แบคทีเรียชนิดสร้างแคปซูล (S) -----> (ฆ่าด้วยความร้อน (ฉีด)) หนู--> หนูไม่ตาย
4. แบคทีเรีย(S) + แบคทีเรีย(R) --> (ฉีด) หนู --> หนูตาย (ฆ่าด้วยความร้อน)

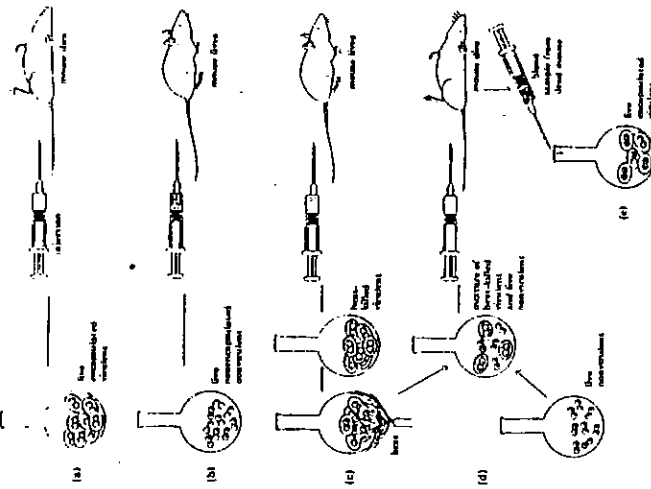
ลองทำแบบฝึกหัด



คำถาม

40. จากการศึกษาของกริฟฟิท เกี่ยวกับการแปรสภาพของแบคทีเรียโดยกระบวนการ transformation ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องที่สุด

- ก. แบคทีเรีย (S) ----> หนู ----> หนูไม่ตาย
- ข. แบคทีเรีย (R) ----> หนู ----> หนูตาย
- ค. แบคทีเรีย (R) ----> หนู ----> หนูไม่ตาย
- ง. แบคทีเรีย(S)+แบคทีเรีย(R)-->หนู-->หนูตาย



จากการทดลองดังกล่าวพบว่าแบคทีเรียพวกที่ไม่สร้างแคปซูล R ถูกแปรสภาพเป็นสายพันธุ์ชนิดสร้างแคปซูล S ได้ โดยชนิด R ได้รับ DNA มาจาก ชนิด S แต่กริยาพิพม์ที่เฉพาะนั้นว่าจะอะไรเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการแปรสภาพ (Transformation) ขึ้น -

จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1945 นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน 3 ท่าน โอ.ที.อะเวอรี (O.T. Avery) ซี.เอ็ม. แมคเคลอด (C.M. Macleod) และแฮมมอนด์ คาร์ที (H. McCarty) สามารถพิสูจน์ได้ว่ากรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ชนิด DNA เป็นตัวการชักนำให้แบคทีเรียสายพันธุ์ R แปรสภาพไปเป็นสายพันธุ์ S จึงทำให้หมุนรอบความตาย

ยังมีข้อ - - - กาดิยัใด ๆ

จึงสรุปได้ว่า

DNA เป็นสารพันธุกรรม (Genetic material) ที่สามารถแปรสภาพลักษณะทางกรรมพันธุ์ (จาก phenotype หนึ่ง เป็นอีก phenotype หนึ่ง) และสามารถถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นต่อไปได้

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

41. O.T. Avery สามารถพิสูจน์ได้ว่า กรดนิวคลีอิกชนิดหนึ่ง จึงเป็นสารพันธุกรรม สามารถทำให้ phenotype หนึ่ง เปลี่ยนไปเป็นอีก phenotype หนึ่งได้ ข้อกล่าวถึงชนิดของกรดนิวคลีอิกได้ถูกต้องที่สุด

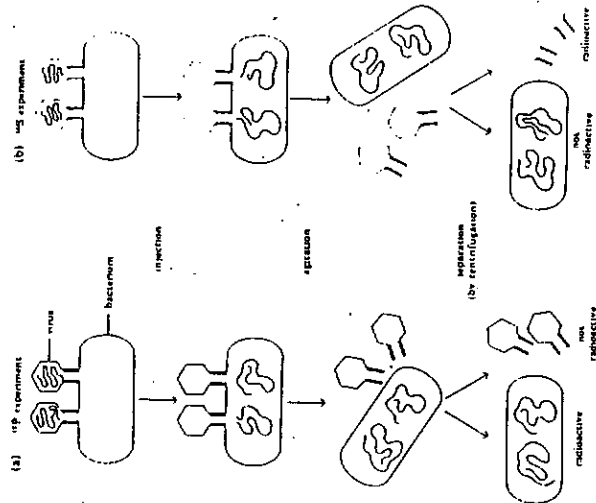
- ก. RNA
- ข. DNA
- ค. mRNA
- ง. tRNA

การทดลองเพื่อสนับสนุนว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม (Genetic material) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน คือ เอ.ดี.เฮอร์ชีย์ (A.D.Hershey) และมาร์ธา เชส (Martha Chase) ได้ทดลองเลี้ยงเฟจไวรัล (Bacteriophage หรือ เรียกย่อ ๆ phage) ซึ่งเป็นปรสิตของแบคทีเรียโดยการ label เปลือกของเฟจด้วยกำมะถันกัมมันตรังสี (35S) ส่วน DNA ทำการ label ด้วยฟอสฟอรัสกัมมันตรังสี (32P) จากนั้นเขาได้ใส่เฟจหรือไวรัสดังกล่าวให้เข้าทำการรุกราน



ยังมีต่อ . . . ภาคต่อไป

แบคทีเรีย (ซึ่งแบคทีเรียจะสลายและแตกออกในที่สุด) และเมื่อตรวจจะพบว่า 32P ของเฟจเท่านั้นที่เข้าไปอยู่ในเซลล์ของแบคทีเรีย E.Coli ส่วน 35S ยังคงอยู่ภายนอกของแบคทีเรีย แสดงว่าส่วนที่เป็น DNA ของเฟจเท่านั้นที่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรีย ส่วนโปรตีนซึ่งเป็นเปลือกหุ้มถูกทิ้งไว้แต่ข้างนอก เซลล์ของแบคทีเรียสำหรับการสังเคราะห์ส่วนประกอบต่างๆ ของเฟจขึ้นใหม่เป็นจำนวนมากและเหมือนเดิมกับที่เข้าไปทำลายแบคทีเรีย



ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ แสดงให้เห็นไวรัสที่กำลังรุกรานแบคทีเรีย (จากภาพ 130,000 เท่า)

สรุปว่า DNA เท่านั้นที่เข้าไปในแบคทีเรีย (ไม่ใช่โปรตีน) DNA จึงเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการถ่ายทอดลักษณะของเฟจไวรัสจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป

ลงท้ายแบบฉบับพิภพ

คำถาม

42. ไวรัสที่เกาะกินแบคทีเรีย ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเป็นโปรตีน และภายในเป็น DNA ส่วนที่เข้าไปทำลาย เซลล์ของแบคทีเรีย คือ

- ก. เซลล์
- ข. โปรตีน
- ค. DNA
- ง. RNA

ยังมีต่อ . . . ภาคต่อไป

ในปี ค.ศ. 1914 นักเคมีชาวเยอรมัน โรเบิร์ต เฟอร์เกน (Robert Feulgen) ได้ทำการย้อม DNA ด้วยสียา Leucofuchsin ซึ่งเป็นการยืนยันว่า DNA มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม เพราะจะติดสีม่วงแดง และจากวิธีย้อม DNA ของเฟอร์เกนทำให้สามารถวัดปริมาณของ DNA จากเซลล์ชนิดต่างๆของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน เช่น ตัว ใด ตัวอ่อน กล้ามเนื้อ ฯลฯ ส่วนในเซลล์สืบพันธุ์ (sex cell) จะมีปริมาณ DNA เป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย จากการศึกษาทำให้ทราบว่าโครโมโซม (Chromosome) มีองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ protein และ nucleic acid (DNA และ RNA)

ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

- Nucleic acid (DNA) เท่านั้นทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม (genetic material)
- โปรตีนมีส่วนร่วมกับโครโมโซม (Chromosomal protein) ทำหน้าที่ควบคุมกิจกรรมของยีนในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและหน้าที่ของเซลล์ (differentiate) การเจริญพัฒนา (development) ของตัวอ่อน ปฏิริยาฮอร์โมนหรือแม้แต่นอกกระบวนการที่ผิดปกติ (cancer cell, metabolic disease) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่..ค้นหาโครงสร้างของพันธุกรรม ซึ่งทั้งหมดนี้เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของข้อความหรือข้อมูลทางพันธุกรรม (Genetic Information)

ลองทำงานแบบฝึกหัด

คำถาม

43. โครโมโซมประกอบด้วย โปรตีน DNA และ RNA แต่ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม คือ

- ก. โปรตีน
- ข. DNA
- ค. RNA
- ง. DNA และ RNA

7. นิวเคลียสหรือไซโตพลาสซึมที่มีส่วนในการถ่ายทอดลักษณะทางกรรมพันธุ์

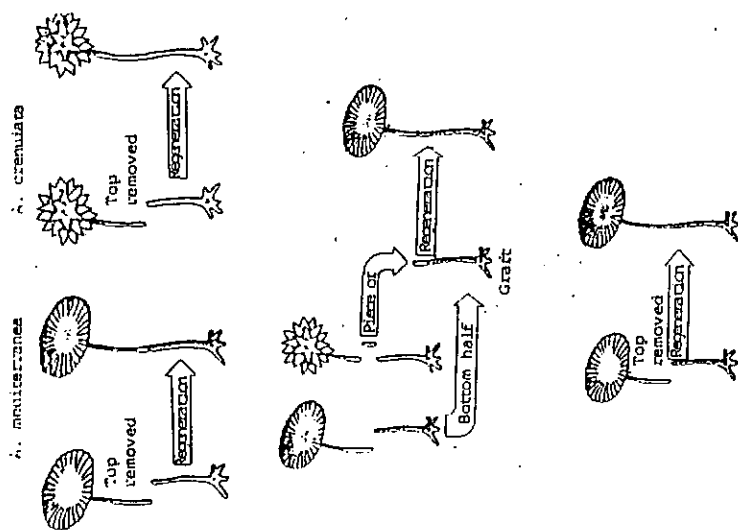
แมกซ์ ฮามเมอร์ลิง (Max Hammerling) นักชีววิทยาชาวเยอรมันได้ทดลองตัดส่วนของสาหร่ายเซลล์เดียวจากอะเซตาบูลาเรีย (Acetabularia) 2 ชนิดคือ ชนิดที่มีส่วนยอดคล้ายร่มและชนิดที่มียอดคล้ายเข็ม แล้วนำส่วนฐาน (มีนิวเคลียสอยู่) คณะชนิดใดไปต่อกับก้านของสาหร่ายแต่ละชนิด

จากการทดลองพบว่าอะเซตาบูลาเรียทั้ง 2 ชนิดมีการงอกส่วนยอดออกมา มีลักษณะของยอดเหมือนกันส่วนยอดของส่วนฐานเดิม (ก่อนที่จะตัด)

ยังมีข้อ ... กตติยวัตถุ ๗

แสดงว่านิวเคลียสน่าจะมีส่วนในการถ่ายทอดลักษณะจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อไปได้

ลองทำแบบฝึกหัด



คำถาม

44. จากการทดลองของ แมกซ์ ฮามเมอร์ลิง เมื่อตัดส่วนยอดของสาหร่ายเซลล์เดียว ชนิดคล้ายร่มไปติดส่วนฐานของชนิดคล้ายเข็ม จะได้สาหร่ายชนิดใด เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ก. สาหร่ายชนิดคล้ายร่ม เพราะ มีนิวเคลียสที่ยอดของชนิดคล้ายร่ม
ข. สาหร่ายชนิดคล้ายเข็ม เพราะ มีนิวเคลียสที่ฐานของชนิดคล้ายเข็ม

ยังมีข้อ ... กตติยวัตถุ ๗

ค. สาหร่ายชนิดคล้ายเข็ม เพราะ ชนิดคล้ายเข็มมีนิวเคลียสที่สามารถงอกยอดของชนิดคล้ายร่ม
ง. สาหร่ายชนิดคล้ายร่ม เพราะ ชนิดคล้ายร่มมีนิวเคลียสที่สามารถงอกยอดของชนิดคล้ายเข็ม

ข้อควรทราบเพิ่มเติม

นักศึกษาที่อาจได้ทำการทดลองศึกษาเซลล์ขนาดเล็ก เช่น provirus เช่น พาราไมซิเทียม ออกเป็น 2 ส่วนให้ส่วนหนึ่งมีนิวเคลียส อีกส่วนหนึ่งไม่มีนิวเคลียส สามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ระยะหนึ่ง แต่แบ่งเซลล์ไม่ได้ และจะตายในที่สุด ส่วนเซลล์ที่มีนิวเคลียสจะสามารถเจริญได้จนปกติ และแบ่งเซลล์ใหม่ต่อไปได้

หลักฐานทางชีวเคมีที่แสดงว่า DNA เป็น genetic material

ยังมีต่อไป . . . กตัญญู

1. DNA ของเชื้อไวรัสของสิ่งมีชีวิตตัวใดตัวหนึ่ง จะมีปริมาณคงที่ใกล้เคียงกันเสมอไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม อาหาร อายุหรือสภาพของเซลล์
2. พืชหรือสัตว์ต่างชนิดกันปริมาณของ DNA แตกต่างกัน เซลล์ต่างๆ จะมี DNA น้อยกว่าเซลล์ที่อยู่ยาก เช่น เซลล์แบคทีเรียจะมีน้อยกว่าของพืชและของคน
3. หลักฐานที่นำสู่การได้งานของ เมอร์สีย์ (Hershey) และเชส (Chase)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

ร. ถ้า DNA เป็น genetic material ข้อใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. DNA ของพืชต่างชนิดกัน จะมีปริมาณแตกต่างกัน เซลล์ต่างๆ จะมี DNA น้อยกว่า เซลล์ที่ห่างไกล
- ข. DNA ของเนื้อเชื้อต่างๆ ในสิ่งมีชีวิตตัวใดตัวหนึ่ง จะมีปริมาณใกล้เคียงกันเสมอไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม
- ค. DNA ของเนื้อเชื้อต่างๆ ในสิ่งมีชีวิตตัวใดตัวหนึ่ง จะมีปริมาณต่างกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม
- ง. DNA ของคนมีปริมาณมากกว่า DNA ของพืช และ DNA ของพืชมีปริมาณมากกว่า DNA ของเซลล์แบคทีเรีย

8. โครงสร้างทางเคมีของ DNA

เนื่องจาก DNA เป็นโมเลกุลขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า การศึกษาโครงสร้างของ DNA จึงต้องอาศัยประมวลหลักฐานหลายทาง เช่น หลักฐานทางชีวเคมี การชักสีลงจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และการใช้รังสีเอกซ์เรย์

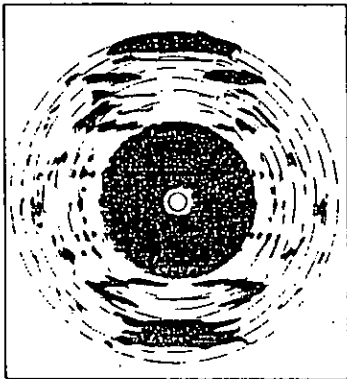
เมื่อเอสารเคมีวางขวางทางเดินของรังสีเอกซ์ จะเกิดการหักเห (เชิงลักษณะของการหักเหขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล) และปรากฏเป็นภาพขึ้นที่ฟิล์ม ทำให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถบอกลักษณะโครงสร้างของ DNA ได้

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

46. โมเลกุลของ DNA ที่เกิดการหักเหของรังสีเอกซ์ผ่าน DNA นั้น อวยกทราบว่ามีการหักเหขึ้นอยู่ด้วยอะไร

- ก. โครงสร้างของโมเลกุล
- ข. สมบัติของโมเลกุล
- ค. องค์ประกอบของโมเลกุล
- ง. ทุกข้อที่กล่าวมาทั้งหมด



ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณเบสใน

DNA ของสิ่งมีชีวิต		<ร้อยละ>			
สิ่งมีชีวิต/เบส		A	G	C	T
คน		30.9	19.9	19.8	29.4
นก		29.3	21.4	21.0	28.3
ไก่		28.8	20.5	21.5	29.2
เต่า		29.7	22.0	21.3	27.9
ปลาแซลมอน		29.7	20.8	20.4	29.1
ลิกนเดน		29.3	20.5	20.7	29.3
ยีสต์		31.5	18.7	17.1	32.9
รา (mold)		25.0	25.1	25.0	24.9
แบคทีเรีย (E.Coli)		24.7	26.0	25.7	23.6
ไวรัส (TT)		26.0	24.0	24.0	26.0

ยังมีข้อ . . . กตัญญูใด ๆ

<ร้อยละ>

สิ่งมีชีวิต/เบส	(A+G)/(C+T)
คน	1.04
นก	1.03
ไก่	0.98
เต่า	1.00
ปลาแซลมอน	1.02
ลิกนเดน	1.00
ยีสต์	1.00
รา (mold)	1.00
แบคทีเรีย (E.Coli)	1.03
ไวรัส (TT)	1.00

ยังมีข้อ . . . กตัญญูใด ๆ

ปริมาณ DNA (1/พันล้านมิลลิกรัม)

1. เซลล์ของตับ
 - สุนัข = 5.3
 - หมู = 5.2
 - ไก่ = 2.4
 - วัว = 6.4
2. เซลล์ของไต
 - ไก่ = 2.4
 - วัว = 6.4
 - หมู = 5.2

