ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายชัยณรงค์ แก้วสุก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING ED^{3}U MODEL WITH COMPUTER SIMULATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Chainarong Kaewsook

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum, Instruction, and Educational Technology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายชัยณรงค์ แก้วสุก
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ลัดดา ภู่เกียรติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.กุศล อิศดุลย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัยณรงค์ แก้วสุก: ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING ED^{3}U MODEL WITH COMPUTER SIMULATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ, 152 หน้า.

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับกลุ่มที่เรียนตามแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง มีนักเรียน 44 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ คือกลุ่มที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติ มีนักเรียน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.84 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (one-way ANCOVA) และสถิติทดสอบค่าที (paired-sample t-test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 16.0 for Windows และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของตารางประกอบความเรียง

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา

ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต.....ชัยณรงค์ แก้วสุก.....
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา 2550

4983672327: MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: COMPUTER SIMULATION / ED^{3}U TEACHING MODEL / SCIENCE PROCESS SKILLS / LEARNING RETENTION

CHAINARONG KAEWSOOK: EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING ED^{3}U MODEL WITH COMPUTER SIMULATION ON SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: ASST.PROF.ALISARA CHUCHAT, Ph.D., 152 pp.

A study of effects of biology instruction using ED^{3}U model with computer simulation on science process skills and learning retention of higher secondary school students was a quasi-experimental research. The proposes of this research were to compare science process skills and learning retention of students after learning biology by using ED^{3}U model with computer simulation and using traditional instruction. The samples were mathayom suksa four students of Phiriyalai School, Changwat Phrae at academic year 2007. They were divided into two groups: one with 44 students in experimental group which was learning biology by using ED^{3}U model with computer simulation and the other with 46 students in comparative group which was learning biology by using traditional instruction. The research instruments