ยังมีต่อ . . . ภาคต่อไป ๆ

3. เซลล์ของตับอ่อน

- ไก่ = 2.6
- วัว = 6.6

4. เซลล์ของสุจิ

- ไก่ = 1.3
- วัว = 3.3
- ปลาคาร์ป = 1.6
- ปลาแซลมอน = 0.9

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

47. ในการเรียงลำดับปริมาณเบสใน DNA ของสิ่ง

มีชีวิตจาก มาก->น้อย คือเป็นวิธีใดถูกต้อง

- ก. คน > ปลาแซลมอน > แกะ > ไก่
- ข. คน > แกะ > ปลาแซลมอน > ไก่
- ค. คน > ไก่ > แกะ > ปลาแซลมอน
- ง. คน > แกะ > ไก่ > ปลาแซลมอน

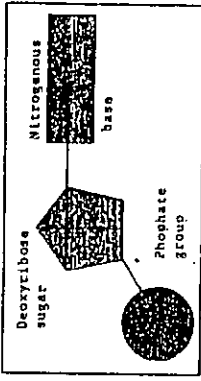
9. กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid)

กรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) มี 2 ชนิดคือ

1. DNA = Deoxyribonucleic acid (ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม)

2. RNA = Ribonucleic acid (ทำหน้าที่เกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน)

Nucleic acid แต่ละชนิดประกอบด้วยหน่วยย่อย เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)



ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

แผนภาพแสดงโครงสร้างทั่วไปของ Nucleotide ซึ่งประกอบด้วย

1. หมู่ฟอสเฟต (Phosphate Group)
2. น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar)
3. เบส (Nitrogenous base)

ลองทำแบบฝึกหัด

จากตารางสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณ DNA ในเซลล์ต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต ขึ้นอยู่กับหรือตัวใดตัวหนึ่ง จะมีปริมาณหนึ่งและใกล้เคียงกันเสมอ
2. เซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีปริมาณ DNA แตกต่างกัน โดยสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำจะมีปริมาณ DNA น้อยกว่าสิ่งมีชีวิตชั้นสูงกว่า (ปริมาณ DNA ของสิ่งมีชีวิตนี้เอง นับว่ามีประโยชน์ในการนำไปเป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ และการจัดอันดับชั้นของการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต)
3. เซลล์สืบพันธุ์จะมีปริมาณ DNA เป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย

ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

อัตราส่วนของเบสคือ (A-G)/(C-T) จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 (ทั้งนี้เพราะปริมาณของเบส A=G และ C=T)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

48. สิ่งมีชีวิตระหว่างสี่เดือนนั้น กับคุณ จะมีปริมาณ DNA แตกต่างกันอย่างไรร
- ก. สี่เดือนนั้นจะมีปริมาณ DNA มากกว่าจุด
- จ. จุดนั้นจะมีปริมาณ DNA มากกว่าสี่เดือนนั้น
- ค. สี่เดือนนั้นกับจุดนั้นมีปริมาณ DNA เท่ากัน
4. ยังสรุปไม่ได้

คำถาม

19. ใน 1 Nucleotide จะประกอบด้วยสารกี่ชนิดอะไรบ้าง

ก. 2 ชนิด คือ หมู่ฟอสเฟต และเบส

ข. 3 ชนิด คือ หมู่ฟอสเฟต , น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบส

ค. 3 ชนิด คือ หมู่ฟอสเฟต , น้ำตาลดีออกซีไรโบส และกรด

ง. 3 ชนิด คือ หมู่ฟอสเฟต , น้ำตาลฟรักโทส และเบส

อธิบาย

โครงสร้างของ Nucleotide ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก (Nucleic acid)

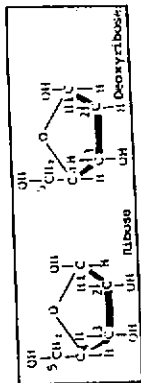
Nucleotide (นิวคลีโอไทด์) แต่ละนิวคลีโอไทด์ ประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ 3 ชนิด (พบโดย พ.เอ.เลอว์รีน (P.A. Levine)) คือ

1. Nitrogenous bases แบ่งออกได้เป็น

2 ชนิด ตามลักษณะโครงสร้างคือ

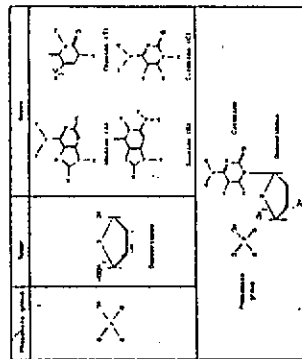
ก. พิวรีน (Purines) เป็นเบสที่มี 2

วงแทน มี 2 ชนิดคือ adenine (A) และ guanine (G)



ยังมีอีก ... กัดคล้ายๆ

ข. ไพริมิดีน (Pyrimidines) เป็นเบสที่มีวงแทนเดียวมี 2 ชนิดคือ Cytosine (C) และ thymine (T) (สำหรับใน RNA ไม่ปรากฏว่ามี thymine แต่จะพบ base อีกชนิดหนึ่งคือ Uracil (U) อันมีโครงสร้างคล้ายกับ thymine)



ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

50. เปรียบ DNA และ RNA แยกต่างกันอย่างใด

ก. DNA = AGCT ส่วน RNA = AGCU

ข. DNA = AGCU ส่วน RNA = AGCT

ค. DNA = AGCU ส่วน RNA = ATCU

ง. DNA = ATTU ส่วน RNA = AGCT

เปรียบเทียบส่วนประกอบของ Nucleotide

ของ DNA และ RNA	
ส่วนประกอบ	DNA
Base-	- Purine + adenine (A) + guanine (G) - Pyrimidine - thymine (T) - cytosine (C)
Sugar	deoxyribose
Phosphate group	phosphate
ตำแหน่งที่อยู่	ในนิวเคลียส, ในไซโทพลาซึม, คลอโรพลาสต์
หน้าที่ภายในเซลล์	ถ่ายทอดลักษณะ
ถูกย่อยโดยเอนไซม์	DNase

ยังมีต่อ . . . กตัญญูใด ๆ

ส่วนประกอบ	RNA
Base-	- Purine + adenine (A) + guanine (G) - Pyrimidine - uracil (U) - cytosine (C)
Sugar	ribose
Phosphate group	phosphate
ตำแหน่งที่อยู่	ไซโทพลาซึม, นิวคลีโอลัส, ไรโบโซม
หน้าที่ภายในเซลล์	สังเคราะห์โปรตีน
ถูกย่อยโดยเอนไซม์	RNase

ลองทำแบบฝึกหัด

2. Sugar (น้ำตาล) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. Deoxyribose sugar = เป็นน้ำตาล ribose ที่มีอะตอมของออกซิเจนจำนวน 1 อะตอม (พบใน DNA)

ข. Ribose sugar = เป็นน้ำตาลโมลกุลเดี่ยวที่มี C อะตอม 5 อะตอม มาเรียงต่อกันเป็นสาย (พบใน RNA)

3. Phosphate group ประกอบด้วยอะตอมของฟอสฟอรัสซึ่งมีอะตอมของออกซิเจน 4 อะตอมเกาะล้อมรอบอยู่โดยรอบ

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

51. ข้อใดบอกความแตกต่างของน้ำตาล Deoxy-ribose sugar และ Ribose sugar ได้ดีและถูกต้องที่สุด

ก. Deoxyribose พบใน DNA, Ribose พบใน RNA

ข. Ribose พบใน DNA มีโครงสร้างเหมือนกัน

ค. Deoxyribose อะตอมของออกซิเจนขาดไป 1

ตัว Ribose sugar มี carbon อะตอม 5 อะตอม

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค

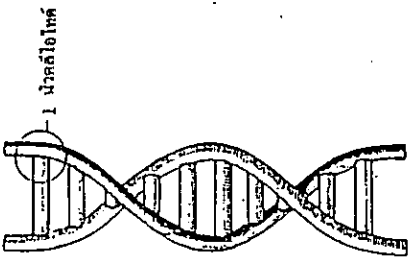
คำถาม

52. DNA เป็นสารพันธุกรรมซึ่งมีหน้าที่ถ่ายทอดลักษณะ จะอยู่ส่วนไหนของ
- ก. นิวเคลียส, ไซโตพลาสซึม, คลอโรพลาสต์
 - ข. ไซโตพลาสซึม, นิวคลีโอลัส, ไรบิโอโซม
 - ค. นิวเคลียส, ไมโทคอนเดรีย, คลอโรพลาสต์
 - ง. นิวเคลียส, ไมโทคอนเดรีย, นิวคลีโอลัส

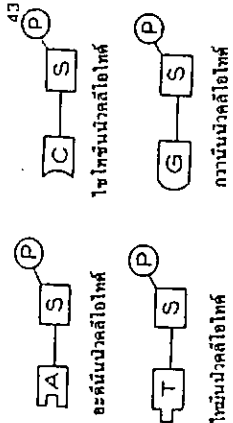
10. โครงสร้างของ DNA (Waston-Crick model structure of DNA)

จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามียีนลักษณะที่สำคัญคือ

- 1. ไม่ว่าจะเป็น DNA จากสิ่งมีชีวิตชนิดใด ปริมาณของเบส purine และ pyrimidine ใน DNA เหล่านี้จะเท่ากันเสมอ
- 2. ปริมาณของ adenine จะเท่ากับ thymine (A=T) และปริมาณของ guanine จะเท่ากับ Cytosine (G=C)
- 3. อัตราส่วนระหว่าง A+G คือ T+C หรือ A+C คือ T+G จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 เสมอ (ผู้พบคือ Chargaff)



รูปแบบโครงสร้างของ DNA



ลองทำแบบฝึกหัด

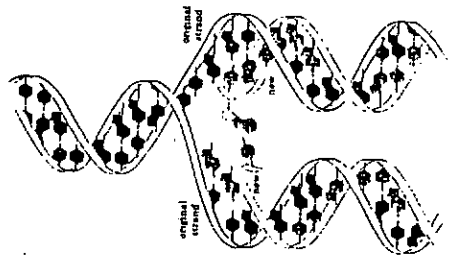
คำถาม

53. ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. ใน DNA Purine = Pyrimidine
- ข. A = T, G = C
- ค. $(A+G)/(T+C) = (A+C)/(T+G) = 1$
- ง. A = G, C = T

รูปแบบนิวคลีโอไทด์ 4 ชนิด

J.D. Watson และ F.H.C. crick
 เจมส์ ดี.วัตสัน ชาวอเมริกัน และฟรานซิส เอช.
 ซี.คริก ชาวอังกฤษ) ได้เป็นผู้เสนอโครงสร้าง
 ของ DNA (อาศัยความรู้ที่ได้จากการศึกษาของรัง
 สือเอกที่ผ่าน DNA และปริมานของเบส) โดย
 เสนอว่า DNA นั้นมีรูปร่างเป็น...Double helix
 (2 สายพันกันคล้ายบันไดเวียน) ทั้งนี้เกิดจากสาย
 polynucleotides 2 สายพันกัน อาจกล่าว
 เปรียบเทียบได้คือ ลำดับของ phosphate-sugar
 -phosphate เป็นเสมือนตัวบันได ส่วน bases 2
 ชนิด ที่จับเกาะกันภายในเปรียบเสมือนขั้นบันได (A
 จับกับ T โดยมี H 2 อะตอมเป็นตัวเชื่อม ส่วน G
 จับกับ C มี H 3 อะตอมเป็นตัวเชื่อม)



ลองทำแบบฝึกหัด

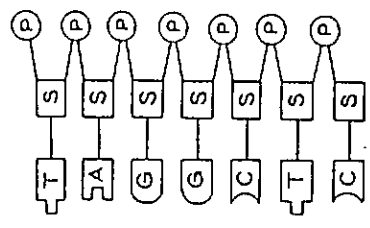
คำถาม

54. DNA มีลักษณะเป็น 2 สายพันกันคล้ายบันได
 เวียน โดยมี phosphate sugar phosphate
 ตัวที่ทำหน้าที่เป็นขั้นบันได คือ อะไรบ้าง

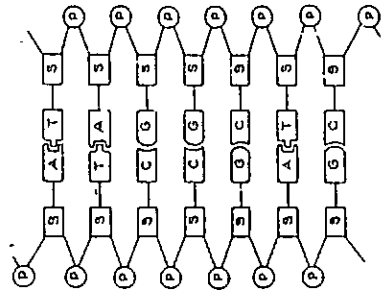
- ก. A-H-H-C, C-H-H-G
- ข. T-H-H-A, C-H-H-G
- ค. A-H-H-T, C-H-H-H-G
- ง. A-H-T, C-H-H-H-G

สรุปโครงสร้าง DNA จากแผนภาพ

1. DNA ประกอบด้วย polynucleotide 2
 สายพันกันคล้ายบันไดเวียน
2. ทิศทางของสายทั้ง 2 จะมีทิศทางสลับกัน
3. ในแต่ละสายประกอบด้วย นิวคลีโอไทด์
 หลายโมเลกุลมาเกาะกัน โดยมี deoxyribose
 sugar และ phosphate group เป็นแกน
 (นิวคลีโอไทด์ของสายเดียวกัน เชื่อมกันโดยหมู่
 พอสเฟต)
4. เบสที่จับกันอยู่ด้านใน จะทำมุมตั้งฉากกับ
 แกน โดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวของพันธะไฮโดรเจน
 (H-bond) คือ A=T และ G=C เท่านั้น



แปลผลการเกาะกันของสายโพลีนิวคลีโอไทด์



แปลผลนิวคลีโอไทด์ สองสายเชื่อมกันระหว่าง

1. สามารถจำลอง (duplicate) ตัวเองได้
2. สามารถช่วยในการควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนได้

ข้อควรทราบเพิ่มเติม

- การที่ชาร์กาฟ (Chargaff) สามารถบอก
 ได้ว่าอะดีนีน (A) จับคู่กับไทมีน (T) และไซโต
 สีน (C) จับคู่กับกวานีน (G) อาศัยจากปริมาน
 ของเบส กล่าวคือเบสที่มีปริมาณเท่ากันย่อมจับคู่กัน
- ผลจากการศึกษาภาพ การหักเหของรังสี

ยังมีข้อ ... กตัญญูไว้

เอกซ์ (x-rays diffraction) ทำใหทราบว่
โมเลกุลของโปรตีน และ DNA มีลักษณะคล้ายกัน
คือ ต่างก็มีลักษณะเป็นสายเกลียว (helix)

- โมเลกุลของ DNA ยาวมากหลายพัน Å
(Angstrom) น้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า
2,000,000 และมี nucleotide ไม่ต่ำกว่า
20,000 หน่วย

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

55. ข้อใดเป็นคำกล่าวที่มีความจริงที่สุด

ก. แกนของนิวคลีโอไทด์ ของ DNA
ประกอบด้วย deoxyribose sugar
และ phosphate เป็นแกน

ข. DNA สามารถจำลองตัวเองได้

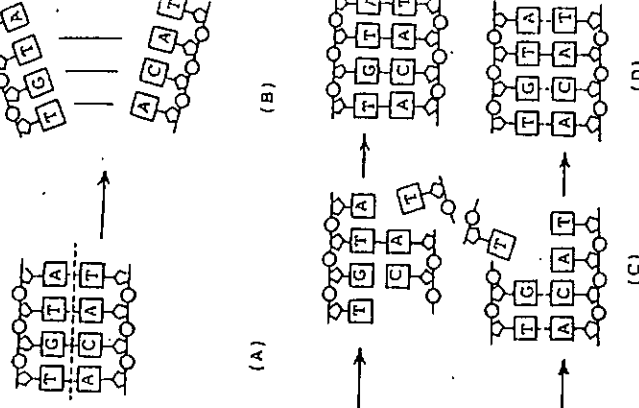
และสร้างเพราะห่อโปรตีน

ยังมีข้อ . . . กตติยชาติ ฯ

ค. บอกว่า DNA มีลักษณะเป็นเกลียว เพราะ
จากภาพถ่ายโมเลกุลของ DNA ด้วย X-ray
diffraction

ง. DNA และ RNA มีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาด
เล็กประกอบด้วยสาย nucleotide พันกันทิศทาง
ของสายทั้งสองไปทางเดียวกัน

11. ขบวนการสร้าง (จำลอง) โมเลกุลของ DNA
(Duplication หรือ Replication) แบบกึ่ง
อนุรักษ์ (Semiconservative duplication)



ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

56. ขบวนการสร้าง DNA ใหม่ที่เหมือนกับ DNA
เดิมทุกประการ ที่เรียกว่า Replication หรือ
Duplication มีการเริ่มต้นในข้อใดก่อน

- ก. H-bond แตกออกจากกัน
- ข. nitrogenous bases แยกออกจากกัน
- ค. สาย nucleotide คลายเกลียวออก-
จากกัน
- ง. สาย nucleotide หดตัวสั้นลง

12. ขบวนการสังเคราะห์ RNA

(Transcription)

กระบวนการสร้าง RNA จะเกิดขึ้นในนิวเคลียสด้วย เรียกว่า ทรานสคริพชั่น (transcription) กระบวนการเริ่มโดย H-bond ที่ยึดระหว่างเบสของ DNA แยกหลุดออกจากกัน จึงทำให้สาย DNA ช่วงใดช่วงหนึ่งแตกแยกออก ต่อมาจะมี nucleotide เข้าเกาะกับสาย DNA ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ โดยเบสที่เข้าเกาะกับเบส A (adenine) ของ DNA คือ U (uracil) ส่วนน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของ nucleotide จะเป็น Ribose sugar (ของ DNA เป็น deoxyribose sugar)

ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

แผนภาพแสดงการบวนการถอดรหัส (DNA สร้าง RNA)
สร้าง RNA)
- ถ้า DNA มีเบส A RNA จะเป็นเบส U
- ถ้า DNA มีเบส T RNA จะเป็นเบส A

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

58. ขบวนการสังเคราะห์ RNA (Transcription) เกิดขึ้นที่ใด และเบสที่เข้าเกาะกับเบส A ของ DNA คือเบสอะไรของ RNA

- เกิดขึ้นที่ นิวคลีโอลัส, เบส U
- เกิดขึ้นที่ นิวเคลียส, เบส U
- เกิดขึ้นที่ ไมโทคอนเดรีย, เบส U
- เกิดขึ้นที่ โกลโกซอม, เบส T

เมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีการแบ่งตัว DNA จะเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 2 เท่า กระบวนการสร้าง DNA ใหม่ที่เหมือนกับ DNA เดิมทุกประการ เรียกว่า Replication หรือ Duplication กระบวนการเริ่มโดย H-bond แยกออกจากกัน สาย nucleotide คลายเกลียวออกจากกัน nitrogenous bases ซึ่งจับคู่กันอยู่จะแยกออกจากกัน จะมีการสร้างสาย nucleotide ขึ้นมาใหม่ 2 เส้น ซึ่งจับกับเส้นเดิมแต่ละเส้นที่แยกจากกัน เบสบนสาย nucleotide ใหม่จะต้องเป็นเบสที่ความเฉพาะตามคู่ คือ A=T และ G=C เสมอ ผลคือ จะมี double strand DNA ขึ้น 2 ชุด โดยมีสายเดิม 1 สาย เป็นแม่พิมพ์และสร้าง

ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

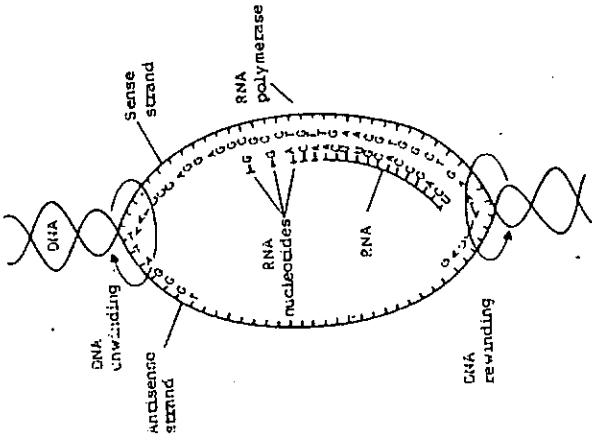
สายใหม่ (polynucleotide) ขึ้นมาอีกหนึ่งสาย (กระบวนการจำลอง DNA ใหม่เกิดขึ้นในส่วนของนิวเคลียส)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

57. ผลที่ได้จากขบวนการ Replication นั้น มีลักษณะตามข้อใด

- มี nitrogenous bases เพิ่มขึ้นอีก 1 คู่
- มี double strand DNA ขึ้น 2 ชุด
- H-bond ถูกทำลายไป
- ไม่มีข้อถูก



แผนภาพแสดงกระบวนการถอดรหัส

(DNA สร้าง RNA)

- ถ้า DNA มีเบส A RNA

จะเป็นเบส U

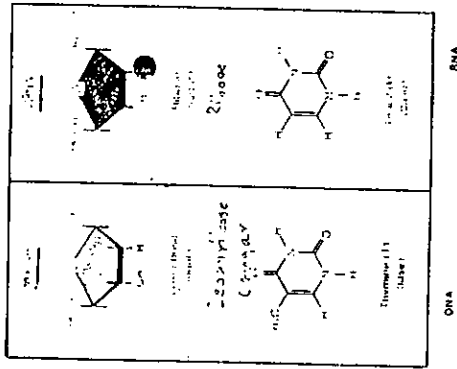
- ถ้า DNA มีเบส T RNA

จะเป็นเบส A

13. RNA (Ribonucleic acid)

RNA (Ribonucleic acid) เป็นสารที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างคล้ายกับ DNA แต่มีลักษณะแตกต่างที่สำคัญ คือ

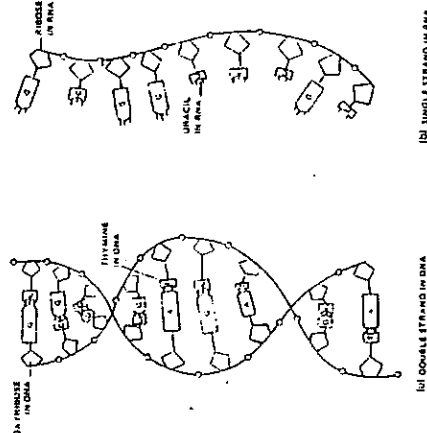
1. น้ำตาล pentose ของ RNA เป็นชนิด ribose ส่วนของ DNA เป็นชนิด deoxyribose
2. Nitrogenous base ในขณะที่ pyrimidine ของ RNA เป็น cytosine (C) และ uracil (U) ส่วนของ DNA เป็น cytosine (C) และ Thymine (T) (Purines เหมือนกัน คือ adenines และ guanine)



- คำถาม
59. RNA เป็นสารที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างคล้ายกับ DNA แต่ข้อที่แตกต่างกันคือ
- ก. RNA เป็นอนุที่มีรูปร่างเป็นสายคู่ (double strand) ส่วน DNA เป็นสายเดี่ยว (Single Strand)
- ข. RNA พบเพียงบางแห่งของเซลล์
- ค. น้ำตาล pentose ของ RNA เป็นชนิด Ribose ส่วนของ DNA เป็นชนิด deoxyribose
- ง. น้ำตาล glucose ของ RNA เป็นชนิด Ribose ส่วนของ DNA เป็นชนิด deoxyribose

ยังมีข้อ . . . กตติยใด ๆ

3. RNA เป็นอนุที่มีรูปร่างเป็นสายเดี่ยว (single strand) ส่วน DNA เป็นสายคู่ (double strand)
4. RNA อาจพบในแทบทุกส่วนของเซลล์ (ใน nucleus และ cytoplasm) ในขณะที่ DNA พบเฉพาะใน Chromosome เท่านั้น
5. ปริมาณของ G กับ C และ A กับ U ไม่เท่ากัน ซึ่งเห็นว่า bases เหล่านี้ไม่ได้รับคู่กัน RNA จึงมีรูปร่างเป็นสายเดี่ยวมากกว่าสายคู่ (ยกเว้น RNA ของไวรัสบางพวกก็มีลักษณะเป็นสายคู่)



ลองทำแบบฝึกหัด

แผนภาพแสดงความแตกต่างระหว่าง DNA กับ

RNA

(a) DNA เป็น 2 สายเกลียว มีเบส A=T,

C=G

(b) RNA เป็น 1 polynucleotide มีเบส

U แทน T (น้ำตาลของ RNA เป็นน้ำตาลไรโบส)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

80. จากภาพข้อใดต่อไปนี้ เป็นข้อแตกต่างระหว่าง

DNA กับ RNA

ก. DNA เป็น 2 สายเกลียว

RNA เป็น 1 polynucleotide

ข. DNA มีเบส A=U, C=G

RNA มีเบส U แทน T

ค. DNA เป็นน้ำตาล Sucrose

RNA เป็นน้ำตาล Ribose

ง. ถูกทุกข้อ

ชนิดของ RNA (ribonucleic acid)

RNA มีหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน อันได้

ของ nucleotides ของ mRNA จะเป็นตัวกำหนด

อันดับของ amino acid ใน polypeptides -

ความสัมพันธ์ระหว่าง DNA และ polypeptide

เกิดจากการเชื่อมโยงของ RNA ทั้งนี้เพราะ DNA

นั้นจะมีการเคลื่อนที่ออกนอกนิวเคลียส แต่ A.E.-

Hilsky พบว่า การสร้างโปรตีนเกิดขึ้นใน cyto-

plasm เป็นส่วนใหญ่ และ Zamcenik พบต่อไปว่า

การสร้างโปรตีนเกิดขึ้นที่ ribosome ใน cyto-

plasm

RNA แต่ละประเภททำงานมีลักษณะต่างกัน ในการ

บวนการสร้างโปรตีนนั้นอาจแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

ยังมีต่อไป - - - กตติยวิไล ฯ

1. messenger RNA (m-RNA) คือ RNA ที่

ทำหน้าที่รับคำสั่ง นำรหัส หรือถอดรหัสจาก DNA

(ลอกอันดับของ nucleotide ของ DNA) ที่อยู่

ในโครโมโซม มาให้ ribosome ที่อยู่ใน

cytoplasm เพื่อเป็นแม่พิมพ์ในการสังเคราะห์

โปรตีน (เป็นแบบที่จะ code การละมีโนในการ

บวนการสร้างโปรตีน) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ

10,000-1,000,000 ประกอบด้วย nucleotide

ประมาณ 73-3,000 หน่วย

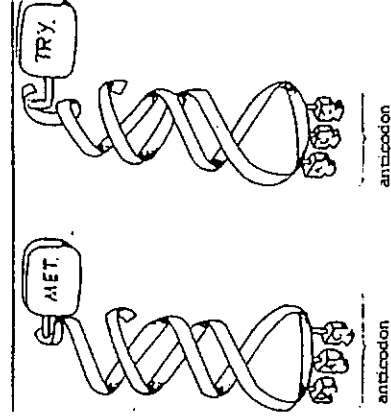
อธิบายเพิ่มเติม

- วิธีการกลั่นลำดับ nucleotide ของ DNA

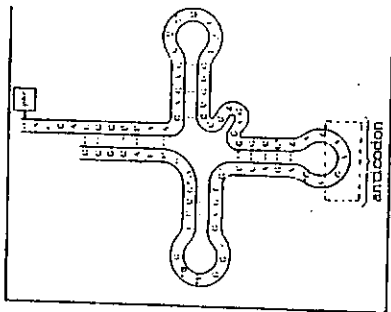
เกิดขึ้นโดย m-RNA ที่วิ่งออกจาก nucleus ไปยัง

ribosome เรียกว่าได้ว่า m-RNA รับคำสั่ง

ยังมีต่อไป - - - กตติยวิไล ฯ



2. transfer RNA (t-RNA) คือ RNA ที่ผลิตขึ้นจาก DNA ในนิวเคลียสทำหน้าที่รับส่งหรือนำกรดอะมิโนมายัง ribosome เพื่อต่อกันเป็นสายของโปรตีน หน้าที่ของ t-RNA จะสิ้นสุดลงเมื่อปล่อย amino acid ดังกล่าวให้ ribosome เรียบร้อยแล้ว) เป็น RNA ที่มีขนาดเล็กที่สุด มีแหล่งกำเนิดจาก DNA ในนิวเคลียส ประกอบด้วย nucleotide ประมาณ 79-95 นิวคลีโอไทด์ polynucleotide มีการพับทบเข้าหากัน 2-3 ครั้ง รูปร่างคล้ายดอกจิก มีเบสจับคู่กัน เช่น A=U และ C=G โดยมีปลายข้างหนึ่งสิ้นสุดด้วยเบส ACC



- จาก Gene ไปส่งให้ ribosome เพื่อให้ ribosome สร้างโปรตีนตามชนิดที่ gene กำหนด (แต่ต้องไม่ลืมว่า gene จะแสดงลักษณะออกมาตามชนิดของโปรตีนที่มีเป็นค่าควบคุมในการสร้างโดยเฉพาะ)
- t-RNA ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโนบนสายของโปรตีน จึงถือได้ว่าเป็นตัวกำหนดโครงสร้างของโปรตีน (จากการศึกษาพบว่าเซลล์ใดที่มี t-RNA มาก จะมีกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนมากด้วย)
- t-RNA ถือว่าเป็นสื่อกลางระหว่าง DNA และโปรตีน

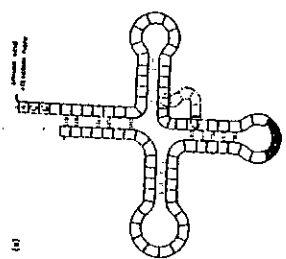
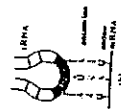
ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

61. ในการสร้างโปรตีนซึ่งเกิดที่ไรโบโซม ไซโต

พลาสซึมตัวที่ทำหน้าที่ถอดรหัสจาก DNA คือ

- gene
- mRNA
- DNA
- Amino acid



ยังมีต่อ . . . กตติย ๖๓

แปลว่าจะมีอะไรมาเกาะ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะเป็นเบส G (กวานีน) เสมอ) นอกจากนี้ยังมีเบสอิสระ เรียกว่า anticodon (ซึ่งจะไปจับคู่กับ codon ของ m-RNA ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน)

3. ribosomal RNA (r-RNA) คือ RNA ที่ประกอบประกอบของ ribosome มีมากที่สุดประมาณ 50% ของทั้งหมด เข้าใจว่ามีความเกี่ยวข้องกับการให้ m-RNA ไปจับกับ ribosome ในการสร้างโปรตีน (r-RNA จะอยู่กับไรโบโซมที่มีการเคลื่อนย้าย แต่ m-RNA จะวิ่งอยู่ระหว่าง ribosome และ DNA)

ยังมีต่อ . . . กตติย ๖๓

นั่นคือ r-RNA > โปรตีน -> Ribosome r-RNA
ที่มีโมเลกุลใหญ่มาก มีน้ำหนักโมเลกุลสูงประมาณ
35,000-1,100,000 ประกอบด้วย nucleotide
ประมาณ 100-3,100 หน่วย

สรุป จากการศึกษาขนาดของโมเลกุล

r-RNA > m-RNA > l-RNA

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

๑2. l-RNA กำหนดที่จับสังเคราะห์กรดอะมิโนมาซึ่งไรโบโซมเพื่อต่อกันเป็นสายของโปรตีน ส่วน r-RNA กำหนดที่ได้

ก. ใช้งานระหว่าง Ribosome และ RNA

ข. ถอดรหัส DNA

ค. รับส่งกรดอะมิโนไปยังไรโบโซม

ง. ดัง m-RNA เปรียบกับ Ribosome

14. พุทธสมมติและการทำงานของอินทรีย์ DNA (สำหรับนักเรียน)

พุทธสมมติต้องการพัฒนารูปแบบ DNA มี 3 ประการ คือ

1. สามารถจำลองตัวเองได้ (duplication หรือ replication) ขณะเซลล์มีการแบ่งตัวระยะ interphase ทั้งแบบ mitosis และ meiosis

2. ความสามารถในการสับเปลี่ยน โดยที่ DNA เป็นแม่พิมพ์ และถอดรหัสให้แก่อาร์เอ็น (m-RNA)

3. มีการเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างถาวร (mutation) และสามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้

ยังมีอีก ... กตติยชาติ

แผนภาพแสดงหน้าที่ของ DNA และ RNA

กระบวนการ 1 คือ DNA จำลองตัวเอง เรียกว่า duplication เกิดใน Nucleus ขณะเซลล์มีการแบ่งตัว (ระยะ interphase)

กระบวนการ 2 คือ การถอดรหัส (DNA สร้าง RNA) เรียกว่า Transcription เกิดใน Nucleus เพื่อเซลล์จะมีการสังเคราะห์โปรตีน (ระยะ interphase)

กระบวนการ 3 คือ การแปลรหัส (RNA สร้างโปรตีน) เรียกว่า Translation เกิดในส่วนของ Cytoplasm (ระยะ interphase)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

63. กระบวนการใดที่ไม่ใช่กระบวนการสังเคราะห์

โปรตีน

ก. Duplication

ข. Tranlocation

ค. Transcription

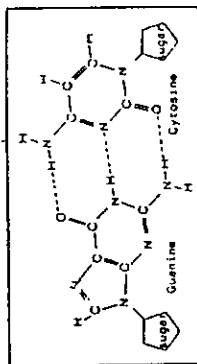
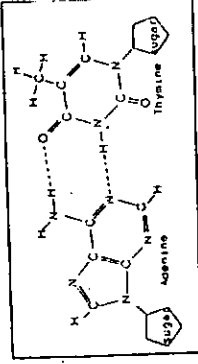
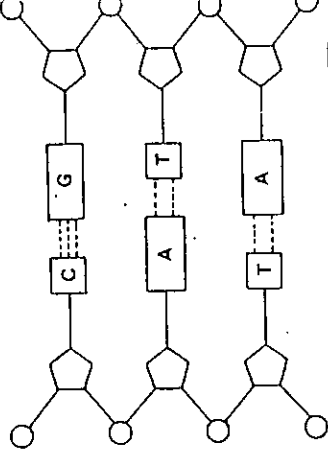
ง. Translation

15. ขบวนการจำลองตัวเอง DNA

(Replication หรือ Duplication)

DNA สามารถจำลองตัวเอง โดยขณะที่กำลังจำลองได้สายโพลีนิวคลีโอไทด์ใหม่เข้าสู่กับสายเดิม ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ ช่วงที่เรียกว่า.. Replication แต่เมื่อ DNA จำลองตัวเรียบร้อยแล้ว ได้ DNA เกิดขึ้น 2 โมเลกุล ที่เหมือนเดิมทุกประการ เรียกการจำลองตัวเองนี้ว่า.. Duplication

กระบวนการจำลองตัวเองของ DNA ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์มีการแบ่งตัวทั้งแบบmitosis และmeiosis (ระยะ Interphase) กระบวนการเริ่มโดย H-bond ที่จับระหว่างเบสของสองสายของโพลีนิวคลีโอไทด์จะ



ยังมิทัน . . . กตัญญูใด ๆ

แตกหลุดหรือผละหลกจากกัน ทำให้สายของโพลีนิวคลีโอไทด์แยกออกจากกันเหมือนรูขี้ฉี่ขย่นขยจะ มีนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ใหม่ เข้าจับโดยเข้าคู่ (complement) กับสายเดิม โดยมีเบสบนสายโพลีนิวคลีโอไทด์ใหม่เข้าจับกับเบสของโพลีนิวคลีโอไทด์ของสายเก่าอย่างเฉพาะเจาะจง คือ A=T และ C=G ผลสุดท้ายจะได้โมเลกุลของ DNA ใหม่ 2 โมเลกุล (2 ชุด) โดยแต่ละโมเลกุล ประกอบด้วยโพลีนิวคลีโอไทด์สายเดิมจับกับโพลีนิวคลีโอไทด์สายใหม่ การจำลองตัวเองนี้เรียกว่า แบบกึ่งอนุรักษ์ (semiconservative duplication)

ยังมิทัน . . . กตัญญูใด ๆ

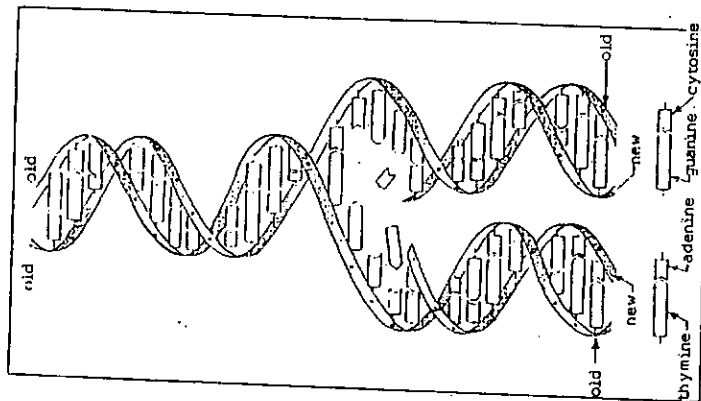
แผนภาพแสดงการจับเกาะกันของเบสกับนิวคลีโอไทด์ของสายตรงข้ามโดย A จับเกาะกับ T ด้วยพันธะไฮโดรเจน 2 แขน ส่วน C จับเกาะกับ G ด้วยพันธะไฮโดรเจน 3 แขน [A=T ของ C=G]

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

64. การจำลองตัวเองของ DNA มีลักษณะเหมือนรูฉีก โดยสายโพลีนิวคลีโอไทด์ ที่พันเป็นเกลียวจะแยกจากกัน เริ่มเกิดขึ้น ณ จุดใดก่อน

- ก. phosphate แผลจากกัน
- ข. Sugar แผลจากกัน
- ค. H-bond แผลจากกัน
- ง. Nucleotide แผลจากกัน



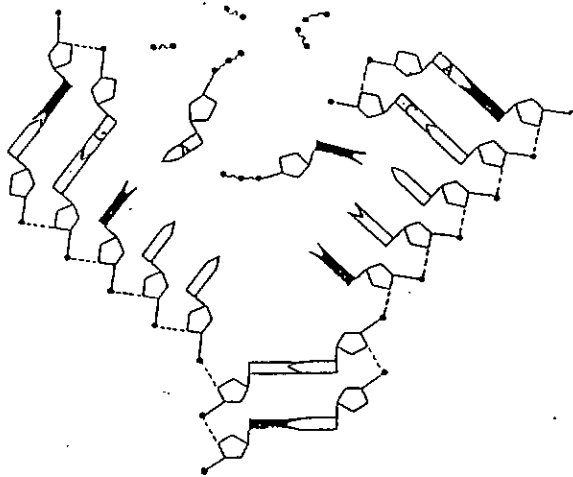
ข้อควรทราบเพิ่มเติมเกี่ยวกับการผ่า

- กระบวนการจำลองตัวเอง DNA แบบกึ่งอนุรักษ์ (Semiconservative duplication) เป็นแบบที่ยอมรับกันมากที่สุด ดังการทดลองของ เอ็ม. เมสเซลสัน (H. Meselson) และ เอฟ. ดับบลิว. สตาห์ล (F.W. Stahl) โดยการเลี้ยงแบคทีเรีย E. coli ในอาหารที่มีสารประกอบของธาตุกันมันดริงส์ไนโตรเจน (15N) จน DNA ของทุก ๆ โมเลกุลประกอบด้วย N จากนั้นเอาแบคทีเรียดังกล่าวกลับไปยังในอาหารที่มีสารประกอบของธาตุไนโตรเจนปกติ (14N) แล้วปล่อยให้แบคทีเรียมีการแบ่งเซลล์ต่อไปเพียง 1 รุ่น พบว่าแบคทีเรียมีการจำลอง DNA ในอาหารที่มี 14N จะ

ยังมีอยู่ 2 ... 4

มีสายโพลีนิวคลีโอไทด์ผสม โดยมี DNA สายเก่าประกอบด้วย 15N ส่วนสายใหม่ประกอบด้วย 14N และเมื่อปล่อยให้แบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารที่มี 14N แบ่งตัวต่อไปครั้งที่ 2 จะได้โมเลกุลของ DNA ที่ประกอบด้วยสายโพลีนิวคลีโอไทด์ผสมครึ่งหนึ่ง และอีกครึ่งหนึ่งประกอบด้วย 14N เท่านั้น

ลองทำแบบฝึกหัด



รูปแสดง DNA เริ่มแยกออกจากกัน พอยกกันนั้น มี base sugar และ PO₄ group อันใหม่ เพิ่มขึ้น

คำถาม

65. ถ้าปล่อยให้แบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารที่มี ^{14}N แบ่งตัวต่อไปครั้งที่ 2 จะได้โมเลกุลของ DNA อย่างไร

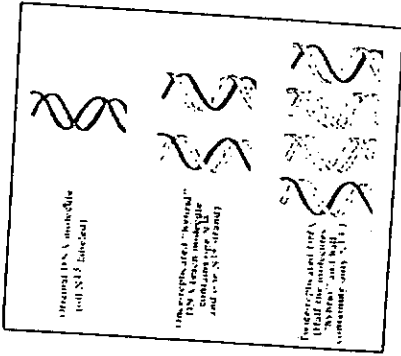
ก. DNA ผสมครึ่งหนึ่งและอีกครึ่งหนึ่งประกอบด้วย ^{14}N เท่านั้น

ข. DNA ผสมครึ่งหนึ่งและอีกครึ่งหนึ่งประกอบด้วย ^{15}N เท่านั้น

ค. DNA ที่ประกอบด้วย ^{14}N และอีกสายที่ได้ DNA ที่ประกอบด้วย ^{14}N

ง. DNA ผสมทั้ง 2 สาย

แผนภาพแสดงการจำลองตัวเองของ DNA แบบ Semiconservative duplication ตามการทดลอง และ Stahl (สายฟอสฟอรัสไอโซทอปส์) คำเป็น ^{15}N ส่วนสายลิวงเป็น ^{14}N)



ดร. อาร์เทอร์ คอรน์เบอร์ก (Dr. Arthur Kornberg) สามารถแยกเอนไซม์ชนิดหนึ่งออกมา และศึกษาทำให้ทราบว่าเอนไซม์ดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการสร้าง DNA ขึ้น เอนไซม์นี้คือ ดี.เอน.เอ.โพลีเมอเรส (DNA polymerase) และทำให้ยืนยันแบบจำลองของ DNA ของ Watson และ Crick ว่า 2 polynucleotide ของ DNA จะต้องมีส่วนหัวและ

ยังมีมีต่อ . . . กตติยวิไล ๗

ส่วนหาง โดยมีทิศทางการเรียงตัวสลับกัน คือ 1/3 และ 1/5 ปัจจุบันพบว่าการจำลอง DNA เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันหลายแห่งบนสายฟอสฟอรัสไอโซทอปส์ โดยจำลองเป็นสายสั้น ๆ ตลอดสายเดิมแล้ว จะมีเอนไซม์ชนิดหนึ่ง (ligase) มาเชื่อมสายสั้น ๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน กลายเป็น polynucleotide สายยาวและเดิม (เอนไซม์ ligase นี้พบโดย ดร.อาร์ โอคาซากิ (Dr. R. Okazaki))

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

66. เอนไซม์ที่กระตุ้นให้เกิดการสร้าง DNA ขึ้นคือ

- ก. lipase
- ข. lactase
- ค. DNA polymerase
- ง. DNA ligase

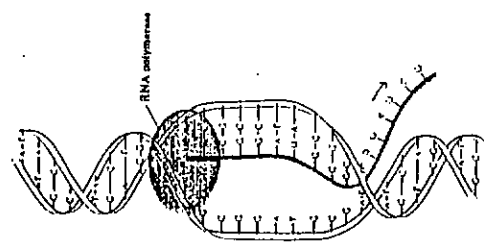
18. จำนวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ mRNA (Transcription)

DNA ไม่สามารถสังเคราะห์ไปสิ้นสุดโดยตรง แต่ DNA สามารถถอดรหัสไปให้แก่ mRNA (messenger RNA) กระบวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ RNA โดยอาศัย DNA เป็นแม่พิมพ์ เรียกว่า ทรานสคริปชัน (Transcription) โดยอาศัยเอนไซม์ชื่อ... RNA polymerase (อาร์ เอน เอ พอลิเมอเรส) - กระบวนการเริ่มโดย H-bond ที่ยึดระหว่างนิวคลีโอไทด์ของ DNA จะแตกหลุด ทำให้สายเกลียวแยกออกจากกันโดยช่วงหนึ่งของสาย DNA โดยมีนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ใหม่ เข้าเกาะกับสาย DNA ที่เป็นแม่พิมพ์นั้น

ยังมีต่อไป ... กอดด้วยใจ

โดยมีเบส uracil (U) เข้าเกาะกับเบส adenine (A) ของสาย DNA ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ ส่วนเบส cytosine จะเข้าเกาะกับเบส guanine (G) เหมือนสาคู่ของ DNA นอกจากนี้ nucleotide ของ RNA ยังประกอบด้วย น้ำตาลไรโบส (ribose sugar) ซึ่งของ DNA เป็น น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar)

แผนภาพแสดงการถอดรหัสจาก DNA สายล่าง ให้แก่ mRNA



แผนภาพแสดงการถอดรหัสจากสาย DNA สายล่าง RNA สายบน DNA แม่พิมพ์ให้เส้นเบสของ DNA ทำให้อาซอตของ DNA แยกออกจากกัน มีการสร้างสาย RNA ใหม่ให้ DNA แม่พิมพ์เป็นแม่แบบ จากนั้น DNA จะเกาะกับกับแม่พิมพ์และไรโบสใหม่ เบส RNA สายเดี่ยวจะวิ่งไปหาลูกของ DNA ที่ตรงกัน จะสร้างสายของแม่พิมพ์ให้คู่กับ DNA แม่พิมพ์เป็นแม่แบบ

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

67. ขบวนการถอดรหัสของ DNA ให้แก่ mRNA โดยอาศัย DNA เป็นแม่พิมพ์และปลายเอ็นไซม์อะไร

- ก. DNA ligase
- ข. RNA polymerase
- ค. mRNA ligase
- ง. tRNA polymerase

17. RNA (Ribonucleic acid)

RNA (Ribonucleic acid) เป็นกรดนิวคลีอิกที่เกิดขึ้นจาก nucleotide มาจับเกาะกันเป็นสายยาว (polynucleotide) คล้าย DNA แต่มีลักษณะแตกต่างที่สำคัญ คือ

1. น้ำตาลของ RNA (Pentose sugar = 5C) เป็นน้ำตาลของไรโบส (ribose sugar) ส่วนน้ำตาลของ DNA เป็นดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar)
2. เบสของ RNA ในอะดีนีน pyrimidine base เป็น C กับ U (uracil) ส่วนของ DNA เป็น C กับ T (thymine) (เบสชนิดพิวรีน purine base) เหมือนกัน คือ adenine และ

ยังมีต่อ . . . กตติยภัต ฯ

guanine]

3. RNA เป็นสาย polynucleotide สายเดี่ยว (single strand) ส่วน DNA เป็นสาย polynucleotide 2 สายพันกันคล้ายบันไดเวียน (double helix)

4. ปริมาณเบสของ RNA คือ C ไม่เท่ากับ G และ A ไม่เท่ากับ U แต่ปริมาณเบสของ DNA จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน (การที่ปริมาณเบสของ RNA ไม่เท่ากัน นี้ให้เห็นว่า base เหล่านี้ไม่ได้จับคู่กัน RNA จึงมักมีรูปร่างเป็นสายเดี่ยวมากกว่าสายคู่ (ยกเว้น RNA ของไวรัสบางชนิดจะมีลักษณะเป็นสายคู่)]

5. RNA อาจพบได้ทั่วไปในทุก ๆ ส่วนของ

ยังมีต่อ . . . กตติยภัต ฯ

เซลล์ทั้งในนิวเคลียส และไซโทพลาสซึม ในขณะที่
ส่วนในห่อหุ้มไมโทคอนไดรียในนิวเคลียส และ
อาจพบได้ใน organelles บางอย่างเช่น...
Mitochondria Chloroplast

ลองทำแบบฝึกหัด

- คำถาม
68. ข้อใดเป็นคำกล่าวที่ถูกต้องที่สุด ระหว่างความ
แตกต่างของ RNA กับ DNA
- ก. น้ำตาลในโมเลกุลของ DNA เป็นชนิด
ribose แต่ใน RNA เป็นชนิด deoxyribose
- ข. ในโมเลกุลของ RNA เบส C=G และ
A=U แต่ใน DNA C=G และ A=T
- ค. RNA เป็น polynucleotide สายเดี่ยว
แต่ DNA เป็น polynucleotide สองสายพันกัน
- ง. DNA มี pyrimidine base เป็น C กับ U
ส่วน RNA มี pyrimidine base เป็น C กับ T

ชนิดของ RNA (Ribonucleic acid)

RNA (Ribonucleic acid) แบ่งออกเป็น
3 ชนิด ตามโครงสร้างและหน้าที่ เนื่องจาก RNA
แต่ละชนิดมีน้ำตาลโมเลกุล และการเรียงตัวของ
เบสแตกต่างกัน (RNA ทั้ง 3 ชนิดสร้างมาจาก
DNA ในนิวเคลียส โดยกระบวนการถอดรหัส
(transcription) หน้าที่สำคัญของ RNA คือ...
ทำให้เกิดการสังเคราะห์โปรตีน เป็นตัวกลาง
เชื่อมโยงระหว่าง DNA กับ polypeptide
(สายโปรตีน)

RNA แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

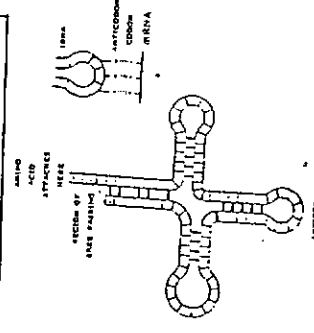
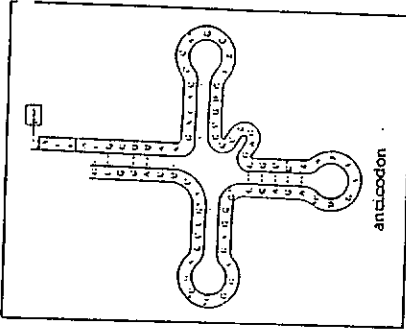
1. Transfer RNA (t RNA) เป็น RNA ที่
มีขนาดเล็กที่สุด แต่ละโมเลกุลประกอบด้วย นิวคลี

ยังมีต่อไป - - - กตติยชาติ

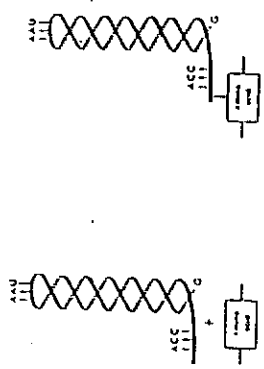
โพอต์ประมาณ 70-80 นิวคลีโอไทด์ สร้างมา
จาก DNA ในนิวเคลียสมีรูปร่างคล้ายดอกจิก เนื่องจาก
จากสาย polynucleotide มีการเรียงพันกัน
และเบสมีการจับคู่กัน เช่น A=U และ C=G โดยมี
ปลายข้างหนึ่ง (ข้าง 3') สิ้นสุดลงด้วยเบส ACC
(นับจากปลายเข้ามา) ซึ่งปลายหนึ่งมีกรดอะมิโน
เกาะ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่ง (ข้าง 5') เป็น
เบสกวานีน (G) เสมอ นอกจากนี้ยังมีเบสอิสระ
เรียก anticodon ซึ่งมีเบส 3 ตัว ซึ่งจะจับ
กับ codon ของ mRNA

หน้าที่ของ tRNA ... นำกรดอะมิโนที่อยู่ในไซ
โทพลาสซึมมาจับ ribosome เพื่อต่อกันเป็นสาย
โปรตีน (polypeptide) ซึ่งอาจเรียกว่า tRNA

ยังมีต่อไป - - - กตติยชาติ



- รูป ก. แสดงแผนภาพของ tRNA
รูป ข. แสดงการถอดรหัส (Codon)
จากสาร RNA โดยหน่วยแปลรหัส
(Anticodon) จากสาย tRNA



APT, Amino acid-activating enzyme

ว่าเป็น RNA ล้วน หรือ RNA จนส่ง

แผนภาพแสดงโครงสร้างของ t RNA ซึ่งมีปลายข้างหนึ่ง (เขามือ) สิ้นสุดด้วยเบส ACC นำกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง (phe) และมีอีกปลายหนึ่งเป็นก้าน (G) มี anticodon เป็น GAA [t RNA ดังกล่าวแยกออกจากกันจากเซลล์ของยีสต์]

อธิบายแบบมีภาพ

คำถาม

69. เนื้อของ tRNA คืออะไร

ก. นำกรดอะมิโนในพลาสมาโดยลำตัวมายัง ribosome เพื่อต่อกันเป็นสายโปรตีน

ข. นำกรดอะมิโนในไซโทพลาซึมมายัง ribosome เพื่อต่อกันเป็นสายโปรตีน

ค. นำ polypeptide ในไซโทพลาซึมมายัง ribosome เพื่อต่อกันเป็นสายโปรตีน

ง. นำ polypeptide ในพลาสมาโดยลำตัวมายัง ribosome เพื่อต่อกันเป็นสายโปรตีน

2. Messenger RNA (m RNA) หรือ Remplate RNA เป็น RNA ที่สร้างจาก DNA ในนิวเคลียส มีลักษณะเป็นสายยาว ประกอบด้วย nucleotide หลายพัน nucleotide (อาจถึง 3,000 nucleotide)

หน้าที่ของ m RNA... นำรหัสหรือถอดรหัสพันธุกรรม (genetic code) จาก DNAMายัง Ribosome ที่อยู่ใน cytoplasm เพื่อเป็นแม่พิมพ์ในการบวนการสังเคราะห์โปรตีน ดังแผนภาพการทำงานข้างล่าง คืออธิบายเพิ่มเติม

- วิธีการถอดรหัสจาก DNA ให้แก่ m RNA เกิดโดย DNA แดกลายเกลียวออกข้างใดข้างหนึ่ง

ยังมีต่อ... กตติย ๖๓

จากนั้น nucleotide ใหม่ เข้าแนบชิดกับ DNA ที่เป็นแม่พิมพ์โดยไรโบไซม์ (RNA polymerase) เป็นตัวช่วย โดยเบสมีการจับกันอย่างเฉพาะเจาะจง ดังตัวอย่าง

- m RNA อาจกล่าวได้ว่าเป็นตัวรับคำสั่งจาก gene (DNA) มาส่งให้ ribosome เพื่อให้ ribosome สร้างโปรตีนตามที่ขึ้นกำหนด (แต่ต้องไม่มีว่า gene จะแสดงลักษณะออกมาตามชนิดของโปรตีนที่ขึ้นเป็นตัวควบคุมในการสร้าง โดยเฉพาะ) โดยถือได้ว่า m RNA เป็นตัวกำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโนในสายโปรตีน (polypeptide) และถือได้ว่า m RNA เป็นสื่อกลางระหว่าง DNA กับโปรตีน

ยังมีต่อ... กตติย ๖๓

- การเรียงตัวของเบส (base sequence)

ของ ๓ RNA จะเหมือนกับเบสของสาย polynucleotide ของ DNA ที่ ๓ RNA ก่อตัวให้รหัสรับคำสั่งมา (ยกเว้นที่โคเดเบสบน DNA เป็น T เบสบน ๓ RNA จะเป็น U แทน เนื่องจากเบสของ RNA ไม่มี T)

- เบสที่คู่กัน ๓ RNA เช่น UAG, CCG, UAU เรียกว่า Codon (DNA เช่น ATC, GGC, ATA ก็เรียกว่า Codon)

- เราอาจเรียก ๓ RNA ว่าเป็น RNA อ่านสาร หรือ RNA นำรหัส

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

70. ข้อใดไม่สัมพันธ์กับ ๓RNA

ก. ๓RNA กำหนดการเรียงตัวของกรดอะมิโนในสายโปรตีน

ข. ๓RNA เป็นสื่อกลางระหว่าง DNA กับโปรตีน

ค. ๓RNA ไม่ได้รับคำสั่งจาก สลอโอะ เพื่อให้ ribosome สร้างโปรตีน

ง. ๓RNA นำรหัสหรือกรดที่จับคู่กันมาจาก

DNA

3. Ribosomal RNA (r RNA) เป็น RNA

ที่มีมากที่สุดภายในเซลล์ เป็นส่วนประกอบของออร์แกเนลล์ ribosome และเป็นชนิดที่พบก่อนชนิดอื่น ๆ มีโมเลกุลใหญ่ที่สุด ประกอบด้วย nucleotide ประมาณ 100-3,100 หน่วย โดย r RNA + โปรตีน -> Ribosome

หน้าที่ r RNA... เข้าใจว่าเป็นตัวควบคุมให้ ๓ RNA มาพาดหรือแตะกับ ribosome (จึงถือว่า เป็นศูนย์กลางของการสังเคราะห์โปรตีน) ในตำแหน่งที่ถูกต้องแน่นอน

สรุปขนาดโมเลกุลจากใหญ่ -> เล็ก

DNA > r RNA > ๓ RNA > t RNA

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

71. ข้อใดถูกต้องที่สุดในการสังเคราะห์โปรตีนขึ้น

มาก

ก. DNA ในนิวเคลียสจะสร้าง ๓-RNA ขึ้น

ข. DNA ในนิวเคลียสจะสร้าง r-RNA ขึ้น

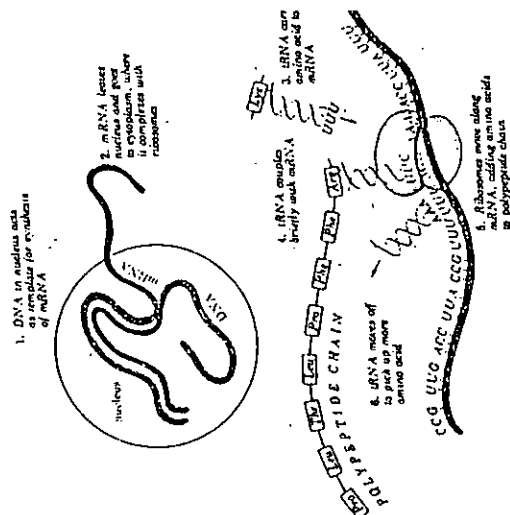
ค. ๓RNA เคลื่อนออกจากนิวเคลียสเข้ามาในไซโตพลาสซึม

ง. r-RNA จับกับ ribosome

18. DNA กับขบวนการสังเคราะห์โปรตีน

สรุปขั้นตอนต่าง ๆ ของการสังเคราะห์โปรตีน

1. DNA ในนิวเคลียสจะสร้าง ๓-RNA ขึ้น
2. ๓-RNA เคลื่อนออกจากนิวเคลียสเข้ามาในไซโตพลาสซึมและเข้ามารวมกับ ribosome
3. แต่ละ code (ชนิด triplet = มีเบส 3 ตัว เรียกว่า genetic code) บน ๓-RNA จะเลือกชนิดของการต่อมีโนอย่างเฉพาะเจาะจงที่ t-RNA นำมาซึ่ง ribosome
4. Ribosome จะเคลื่อนที่ไปตาม ๓-RNA (เพื่อรวบรวมการต่อมีโนจาก t-RNA)
5. t-RNA นำกรดอะมิโน (amino acid) จะเชื่อมกันเป็นสายยาวกลายเป็นโมเลกุลของโปรตีนในที่สุด



ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

72. ข้อใดคือหน้าที่ของ rRNA ที่ถูกต้องที่สุด

- ก. นำกรดอะมิโน
- ข. ควบคุมให้ ๓RNA มาพาดและกับ ribosome
- ค. จับ ribosome
- ง. เป็นศูนย์กลางการสังเคราะห์ DNA

รูปแสดงแผนภาพของการสร้างโปรตีน ซึ่งถูกควบคุมด้วย DNA ในนิวเคลียส

แบบทดสอบหลังเรียน

ประจำตอนที่ 2

เรื่อง

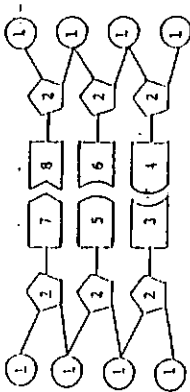
ยีนคืออะไร อยู่ที่ไหน

จำนวน 21 ข้อ

ข้อที่ 2 เรื่อง ยีน คืออะไร อยู่ที่ไหน

ข้อนี้ จะเลือกตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

จงศึกษาแผนภาพต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1 และ 2



1. นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) ประกอบด้วยหน่วยเลขตามข้อใด

ก. 1,2,7 ข. 8,9,4

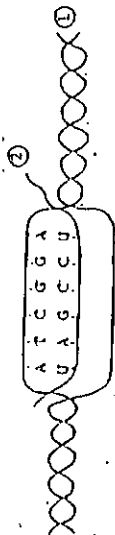
ค. 2,1,2 ง. 2,5,8,2

2. ถ้าหมายเลข 3 คือ adenine หมายเลข 5 ควรเป็น

ก. guanine ข. cytosine

ค. thymine ง. uracil

จงศึกษาแผนภาพต่อไปนี้



3. กระบวนการศึกษานี้เรียกว่า และหมายเลข 1 และ 2 ในแผนภาพหมายถึงอะไร

ก. duplication 1 และ 2 DNA และ RNA

ข. replication 1 และ 2 DNA และ RNA

ค. replication 1 และ 2 RNA และ DNA

ง. transcription 1 และ DNA และ RNA

4. จากการศึกษาโครงสร้างของสารพันธุกรรม โปรตีน พบว่าประกอบด้วยกรดอะมิโน จำนวน

51 อะมิโน ดังนั้น จะต้องมียาบาง nucleotide ของ DNA ในการสังเคราะห์ นิวคลีโอไทด์ อย่างไร

- ก. 50 nucleotide
- ข. 100 nucleotide
- ค. 155 nucleotide
- ง. 200 nucleotide

5. หน่วยพื้นฐานที่ใช้ศึกษาพันธุศาสตร์ (replication) ในการถ่ายโอนยีนคืออะไร

- ก. gene
- ข. virus

ค. bacteria

ง. chromosome

6. จากการศึกษา acetabularia โดยการตัดเอาส่วนของเซลล์หนึ่งมาต่อกับอีกส่วนของเซลล์อีกชนิดหนึ่ง ทำให้ทราบว่า

- ก. อะเซตาบิวลาเรีย มี 2 Species
- ข. สารพันธุกรรมมีอยู่ในนิวเคลียส

ค. เซลล์ไม่สามารถเติบโตได้ถ้าไม่มีนิวเคลียส

ง. ส่วนฐานของเซลล์ควบคุมลักษณะของเซลล์

7. ถ้าสายหนึ่งของ DNA มีเบสเรียงลำดับคือ A C G T A C G T อีกสายหนึ่งจะมีเบสเรียงกันอย่างไร

ก. U G C A U G C A

ข. T G C A T G C A

ค. A C G T A C G T

ง. T A C G T A C G

8. รหัสพันธุกรรมจะแสดงว่าประกอบด้วยเบสกี่ตัว

ก. 1 ตัว

ข. 2 ตัว

ค. 3 ตัว

ง. 4 ตัว

9. ถ้าลำดับเบสของ DNA เป็น 5'-ATCG-3' ลำดับเบสของ mRNA คือ

- ก. UAGT
ข. UAGC
ค. ATCG
ง. TUGC

10. นอกจากกรดอะมิโนที่อยู่ในเรตูลัมแล้ว สิ่งที่ใช้และเกี่ยวข้องกับสร้างโปรตีน ได้แก่

- ก. m RNA t RNA ribosome และ Golgi body
ข. m RNA t RNA ribosome และ mitochondria
ค. m RNA t RNA Golgi body และ mitochondria
ง. m RNA t RNA ribosome และ lysosome

11. การสังเคราะห์ tRNA เกิดขึ้นใน

- ก. นิวเคลียส
ข. ไมโทคอนเดรีย
ค. ไซโทพลาซึม
ง. เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม

จงศึกษาข้อความข้างล่างแล้วตอบคำถาม

เมื่อนำเบสทีเรีย จำนวน 6 โมเลกุลคัสติก C ซึ่งสามารถสร้างแคปซูลได้ และชนิด B ซึ่งไม่สร้างแคปซูลมาเชื่อมในอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย จึงทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว ปรากฏ

ผลการทดลองในเวลาต่อมาดังนี้

เริ่มทดลอง

ชนิด C
ที่ตายแล้ว

ไม่มีการเจริญเติบโต

ผลการทดลองในเวลาต่อมา

II

ชนิด B
ที่มีชีวิตอยู่

เชื้อตายและเชื้อสดรวมกัน

III

ชนิด B ที่ยังมี
ชีวิตอยู่กับชนิด C ที่
ตายแล้ว

ชนิด B สร้างแคปซูลได้

12. การทดลองนี้ ผู้ทดลองมีมติฐานอย่างไร

- ก. แคปซูล สำคัญต่อการขยายตัวของแบคทีเรีย
ข. อาหารที่เลี้ยงแบคทีเรีย ไม่เหมาะกับแบคทีเรียชนิด B มากกว่า
ค. แบคทีเรีย ชนิด B น่าจะรับสารบางอย่างจากชนิด C ที่หมดการสร้างแคปซูล
ง. ในอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย มีสารที่ทำให้แบคทีเรีย B สร้างแคปซูลได้

13. ในการสังเคราะห์ Glycine ปลายของ t-RNA มีรหัสเป็น GGU ดังนั้น รหัสที่ปลาย

ของ Transfer RNA ที่จะนำกรดอะมิโนไปให้โปรตีนจะต้องเป็น

- ก. AGC
ข. CAC
ค. AUG
ง. CCA

14. mRNA สร้างขึ้นมาจาก

- ก. tRNA ในไซโทพลาซึม
ข. tRNA ในไฮโดรลาลิซึม
ค. DNA ในไมโทคอนเดรีย
ง. DNA ในนิวเคลียส

15. การดัดแปลงอีกยีนหนึ่งที่มีจำนวนนิวคลีโอไทด์น้อยที่สุด คือ

- ก. mRNA
ข. rRNA
ค. tRNA
ง. DNA

16. ข้อใดต่อไปนี้แสดงลำดับการทำงานที่ถูกต้องมากที่สุด

- ก. DNA $\xrightarrow{\text{transcription}}$ mRNA $\xrightarrow{\text{translation}}$ Protein
- ข. DNA $\xrightarrow{\text{transcription}}$ mRNA $\xrightarrow{\text{translation}}$ Protein
- ค. Protein $\xrightarrow{\text{transcription}}$ DNA $\xrightarrow{\text{translation}}$ mRNA
- ง. Protein $\xrightarrow{\text{transcription}}$ DNA $\xrightarrow{\text{translation}}$ mRNA

17. ไรโบไซม์เป็นเชื้อโรคของแบคทีเรีย (แบคทีเรีย) ไรโบไซม์เป็นโปรตีนที่เรียกว่าไรโบไซม์

- ก. จัดโปรตีนเข้าไปในเซลล์แบคทีเรีย
- ข. จัด DNA หรือ RNA เข้า
- ค. จัดไรโบไซม์เล็ก ๆ เข้าไปโดยอัตโนมัติในเซลล์แบคทีเรีย
- ง. จัดกลุ่มไวรัสเข้าไปในเซลล์แบคทีเรีย

18. ถ้าลำดับของเบสบน DNA เป็น TTCCCA ถ้าลำดับเบสบน mRNA ที่สร้างขึ้นโดยใช้ DNA นั้นเป็นแม่แบบ จะเป็น

- ก. AAGCGT
- ข. AAGCGU
- ค. UUGCGT
- ง. UUGCGU

19. ส่วนประกอบบน DNA แต่ไม่มีบน RNA คือ

- ก. น้ำตาลดีออกซีไรโบส
- ข. น้ำตาลไรโบส และเบสไพริมิดีน
- ค. น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสพิวรีน
- ง. น้ำตาลดีออกซีไรโบส และเบสไพริมิดีน

20. ถ้ามีงานอะไรที่ต้องใช้พลังงานมากที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

- ก. เมตาบอลิซึมของไขมัน
- ข. สังเคราะห์โปรตีน
- ค. สังเคราะห์ ATP
- ง. เมตาบอลิซึมของกลูโคส

21. ไรโบไซม์เป็นโปรตีนที่มีคุณสมบัติของ RNA ซึ่งสามารถจะทำงานร่วมกับเซลล์ด้วยวิธี

- ก. คาร์โบไฮเดรต
- ข. โปรตีน
- ค. ไขมัน
- ง. เกลือแร่

แบบทดสอบวัดความรู้เชิง
โครงสร้างและการทำางอื่น
ตอนที่ 2 ยืนยงระร อู่กัทน

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

ตอนที่ ๓

การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

แบบทดสอบก่อนเรียน

ประจำตอนที่ ๑

เรื่อง

การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

จำนวน ๑ ข้อ

6. หลักฐานที่ยืนยันว่า DNA เป็นสารที่ได้จากการศึกษา

- การสังเกตการเกิดฮิมาเวเตชัน
 - การเปลี่ยนแหล่งรวมการกระจายในเซลล์นิวคลีโอไมรา
 - การเปลี่ยนแหล่งรวมการกระจายในแบคทีเรีย
 - การถ่ายยีนของยีนโดยมีเจลกับเพิ่ม
7. ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน เมสเซนเจอร์ RNA จะทำหน้าที่ประกบกับกลุ่มเบส AGU ในสาย 3 RNA
- ICA
 - UCA
 - GAC
 - GGA
8. ฟังก์ชันของไรโบโซมในเซลล์ อาจทำได้เป็นระยะเวลาดังนี้
- เพราะฟังก์ชันของไรโบโซม ทำปฏิกิริยากับกรดไขมัน เมลลันในเซลล์นิวคลีโอไมรา
 - เพราะฟังก์ชันของไรโบโซม เปลี่ยนโครงสร้าง DNA บางส่วนในเซลล์นิวคลีโอไมรา
 - ไม่เกิดขึ้น เพราะมีขนาดของโปรตีนเป็นระยะเวลาดังนี้
 - อาจจะเกิดเฉพาะกับชนิดของโปรตีน เพราะมีขนาดของโปรตีนต่างกัน
9. สมบัติทางเคมีที่ไม่ใช่โปรตีนของโปรตีน
- ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีเฉพาะที่เฉพาะที่
 - ทำปฏิกิริยาเคมีกับกรดไขมัน-ฟอสเฟต
 - ทำปฏิกิริยาเคมีกับกรดไขมัน-ฟอสเฟต
 - ไม่มีสมบัติเฉพาะที่เฉพาะที่

แบบทดสอบ ก่อนเรียน เพื่อวัดความรู้

ตอนที่ 3 เรื่อง การแบ่งลักษณะของสิ่งมีชีวิต

1. โครงสร้างของเซลล์ที่มีแหล่งกำเนิดในการสร้างโปรตีน คือ

- Ribosome
- Nucleolus
- Chromosome
- Mitochondria

2. การสังเคราะห์ DNA จะเกิดขึ้นเมื่อใด

- เมื่อเริ่มแบ่งเซลล์
- เมื่อเซลล์มีขนาดเล็กลง
- เมื่อเซลล์เริ่มสังเคราะห์ RNA
- สามารถสังเคราะห์ได้ตลอดเวลา

3. ข้อใดต่อไปนี้แสดงว่าลำดับการทำงานไม่ถูกต้อง

- RNA → DNA → โปรตีน
- DNA → RNA → โปรตีน
- RNA → โปรตีน → DNA
- DNA → โปรตีน → RNA

4. ในจำนวน 4 ชนิดที่กล่าวถึงข้างต้นเป็นคู่ที่เกี่ยวกับ genetics น้อยที่สุดคือ

- การออกแบบทางพันธุศาสตร์
- การคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุ์ที่ผลิตขึ้น
- การเกิดสิ่งมีชีวิต species ต่าง ๆ มากมายในโลก
- การเกิดคนที่ยีนโครโมโซมต่างกัน

5. การคัดเลือกพันธุ์หนึ่งมีตนเองเกิดขึ้นเพราะอะไร

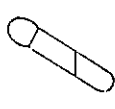
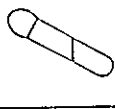
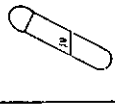
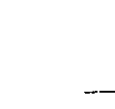
- ยีนตัวเดียว
- ยีนตัวเดียวที่มีแหล่งกำเนิดร่วมกันเองในสายพันธุ์
- ยีนตัวเดียวที่มีแหล่งกำเนิดร่วมกันเองในสายพันธุ์
- ยีนตัวเดียวที่มีแหล่งกำเนิดร่วมกันเองในสายพันธุ์

แบบทดสอบความรู้ก่อนเรียน
โครงสร้างและการทำงานของดิน
ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

1. ก	2. ก	3. ง	4. ง	5. ค
6. ค	7. ข	8. ข	9. ก	

19. การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

- บีเคิล(George W. Beadle) และเดเดน (Edward L. Tatum) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะผิดปกติบางอย่างของเชื้อรา Neurospora สุ่ม เป็นชื่อว่า "one gene-one enzyme" ซึ่งหมายความว่า 1 ยีน จะควบคุมการสร้าง และ หมายควาว่า 1 ยีน 1 ผลิตภัณฑ์โปรตีน และ ลักษณะของเอนไซม์เพียง 1 ชนิด ทั้งนี้เพราะเอนไซม์มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ทางกรรมพันธุ์ โดยจะช่วยให้มีการสังเคราะห์สารที่จำเป็นแสดงลักษณะทางพันธุกรรม (ต่อมาถูกยีนนี้ถูกค้นลงไป เพราะพบว่า hemoglobin 1 hemoglobin ประกอบไปด้วย 2 chain(อยู่คนละ polypeptide) จึงพบว่า มี 2 gene คือ 1 hemoglobin นั้นคือ

สารอาหารเริ่มต้น +ซัลไฟต์	สารอาหารเริ่มต้น -ซัลไฟต์	สารอาหารเริ่มต้น -กรดอะมิโนอื่นๆ	สารอาหารเริ่มต้น -กรดอะมิโนอื่นๆ
			

แผนภาพการทดลองของบีเคิล และเดเดน

ยังมีข้อ - - - - - กาคีส์ ๖๒ ๖

Gene 1 Gene สร้าง polypeptide ได้ 1 เส้น จึงคาดถึงเป็นทว่า One Gene-One Polypeptide

- นอกจากนั้นเขาได้ทดลองฉายรังสีเอกซ์ไปยังรานิวโรสปอร์รา ที่สามารถขึ้นงอกงามในสารอาหารขั้นต่ำ (สารละลายเจือจางของซูโครส ในเครด กลีเซอรอลอื่น ๆ และวิตามินบีโอติน) แล้วนำไปเพาะในสารอาหารสมบูรณ์ (สารอาหารขั้นต่ำซึ่งเติมกรดอะมิโนทุกชนิดลงไปประมาณ 20 ชนิด) ปรากฏว่าราเจริญงอกงามดี แต่เมื่อนำสปอร์ของมัน ซึ่งโดยฉายรังสีเอกซ์ไปเพาะในสารอาหารขั้นต่ำ ปรากฏว่าบางสปอร์ไม่สามารถเจริญในสารอาหารขั้นต่ำเสียแล้ว แสดงว่ารังสีเอกซ์ได้ทำ

ยังมีข้อ - - - - - กาคีส์ ๖๒ ๖

ให้ยีนบางตัวเปลี่ยนไปจนไม่สามารถสังเคราะห์สารจากอาหารขั้นต่ำได้ แปลผลเป็นการละเมิดโนโตเดียวกัน

- ราในสารอาหารขั้นต่ำได้รับสารอาหารที่มีโครงสร้างซับซ้อนมาจากสารสังเคราะห์นั่นเอง จากสารอาหารที่มีโครงสร้างง่าย ๆ (สรุปได้ว่า DNA ควบคุมการสร้างเอนไซม์ และเนื่องจากเอนไซม์ มีความสัมพันธ์กับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต จึงกล่าวได้ว่า DNA ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต)

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

73. รังสีเอกซ์ที่ฉายไปยังรานิวโรสปอร์รา มีผลอย่างไร
- ก. ยีน เปลี่ยนไป
 - ข. enzyme ถูกทำลาย
 - ค. กรดอะมิโนเปลี่ยนไป
 - ง. รานิวโรสปอร์รา เจริญได้ในสารอาหารขั้นต่ำ

จินตนาการอาหารชั้นดีนั้น ว่าจะจะเจริญ
งอกงามได้

ลงท่าแบบฝึกหัด

- คำถาม
74. จากภาพทดลองฟีเดลและเด็คม รั้งสีทำให้
- เอนไซม์ ตัวใดยกพร้อม
- ก. เอนไซม์ที่ช่วยสร้างออรีนีน
- ข. เอนไซม์ที่ช่วยสร้างอาร์จินีน
- ค. เอนไซม์ที่ช่วยสร้างฮิโดรลีน
- ง. เอนไซม์ที่ช่วยสร้างกรดอะมิโน

แผนภาพการทดลองของบี. เด็คม และ เด็คม เกี่ยวกับ
กับ the relation ของนิวโรสเปอร์รา (รูป)

การทดลองของบี. เด็คม และ เด็คม เกี่ยวกับ

the relation ของนิวโรสเปอร์รา ที่ได้รับการฉายรัง
สีเอกซ์ แล้วนิวโรสเปอร์รา เลี้ยงในสารอาหารสมบูรณ์
พบว่าสามารถเจริญได้ดี แต่เมื่อเพาะเลี้ยงใน
สารอาหารชั้นต่ำ หรือเติมกรดอะมิโนอย่างใด
อย่างหนึ่ง พวกนี้เจริญงอกงาม ยกเว้นเมื่อเติม
กรดอะมิโนชนิดอาร์จินีน ฮิโดรลีน หรือ ออร์น
ธินลงในอาหารชั้นต่ำ พวกนี้เจริญงอกงามได้ดี

จากการศึกษาทำให้ทราบว่า (leucospora)
สามารถสังเคราะห์อาร์จินีนจากฮิโดรลีนและสัง
เคราะห์ฮิโดรลีนจากออร์นธิน ดังสมการ



ยังมีข้อ . . . ภาติยียิต

enzyme 1 enzyme 2

ออร์นิน ----> ฮิโดรลีน ----> อาร์จินีน

ดังนั้น เมื่อ enzyme ที่สังเคราะห์ออร์นิน
จากสารอื่นไม่ทำงาน จึงจำเป็นต้องเติมอาร์จินีน
ฮิโดรลีน หรือ ออร์นิน ชนิดใดชนิดหนึ่งลงไป
ในสารอาหารชั้นต่ำ พวกนี้เจริญงอกงามได้ (ควรเข้า
ใจว่าเราอาจสังเคราะห์อาร์จินีนจากฮิโดรลีนได้ ถ้า
enzyme ที่ช่วยในการสังเคราะห์อาร์จินีนจาก
ฮิโดรลีนไม่บกพร่อง) ในการทดลองนี้แสดงว่า
เอนไซม์ที่ช่วยสังเคราะห์สารอื่นให้เป็นออร์นิน
บกพร่อง พวกนี้ไม่สามารถสังเคราะห์ออร์นินได้จึง
ต้องเติมออร์นิน เพื่อให้สามารถสังเคราะห์ฮิโดร
ลีน และอาร์จินีนได้ หรือมีเอนไซม์ที่จะเติมอาร์

ยังมีข้อ . . . ภาติยียิต

20. ลักษณะที่ส่งออกมาให้เห็น (Phenotype Control)
ลักษณะที่ส่งออกมาให้เห็น (phenotype control) สรุปได้ว่า

$$\begin{array}{c} \text{Phenotype} = \text{genotype} + \text{environmental factors} \\ \text{(ลักษณะยีน)} \quad \quad \quad \text{(สิ่งแวดล้อม)} \end{array}$$

หมายความว่า... ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของยีนและสิ่งแวดล้อม (เป็นคาบคุมลักษณะที่ส่งออกมาโดยการควบคุมโครงสร้างและ

ยังมีต่อ . . . กตติยวิไล ฯ

ปริมาณโปรตีนให้ได้ปริมาณและคุณภาพที่เหมาะสม ส่วนหนึ่งของโปรตีนเป็น enzyme ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในร่างกาย ซึ่งแตกต่างกันมาก

นั่นคือ สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของยีน และต้องเข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตที่มี genotype ต่างกัน อาจแสดง phenotype เหมือนกันก็ได้ เช่น TT และ Tt และสิ่งมีชีวิตที่มี genotype เหมือนกัน ก็อาจแสดง phenotype ต่างกันได้ บ้าง (สิ่งแวดล้อมมีส่วนกำหนดเกี่ยวกับการแสดงออกของยีน)

พฤติกรรมของยีนและสิ่งแวดล้อมภายนอก นักวิทยาศาสตร์ผู้หนึ่งได้นำเกาะต่างแห่งเกาะ

ยังมีอีก ๒ . . . กตติยวิไล ฯ



ภาพแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงสักร์ในเขตหนาว หากห้องน ซึ่งคล้ายกับแบบชนิด คือสามารถเปลี่ยนสีของขนไปตามฤดู

เขาหันกลับมาทอนจนขาวตรงบริเวณหลังออกแล้ว ำดูหน้าซึ่งนานที่บริเวณนั้น ปรากฏว่าจที่ขึ้นใหม่ มีสีดำ การทดลองนี้แสดงให้ทราบว่า... ความสามารถในการผลิตรงควัตถุ มีแฝงอยู่แล้วในการด้าย ที่มีสีนี้ แต่การที่จะสร้างรงควัตถุหรือไม่ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมคืออุณหภูมิ เป็นการสาคัญในเรื่อง คือถ้าอุณหภูมิร่างกายสูงกว่า 33.3 องศาเซลเซียส กระด้ายจะไม่สามารถสร้างรงควัตถุที่ทำให้อ่อนเป็นสีดำได้ เมื่อน้ำแข็งไปนานอุณหภูมิร่างกายจึงต่ำกว่า 33.3 องศาเซลเซียส ยีน (DNA) จึงสามารถทำหน้าที่ได้สร้างรงควัตถุสีดำในขณะได้

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

75. นักวิทยาศาสตร์ผู้หนึ่งได้นำ กระด้ายแห่งเกาะเทือกเขาหิมาลัยไปทอนจนขาวตรงบริเวณหลังออกแล้ว ำดูหน้าซึ่งนาน ที่บริเวณนั้นปรากฏว่าจที่ขึ้นใหม่มีสีดำจากการทดลองนี้ แสดงว่า.....
- ก. สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงออกของยีน
- ข. การด้ายดำนี้เป็นพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์อ่อนสีขาว กับพันธุ์เข้มสีดำ
- ค. อุณหภูมิมีผลต่อการสร้างรงควัตถุที่ทำให้อ่อนเป็นสีดำ
- ง. ก และ ค ถูกต้อง



จากความรู้ที่ได้ศึกษามา อาจสรุปเป็นแผนภาพ

ได้ดังนี้ (ตามรูปด้านขวามือ) อธิบายแผนภาพ
ส่วนพื้นฐาน (DNA) สามารถสร้างหรือจำลองตัวเองได้ (duplication) นอกจากนี้ยังสามารถสร้าง RNA (โดยกระบวนการ transcription) ซึ่งเป็นตัวกำหนดโครงสร้างของ RNA และ RNA จะสร้างโปรตีน (โดยกระบวนการที่เรียกว่า translation) โปรตีนบางชนิดเป็นเอนไซม์จะทำหน้าที่สังเคราะห์หรือสร้างสารต่างๆ เหล่านี้อาจเห็นกับโปรตีน (ที่ในเซลล์) จะเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างต่างๆ จึงแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดออกมา

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

76. ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเกิด

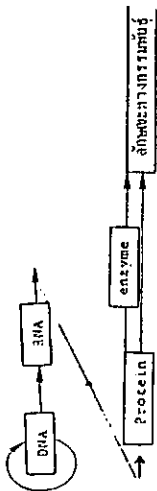
จากโครงสร้างของสารใด

ก. DNA

ข. RNA

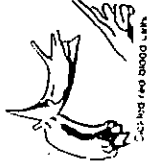
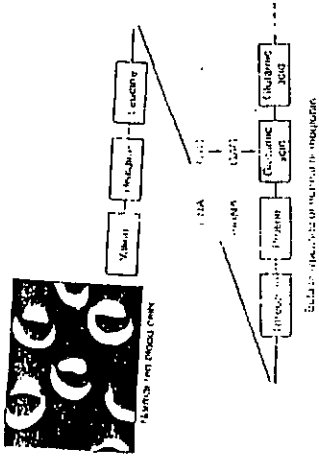
ค. เอนไซม์

ง. โปรตีน



21. โปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ฮีโมโกลบินเป็นสารที่มีหน้าที่ในการลำเลียงก๊าซออกซิเจน และอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดแดงของสัตว์ชั้นสูง โครงสร้างของฮีโมโกลบินประกอบด้วยโปรตีนพวกลอบลิน (Globin) และฮีม (Heme) ฮีมเป็นส่วนที่ไม่ใช่โปรตีน และมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ... ในนี้กระบวนการพบว่าสังเคราะห์ฮีโมโกลบินที่ผิดปกติอื่นเป็นผลทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างผิดปกติ จึงลำเลียงก๊าซออกซิเจนได้น้อย ทำให้มีอาการของโรคโลหิตจาง ชนิดอิกเทิลเซลล์ (sickle cell anemia) จากการวิเคราะห์โครงสร้างของฮีโมโกลบินในคนปกติ กับฮีโมโกลบิน



ยังมีอีก ... กตติยชาติ

ในคนที่โรคโลหิตจางชนิดอิกเทิลเซลล์สลับกับการเรียงตัวของกรดอะมิโนต่างกันเพียงตำแหน่งเดียว คือ ผู้ที่มีฮีโมโกลบินผิดปกติจะมีเวลีน (valine) แทนที่ลำดับของกรดกลูตามิก (glutamic acid)

ลำดับของ ฮีโมโกลบิน

กรดอะมิโน ของคนปกติ ของคนเป็นโรคอิกเทิล

เซลล์

1	เวลีน	เวลีน
2	ฮิสติดีน	ฮิสติดีน
3	ลิวซีน	ลิวซีน
4	ทรีโอนีน	ทรีโอนีน
5	โปรลีน	โปรลีน

ยังมีอีก ... กตติยชาติ

- * 6. การกลุ่ดามัก เวลัน
- 7. การกลุ่ดามัก การกลุ่ดามัก
- 8. โลชิน โลชิน

ล อ ง ท ำ แ บ บ ฝึ ก หั ด

คำถาาม

- 77. โครงสร้างของอีโมโกลบินในคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดอีโมโกลบินเซลล์เล็กมีกาารเรียงตัวของกรดอะมิโนต่างกันเพียงตำแหน่งเดียวคือฮิสติดีน
- ก. เวลัน
- ข. โลชิน
- ค. การกลุ่ดามัก
- ง. โลชิน

แผนภาพแสดงโรคโลหิตจางชนิดอีโมโกลบินเซลล์ เกิดจากมีการดอะมิโนลำดับที่ 6 ในสายอีโมโกลบิน เป็น เวลันเข้าแทนที่กรดกลูตามิก (๓RNA มีรหัสเปลี่ยนจาก GAG --> GUG)

จะเห็นได้ว่าการดอะมิโนลำดับที่ 6 ของอีโมโกลบิน ในคนปกติกับคนที่เป็นโรคโลหิตจางชนิดอีโมโกลบินแตกต่างกัน นักชีววิทยานิยามว่ากรดกลูตามิกมาจากรหัสที่ ๓ RNA เป็น GAG ส่วนเวลันมาจากรหัสที่ ๓RNA เป็น GUG

ภาวะขาดเอนไซม์แอลโดส ซึ่งพบในชาวเอเชียและแอฟริกา เกิดจากกล่าโ้ขาดเอนไซม์แอลโดสจึงไม่สามารถย่อยน้ำตาลแอลโดสในนมได้ อาจเป็นไปได้หรือไม่ว่าการขาดเอนไซม์ดังกล่าวเนื่องมา

ยังมีต่อไป - - - ก ด ศ ี ย ี ๒ ๑

จากความผิดปกติของ DNA

จากตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าการขาดเอนไซม์บางชนิด และการสังเคราะห์อีโมโกลบินที่ผิดปกติทำให้ลักษณะบางลักษณะของสิ่งมีชีวิตแตกต่างไปจากเดิม เอนไซม์และอีโมโกลบินเป็นสารโปรตีน และ DNA ความคุมการสร้างโปรตีนชนิดต่างๆ จึงอาจสรุปได้ว่า DNA ควบคุมลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตด้วยลำดับของเบสใน DNA ที่แตกต่างกันจะทำให้มีความแตกต่างกัน

ล อ ง ท ำ แ บ บ ฝึ ก หั ด

คำถาม

78. ลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต เกิดจากยีนที่แตกต่างกันและยีนที่แตกต่างกัน เกิดจาก...
- ลำดับของนิวคลีโอไทด์
 - ลำดับของนิวคลีโอไทด์
 - ลำดับของนิวคลีโอไทด์
 - ลำดับของนิวคลีโอไทด์

หลักฐานที่แสดงว่า RNA เป็นตัวกลางคัดลอกข้อมูลทางพันธุกรรมและแปลออกมาในรูปของโปรตีน

- จากการทดลองพบว่าในการสังเคราะห์ RNA จะถูกกำจัดโดย DNA พบว่าถ้าไม่มี DNA จะไม่การสร้าง RNA ส่งไปยัง cytoplasm
- ปริมาณ protoplasm ที่ถูกสร้างขึ้น มีความสัมพันธ์กับ RNA ที่อยู่ในเซลล์คือ ถ้าเซลล์นั้นมี RNA มาก จะมีโปรตีนมาก เช่น ในเซลล์ตับมี RNA มาก จึงมีการสร้าง proteolytic enzyme (โปรตีนชนิดหนึ่ง) จำนวนมาก แต่ในเซลล์กล้ามเนื้อมี RNA อยู่น้อย เมื่อสำรวจจึงพบโปรตีนน้อยมาก
- RNA มีสัดส่วน AU/GC พอติดกับ AT/GC

ยังมีข้อ . . . กตัญญู

- สามารถทำ DNA และ RNA เป็นสายเกลียว (hybrid) จึงนำมีความสัมพันธ์กัน แสดงว่า RNA สร้างมาจาก DNA
- ดังนั้น RNA ต้องเป็นตัวกลางระหว่าง DNA กับโปรตีน

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

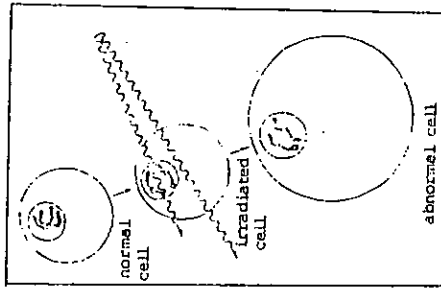
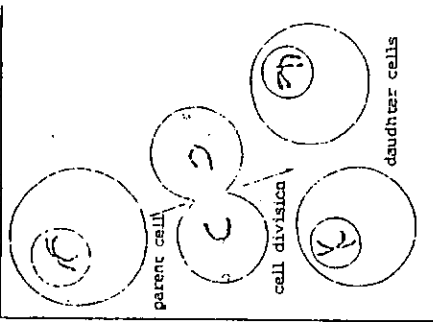
79. ปริมาณของสารพันธุกรรมตัวใด มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Protoplasm ที่ถูกสร้างขึ้น
- RNA
 - DNA
 - enzyme
 - ไม่มีข้อถูก

22. มิวเตชัน (Mutation)
 ภาวะผิดปกติ (Mutation) หมายถึงการ
 เปลี่ยนแปลงอย่างถาวรของ Gene หรือ
 Allele ไปจากเดิม เมื่อเปลี่ยนแปลงแล้วจะมี
 สภาพถาวร ทำให้มีผลต่อการถ่ายทอดลักษณะทางพัน
 ธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป ความผิดปกติที่
 เกี่ยวพันกับยีนหรือโปรตีนที่ใช้ศึกษามานานแล้วนั้น
 เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าอวัยวะที่มีการสัง
 เคราะห์โปรตีนปกติหนึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง ถ้าที่
 กรดอะมิโนชนิดหนึ่งคือ เวลีน ถูกนำเข้ามาแทนที่
 กรดกลูตามิกในลำดับที่ 6 ของส่วนหนึ่งในโมเลกุล
 โปรตีนนั้นก็จะแสดงให้เห็นว่ารหัสของ 3 DNA ที่
 บริเวณนั้นถูกเปลี่ยนแปลงไป การที่มีการเปลี่ยน

ยีนมีต่อ . . . กตติย ๒๑ ๖

แปลงเกิดขึ้นเป็นผลสืบเนื่องมาจากลำดับเบสของ
 DNA เปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้อาจมี
 ผลต่อชนิดของโปรตีนและชีวิตของสิ่งมีชีวิต
 แสดงให้เห็นว่าสิ่งมีชีวิตจะเปลี่ยนแปลงได้เพราะมี
 การเปลี่ยนแปลงลำดับเบสของ DNA การเปลี่ยน
 แปลงนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกรรมพันธุ์
 และเป็นการเปลี่ยนแปลงถาวร กล่าวคือลักษณะที่เปลี่ยน
 ไปนี้สามารถถ่ายทอดสืบต่อไปยังรุ่นลูกและรุ่นต่อไปได้
 เรียกว่าการเปลี่ยนแปลงแบบพันธุกรรม มิฉะนั้น
 (mutation) การเกิดมิวเตชันจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิต
 แตกต่างกันไป เช่น ถ้าเป็นเอพิเจเนติกส์แสดงสัณฐานเปลี่ยน
 ไปจากสีผิวเป็นสีฟ้าตั้งแต่ยังเป็นตัวโตด จะทำให้
 เดิมได้สีผิวดำสีผิวแทนที่จะมีผิวสีขาว การมีผิวสีฟ้า

ยีนมีต่อ . . . กตติย ๒๑ ๖



ยอมไม่ทำให้การดำรงชีวิตแตกต่างไปจากคนเดาเสียแต่
 ถ้าถึงเอพิเจเนติกส์เป็นต้นตามลักษณะและสิ่งแวดล้อม
 เช่น ขนาดของสิ่งมีชีวิตผิดปกติ ย่อมมีสุขภาพไม่สม
 บูรณ์

ถ้าเราพบต้นพุทรา ต้นหนึ่งออกมาแต่ไม่มี
 เมล็ด ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของยีน เรา
 คงจะสนใจ เพราะกินพุทราได้สะดวก เรา
 อาจหาพันธุ์โดยการดองกิ่งหรือต่อกิ่ง แต่ถึงเอพิ
 พุทราต้นนั้นอยู่ไม่กี่ปี ไม่มีใครเข้าไปถึง พุทรา
 ต้นนั้นคงจะตายไปโดยไม่ได้อะไรที่ลูกหลานให้สืบพันธุ์
 ต่อไป มิฉะนั้นในการนี้เรามีประโยชน์ต่อมนุษย์
 แต่ก็ไม่จริงเป็นอันตรายต่อการขยายพันธุ์ของพืช

อย่างไรก็ตาม ยีนที่เกิดขึ้นมักจะเปลี่ยน
 ด้วยและเมื่อเป็นเอพิเจเนติกส์ ส่วนใหญ่จะไม่
 แสดงขึ้นในทันทีเห็น การแต่งงานในระหว่างพ
 กับนั้นจะมีผลต่อการแสดงของยีนที่เป็นอันตรายหรือไม่

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถา

80. มิวเตชัน (Mutation) คือสภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันของ Gene หรือ allele โดยอาจทราบว่าเป็นข้อใดที่ไม่ใช่ลักษณะของมิวเตชัน
 - ก. มันก็เปลี่ยนจะมีสภาพถาวร สามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้
 - ข. ลักษณะสีด่างที่เปลี่ยนไปจากสีดำเป็นสีน้ำตาล แต่ยังเป็นไซโทโครมทำให้เติบโตช้ากว่าปกติ
 - ค. ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสของ DNA มีส่วนเกี่ยวข้องด้วย
 - ง. การเกิดมิวเตชันมีประโยชน์ต่อมนุษย์ แต่อาจเป็นอันตรายต่อการขยายพันธุ์ของพืช

ชนิดของมิวเตชัน

1. มิวเตชันของเซลล์ร่างกาย (Somatic Mutation) เมื่อเกิดแล้วจะไม่ถ่ายทอดไปสู่เซลล์อื่น (อาจมีผลกระทบต่อกหลานเพียงเล็กน้อย โดยที่ somatic gene อาจจะทำให้เซลล์ตายหรือเป็นมะเร็งได้ แต่เมื่อเจ้าของเซลล์นั้นตาย มันก็ตายไปด้วย เช่น เซลล์ใดเซลล์หนึ่งของม่านตาเกิดมิวเตชันไป จะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของม่านตาแต่อย่างใด ทั้งนี้เพราะว่าเซลล์เหล่านี้มีระยะเวลาการแบ่งเซลล์ไปแล้ว จึงไม่ขยายสู่เซลล์อื่นๆ
2. มิวเตชันของเซลล์สืบพันธุ์ (Germetic Mutation) เมื่อเกิดแล้วจะมีผลต่อเนื่องสืบต่อกันไป ทำให้มีการเปลี่ยนแปลง species ด้วย

ยังมีอีก ... อีกด้วย

(เป็น recessive gene ที่เป็นอันตราย)

อธิบายเพิ่มเติม

- ปกติ gene มีสภาพค่อนข้างถาวร แต่บางครั้งก็เปลี่ยนแปลงได้เหมือนกัน mutation เกิดขึ้นสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทำให้เกิดความผันแปร (variation) ทางพันธุกรรม
 - Mutation อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียง nucleotide เดียว หรือทั้ง polynucleotide หรืออาจเกิดขึ้นเกือบทั้ง chromosome
 - Mutation ที่เกิดจาก gene (gene mutation) มีสาเหตุเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ nucleotide เพียง 1 หรือมากกว่า ทำให้
- ยังมีอีก ... อีกด้วย

เกิดการเปลี่ยนแปลงของ triplet code เมื่อเกิดแล้วจึง code การจะกลไกนั้นคล้ายไปด้วย (เบส 3 ตัว จะ code การละกันได้ 1 ตัว)

การเกิด mutation มี 2 ชนิดคือ

1. นิวเคลียสที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Spontaneous mutation) อาจเกิดระหว่างการเจริญเติบโต ส่วนมากเกิดจาก purine และ pyrimidine base เปลี่ยนสภาพไปจากปกติทำให้มีการ code ผิดไป เกิด mutation ขึ้นในเซลล์

รุ่นลูก

2. นิวเคลียสที่เกิดขึ้นโดยได้รับการกระตุ้น (Induced mutation) ซึ่งมีทั้งทางกายภาพและทางเคมี Physical agent (ปัจจัยทางกายภาพ) ได้แก่...X-ray, ultraviolet ส่วน Chemical agent (ปัจจัยทางเคมี) เช่น การปนดริส ฟอรัมาลดีไฮด์

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

81. การกลายพันธุ์อย่างการของสิ่งมีชีวิตเกิดจากอันเป็นเปลี่ยนแปลงอย่างการในเซลล์ชนิดใด

ก. เซลล์ร่างกาย

ข. เซลล์สืบพันธุ์

ค. ทั้ง ก. และ ข.

ง. เกิดเฉพาะเซลล์พืช

ข้อควรทราบเพิ่มเติม

- การใช้แสง UV มีผลให้ base มีการจับกันผิดไป เช่น แทนที่จะจับสาย strand) ตรงข้ามกลับมารับกันเอง เป็น T-T หรือ C-C หรือถ้าให้ UV ในระดับความเข้มสูง อาจจะทำให้ DNA สร้าง DNA หรืออาจทำให้ DNA เกิดรอยขาดขึ้น

แผนภาพลำแสง

แสงให้เพิ่มของรังสี (radiation) คือความผิดปกติของโครโมโซม ทำให้โครโมโซมบางส่วนขาดออกไป ขณะแบ่งเซลล์แบบ mitosis เกิดเป็นเซลล์ที่ผิดปกติ

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

82. ยีนเกิดการมิวเตชัน เกิดจาก

ก. รังสีมีพลังงานสูง

ข. สารเคมีบางชนิด

ค. ความร้อน แรงดัน

ง. ก และ ข

อะไรทำให้ยีนเกิด mutation

เมื่อปี ค.ศ. 1927 เอช. เอ. หลเลอร์ (H. J. Muller) นักพันธุศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย ได้มีโอกาสศึกษาพันธุศาสตร์กับมอร์แกน ที่มหาวิทยาลัยโคลัมเบีย ได้แสดงให้เห็นว่าแมลงหวี่หวีได้รับรังสีเอกซ์เพียง 15 นาที ทำให้เกิดมิวเตชันอัตราสูงถึงประมาณ 100 เท่าของอัตราที่เกิดตามปกติ

รังสีเอกซ์เป็นรังสีที่มองไม่เห็น แต่มีย่านงานในการทะลุทะลวงสูง นอกจากนั้นยังมีรังสีชนิดอื่นๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น อัลตราไวโอเลต คอสมิก นิวตรอน เบตา และแกมมา เป็นต้น รังสีที่มีพลังงานสูงเหล่านี้ย่อมทำให้เกิดมิวเตชันได้ทั้งสิ้น

ยังมีตัวอย่าง - - - กาดิย์ ๒๓ ๖

ในขณะที่เราอ่านหนังสืออยู่นอกห้องของรังสีอาจมาจากภายนอกโลก เราจะไม่สามารถป้องกันการทำรังสีเหล่านี้ได้เลย นอกจากจะอยู่ในห้องที่ล้อมรอบด้วยผนังคอนกรีตหนาตั้งแต่ 40 ฟุตขึ้นไป

การใช้รังสีเพื่อทำให้เกิดมิวเตชันมักทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะแตกต่างไปจากปกติ ที่สำคัญคือการให้โครโมโซมขาดเป็นท่อนๆ หรือทำให้ยีนเปลี่ยนแปลงเป็นปกติทำให้เกิดมิวเตชันขึ้นกับเซลล์ของร่างกาย

ไม่ใช่แค่การแผ่รังสีดังกล่าวนี้เท่านั้นที่ทำให้ยีนเกิดมิวเตชันขึ้นได้ สารเคมีบางชนิดและความร้อนก็อาจทำให้ยีนเปลี่ยนแปลงได้ ได้มีผู้ทดลองใช้สารโคลชิซีน (colchicine) กับต้นกล้าของทานตะวัน

ยังมีตัวอย่าง - - - กาดิย์ ๒๓ ๖

พบว่ากลีบเลี้ยงและกลีบดอกเสื่อมรวมกันเป็นแผ่นอับเรณูหายไป และมีความแตกต่างของโครโมโซมเพิ่มขึ้น ซึ่งมีลักษณะลำต้นแข็งแรง ใบกว้างหนา ดอกใหญ่ แต่ดอกมักมีผิดปกติ เมล็ดไม่มีเอมบริโอ สารโคลิชิซีนนี้ สามารถชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมในบางพันธุ์ และกระตุ้นให้รังสีเอกซ์กลายเป็นผลที่ไม่มีเมล็ด สารไดคลอวอส (dichlorvos) ซึ่งใช้กำจัดแมลง และสารพาราควอต (paraquat) ที่ใช้กำจัดพืช ก็สามารถชักนำให้เกิดความผิดปกติของโครโมโซมในคนและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีสารอื่นๆ อีกหลายชนิดที่อาจทำให้เกิดมิวเตชันขึ้นได้

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

83. มิวเตชันอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียง nucleotide เดียวหรือทั้ง polynucleotide หรืออาจเกิดขึ้นเกี่ยวกับทั้ง chromosome ลักษณะใดที่ส่งผลต่อสิ่งเหล่านี้มากที่สุด
- ก. การเปลี่ยนแปลงของ triplet code ทำให้การถอดมียีนผิดพลาดไป
- ข. การเปลี่ยนแปลงสภาพการเกิด purine และ pyrimidine base ทำให้มี code ผิดไป
- ค. การใช้แสง uv มีผลให้ base นานับกันเองหรือทำให้ DNA เกิดรอยขาดขึ้น โดยเฉพาะ cell สมอง
- ง. มิวเตชันของ cell ร่างกายเมื่อเกิดแสงไม่ขยายไปที่ cell อื่น

สามารถนำไปขยายพันธุ์ต่อไปได้ เช่น โดยวิธีการตอน หรือตัดตาต่อกิ่ง ทำให้เราได้พันธุ์พืชหรือไม้ผลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

ถึงแม้ว่ามิวเตชัน (Mutation) ที่เกิดขึ้นบางลักษณะ จะเป็นลักษณะที่ดีเป็นต้องการของมนุษย์ แต่ส่วนใหญ่มักจะเป็นลักษณะที่ไม่สามารถเจริญได้ดีในธรรมชาติ เช่น อารมณ์แฉะ หรือเป็นหมัน นอกจากนี้รังสีและสารเคมีที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ เช่นนี้ว่ามีพิษต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ดังนั้น...การใช้รังสีหรือสารเคมีในการทำให้เกิด Mutation จึงต้องทำด้วยความรอบคอบและระมัดระวัง

ลองทำแบบฝึกหัด

คำถาม

84. ในเซลล์ร่างกายสัตว์และพืชในรุ่นพ่อแม่ เมื่อมีการเกิด Mutation ในรุ่นต่อมา ไปจะมีลักษณะอย่างไร

- Mutation ของเซลล์ร่างกายพืช จะส่งผลในรุ่นต่อมา ไป
- Mutation ของเซลล์ร่างกายสัตว์ จะส่งผลในรุ่นต่อมา ไป
- Mutation ของเซลล์ร่างกายพืช จะไม่ส่งผลในรุ่นต่อมา ไป
- ถูกทั้งข้อ ข. และ ค.

Mutation ในรุ่นต่อไปปรากฏขึ้นได้อย่างไร

- เซลล์ทุก ๆ เซลล์ของสิ่งมีชีวิตย่อมมีโอกาสได้รับสารเคมีต่างๆ ความร้อนและรังสีที่มีพลังงานสูงได้เสมอ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ยีนของเซลล์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปได้ ซึ่งอาจเกิดมิวเตชันขึ้นกับยีนใดๆ ได้ทุกขณะ แต่อาจจะยังไม่ปรากฏให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในทันที เช่น การแสดงสีของดาถึงแม้จะถูกควบคุมโดยยีนก็ตาม แต่เป็นการควบคุมยีนจากเซลล์ต่างๆ เป็นจำนวนมากที่อยู่หน้าตา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นมิวเตชัน (mutation) ในเซลล์อองรงำกาย ซึ่งจะไม่ขยายไปสู่เซลล์อื่นๆ อีก เนื่องจากเซลล์เหล่านี้มีระยะการแบ่งเซลล์ไปแล้ว ดังนั้นถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับยีนเพียงยีนเดียว ภายในเซลล์ใด เซลล์หนึ่งข้างหน้าตา ย่อมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของหน้าตา

ยังมีต่อ . . . กตติยวิไล

แปลงเกิดขึ้นกับยีนเพียงยีนเดียว ภายในเซลล์ใด เซลล์หนึ่งข้างหน้าตา ย่อมไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของหน้าตา

- เซลล์มะเร็ง (Cancer cell) ซึ่งเป็นมิวเตชันของเซลล์ร่างกาย เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถก่อให้เกิดมะเร็งหรือขยายไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ แต่ก็มิได้ลุกลามไปถึงรุ่นลูกหรือรุ่นหลาน แต่จะมีผลกระทบหรือเป็นอันตรายกับเซลล์ร่างกายของผู้นั้นๆ นั้น จึงอาจถึงแก่ชีวิตได้

- มิวเตชันของเซลล์ร่างกาย (Somatic mutation) ที่เกิดขึ้นในสัตว์มักจะมีผลไปถึงรุ่นต่อไป แต่จะมีความสำคัญมากถ้าเป็น Mutation ที่เกิดขึ้นในเซลล์ของพืช เพราะเซลล์ร่างกายของพืช

ยังมีต่อ . . . กตติยวิไล

แบบทดลองหลังเรียน

ประจำตอนที่ ๑

เรื่อง

การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

จำนวน ๑ ข้อ

แบบทดสอบ ทดลอง (เพื่อวัดความรู้)

ตอนที่ 3 เรื่อง การแบ่งเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

ข้อนี้ จะเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว

1. การที่ลูกไก่ไม่มีขนจะมีลูกสีแดงเกิดจากอะไร

ก. ยีนสร้างขนสีแดง

ข. ยีนไม่ทราบแน่ชัดว่าสร้างสีแดงเกิดอย่างไร

ค. แร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีเจือปนในตัวไก่เองเป็นสาเหตุ

ง. ยีนสร้างขนไม่มีขนที่ทับซ้อนกันแสดงจากอิทธิพลของยีนในเซลล์

2. มีข้อใดบ้างที่ไม่เกี่ยวข้องกับวงจรเคราฟส์-ปอร์ตัน

ก. DNA

ข. RNA

ค. amino acid

ง. โมเลกุลไขมัน

3. ข้อใดที่ขึ้นกับนิวเคลียส

ก. ความร้อน

ข. สารเคมีบางชนิด

ค. การแบ่งรังไข่จากอูเทอรุส

ง. ทั้ง ก. ข. และ ค.

4. ถ้าว่าในสองพันธุ์ ๆ หนึ่งมีเมล็ดสี และเมื่อแก่แล้วไม่เหี่ยว จึงเป็นลักษณะ dominant อีกพันธุ์หนึ่งมีเมล็ดไม่มีสี และเมื่อแก่แล้วเมล็ดจะเหี่ยวจึงเป็นลักษณะ recessive เอาคนผสมกันให้ลูก F1 เอาลูก F2 ผสมกัน ได้ลูก F2 และผสมกันเรื่อย ๆ ไปเรื่อยอีกหลายชั่ว ปรากฏว่าได้พันธุ์ที่เมล็ดมีสีแดง และพันธุ์ที่เมล็ดไม่มีสีและไม่มีเหี่ยว เกิดขึ้นบ้างเล็กน้อย การที่เห็นพันธุ์ใหม่ดังกล่าวนี้ เป็นเพราะ

ก. mutation

ข. linkage

ค. crossing over

ง. ความถี่ยีน dominant recessive

5. ข้อใดกล่าวผิดเกี่ยวกับการวิจัยเกี่ยวกับภาวะโรคไตในคน โดยเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม คือ

ก. การคัดลอก ยีน

ข. การสังเคราะห์ยีน

ค. การหาลำดับเบสของยีน

ง. การปรับควบคุมการทำงานของยีน

6. ถ้ามนุษย์คนหนึ่งมีเซลล์ร่างกายเป็นเซลล์ การทำโปรตีนจากยีนใดในเซลล์ของผู้นั้นจะมี

ผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์นั้นเริ่มต้นแรกคือกระบวนการ

ก. เมตาโบลิซึมของไขมัน

ข. สังเคราะห์โปรตีน

ค. สังเคราะห์ ATP

ง. เมตาโบลิซึมของกลูโคส

7. การสร้างโปรตีนทุกชนิดเกิดขึ้นในไรโบโซมของเซลล์ โดยที่ DNA ในนิวเคลียสเป็นแม่แบบ และมีขั้นตอนหลายขั้นตอน ข้อใดต่อไปนี้ที่ไม่ใช่ขั้นตอนในการสร้างเคราฟส์-ปอร์ตัน

ก. DNA ในนิวเคลียสสร้าง mRNA

ข. mRNA เคลื่อนออกจากนิวเคลียส

ค. ไรโบโซมเคลื่อนที่ไปตาม mRNA

ง. mRNA เคลื่อนที่ไปสู่กรดอะมิโน

8. รังสีอัลตราไวโอเล็ต ในแสงแดด อาจทำให้เป็นมะเร็งผิวหนัง

ก. เพราะรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำปฏิกิริยากับรงควัตถุ เจน เมลาโนใน

เซลล์ผิวหนัง

ข. เพราะรังสีอัลตราไวโอเล็ตเปลี่ยนโครงสร้าง ดี เอ็น เอ บางส่วนในเซลล์

ผิวหนัง

ค. ไม่พบบ่อยนัก เพราะรังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นแสงที่มองเห็น

ง. น่าจะเกิดเฉพาะกับคนผิวดำ เพราะผิวหนังคนผิวสีมีเมลานิน

9. สมบัติทางเคมีใดที่ไม่ใช่ของกรดอะมิโน

ก. ทำหน้าที่เป็นต้นแบบสำหรับการสังเคราะห์โปรตีน

ข. ทำหน้าที่ช่วยย่นยู่หรือออกซิเดชัน-รีดักชัน

ค. ทำให้เกิดพันธะกับตามธรรมชาติของกรดอะมิโน

ง. ช่วยให้ออกซิเจนละลายในน้ำต่าง ๆ ของร่างกาย

แผนแบบทดสอบวัดความรู้สิ่ง เรียน
โครงสร้างและการทำานของยีน
ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

1. ง	2. ง	3. ง	4. ค	5. ง
6. ข	7. ง	8. ข	9. ค	

ตาราง 18 การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการเปรียบเทียบ
ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 1 ความรู้เรื่องพันธุศาสตร์

คนที่	คะแนน				การคำนวณ
	ครั้งที่ 1 (X_1)	ครั้งที่ 2 (X_2)	$D = X_2 - X_1$	D^2	
1	5	21	16	256	(1) $H_{o.} : M_1 = M_2$
2	7	22	15	225	$H_1 : M_1 \neq M_2$
3	5	22	17	289	(2) $\alpha = .01$
4	8	22	14	196	(3) $n = 30$
5	11	22	11	121	(4) $\Sigma D = 396$
6	10	21	11	121	(5) $\Sigma D^2 = 5364$
7	7	22	15	225	(6) $t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n - 1}}}$
8	11	22	11	121	
9	6	22	16	256	
10	9	21	12	144	(7) $t = \frac{396}{\sqrt{\frac{30(5364) - (396)^2}{30 - 1}}}$
11	8	22	14	196	
12	11	21	10	100	

ตาราง 13 (ต่อ)

คนที่	คะแนน		การคำนวณ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	$D = X_2 - X_1$	D^2	
	(X_1)	(X_2)			
13	7	18	11	121	
14	11	21	10	100	$t = \frac{396}{141.52}$
15	8	19	11	121	
16	10	21	11	121	$t = 33.28$
17	9	21	12	144	(8) ค่า t จากตารางที่ระดับ
18	8	21	13	169	$\alpha = .01, df = n-1 =$
19	7	20	13	169	$30 - 1 = 29, t = 2.75$
20	7	21	14	196	(9) เปรียบเทียบ t จำนวนได้
21	7	21	14	196	กับ t ตาราง t จำนวน = 33.28
22	9	19	10	100	มากกว่า t ตาราง = 2.75
23	5	21	16	256	(10) ดังนั้นแสดงว่าคะแนนเฉลี่ย
24	7	22	15	225	ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างก่อนเรียน
25	6	20	14	196	และหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์
26	4	21	17	289	ช่วยสอน ตอนที่ 1 มีความแตกต่าง
					อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

ตาราง 18 (ต่อ)

คนที่	คะแนน		การคำนวณ	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
	(X_1)	(X_2)	$D = X_2 - X_1$	D^2
27	8	21	13	169
28	7	22	15	225
29	9	20	11	121
30	7	21	14	196
			$\Sigma D = 396$	$\Sigma D^2 = 5364$

ตาราง 14 การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการเปรียบเทียบ
ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 2 ยืนคืออะไร อยู่ที่ไหน

คะแนน					การคำนวณ
คนที่					
	ครั้งที่ 1 (X_1)	ครั้งที่ 2 (X_2)	$D = X_2 - X_1$	D^2	
1	1	19	18	324	(1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$
2	5	20	15	256	$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$
3	4	20	16	256	(2) $\alpha = .01$
4	4	18	14	196	(3) $n = 30$
5	5	19	14	196	(4) $\Sigma D = 416$
6	9	18	9	81	(5) $\Sigma D = 5979$
7	2	19	17	289	(6) $t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n - 1}}}$
8	6	20	14	169	
9	7	20	13	169	
10	5	18	13	169	(7) $t = \frac{416}{\sqrt{\frac{30(5979) - (416)^2}{30 - 1}}}$
11	7	19	12	144	
12	7	20	13	169	
13	4	20	16	256	

ตาราง 14 (ต่อ)

คะแนน					การคำนวณ
คนที่					
	ครั้งที่ 1 (X_1)	ครั้งที่ 2 (X_2)	$D = X_2 - X_1$	D^2	
14	6	20	14	196	$t = \frac{416}{217.72}$
15	8	18	10	100	
16	9	17	8	64	$t = 28.18$
17	4	18	14	196	(8) ค่า t จากตารางที่ระดับ
18	3	19	16	256	$\alpha = .01, df = n-1 =$
19	8	20	12	144	$30 - 1 = 29, t = 2.75$
20	6	17	11	121	(9) เปรียบเทียบ t คำนวณได้
21	3	20	17	189	กับ t ตาราง t คำนวณ =
22	5	20	15	225	28.18 มากกว่า t ตาราง = 2.75
23	3	19	16	256	(10) ดังนั้นคะแนนเฉลี่ยของกลุ่ม
24	5	19	14	196	ตัวอย่าง ระหว่างก่อนเรียนและ
25	4	18	14	196	หลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์
26	2	20	18	324	ช่วยสอน ตอนที่ 2 มีความ
27	6	17	11	121	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
					สถิติที่ระดับ .01

ตาราง 14 (ต่อ)

คะแนน					การคำนวณ
คนที่					
ครั้งที่ 1 (X_1)	ครั้งที่ 2 (X_2)	$D = X_2 - X_1$		D^2	
28	5	20	15	225	
29	4	19	15	225	
30	7	19	12	144	
$\Sigma D = 416$ $\Sigma D^2 = 5979$					

ตาราง 15 การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ตอนที่ 3 การแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต

คะแนน		การคำนวณ			
คนที่		ครั้งที่ 1 (X_1)	ครั้งที่ 2 (X_2)	$D = X_2 - X_1$ D^2	
1	2	8	6	36	(1) $H_0 : M_1 = M_2$
2	0	8	8	64	$H_1 : M_1 \neq M_2$
3	2	9	7	49	(2) $\alpha = .01$
4	1	9	8	64	(3) $n = 30$
5	2	8	6	36	(4) $\sum D = 168$
6	1	9	8	64	(5) $\sum D^2 = 1000$
7	4	7	3	9	(6) $t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$
8	3	9	6	36	
9	2	8	6	36	
10	2	8	2	36	(7) $t = \frac{168}{\sqrt{\frac{30(1000) - (168)^2}{30-1}}}$
11	3	8	5	25	
12	3	9	6	36	
13	2	9	7	49	

ตาราง 15 (ต่อ)

คนที่	คะแนน		การคำนวณ		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	$D = X_2 - X_1$	D^2	
	(X_1)	(X_2)			
14	0	7	7	49	$t = \frac{168}{61.24}$
15	3	8	5	25	
16	3	8	5	25	$t = 21.48$
17	1	7	6	36	(8) ค่า t จากตารางที่ระดับ
18	3	9	6	36	$\alpha = .01, df = n - 1 =$
19	1	8	7	49	$30 - 1 = 29, t = 2.75$
20	3	9	5	25	(9) เปรียบเทียบ t คำนวณได้
21	4	8	4	16	กับ t ตาราง t คำนวณ =
22	4	7	3	9	20.46 มากกว่า t ตาราง = 2.75
23	4	7	3	9	(10) ดังนั้นแสดงว่า คะแนนเฉลี่ย
24	2	8	6	36	ของกลุ่มตัวอย่างระหว่างก่อนเรียน
25	3	9	6	36	และหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์
26	3	8	5	25	ช่วยสอน ตอนที่ 3 มีความ
27	4	8	4	16	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
					ที่ระดับ .01

ตาราง 15 (ต่อ)

คนที่	คะแนน		การคำนวณ	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
	(X_1)	(X_2)	$D = X_2 - X_1$	D^2
28	3	7	4	16
29	4	8	4	16
30	2	8	6	36
			$\Sigma D = 168$	$\Sigma D^2 = 1000$

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นายบุญสืบ พันธุ์ดี
เกิด	วันที่ 28 เมษายน 2486
สถานที่เกิด	บ้านหนองปรือ ต.บึงสอ อ.พินาย จ.นครราชสีมา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	372 ถนนสุนทราราม ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์ระดับ 6
สถานที่ทำงาน	สถาบันราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	พศ.2496 บ.4 โรงเรียนวัดบ้านตะบัน ต.รังนก อ.พินาย จ.นครราชสีมา พศ.2501 ม.6 โรงเรียนพินาย (ปัจจุบันเป็นโรงเรียนพินาย วิทยา) อ.พินาย จ.นครราชสีมา พศ.2503 บ.กศ.วิทยาลัยครูบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ พศ.2509 พม. กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ พศ.2512 กศ.บ. (ชีววิทยา) มศว ประสานมิตร พศ.2518 คม. (เรขาคณิตศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พศ.2536 กศ.ค. (เทคโนโลยีการศึกษา) มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

การพัฒนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา

ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทคัดย่อ

ของ

บุญสืบ พันธุ์ดี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ความหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการศึกษา

มีนาคม 2537

การวิจัยเรื่องนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง โครงสร้างและการทำงานของยีน โดยทดสอบประสิทธิภาพ
ของบทเรียนด้วยเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลัง
เรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จำนวน 30 คนได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดำเนินการ 11 ขั้นตอนได้แก่ 1. ศึกษาและเลือกเนื้อหาที่จะสร้างและพัฒนา 2. วิเคราะห์เนื้อหาและแยกเป็นหน่วยย่อย 3. ให้ผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบบทเรียนและหน่วยย่อย 4. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนและหน่วยย่อย 5. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 6. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 7. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 8. ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2 9. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 2 10. ทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 11. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งสุดท้าย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามเกณฑ์ 90/90 พบว่า บทเรียนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 90 ตัวแรก ส่วน 90 ตัวหลังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงได้รับการปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ส่วนการเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

A DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION

LESSONS IN BIOLOGY FOR THE UPPER SECONDARY

EDUCATION LEVEL

AN ABSTRACT

BY

BOONSUEP PUNDEE

Present in partial fulfilment of the requirements for the

Doctor of Education degree in Educational Technology

at Srinakarinwirot University

March 1994

The purpose of this study was to develop and to investigate the efficiency of the CAI lessons for upper secondary school biology on "the structure and functions of gene". The efficiency criterion 90/90 was adopted in the investigation. The pretest and posttest scores of the samples of the study were compared at the end of the study.

Thirty Matayomsuksa 5 students from Rajasimawittayalai School were randomly selected a sample of the study.

In the development of CAI, these 11 steps were followed : 1) select and study the content, 2) analyze and break down the content into sub-units, 3) evaluation of the lessons and the sub-units by the expert and his advisors, 4) revise the lessons and the sub-units, 5) develop CAI lessons, 6) 1st try-out of CAI lessons, 7) 1st revision of CAI lessons, 8) 2nd try-out of CAI lessons, 9) 2nd revision of CAI lessons, 10) overall testing of CAI lessons, and 11) final revision of CAI lessons.

It was found that the first 90 efficiency criteria were met but not the latter 90 efficiency criteria, and the CAI lessons had been improved. Also, the posttest scores of the experiment group were significantly higher than their pretest scores.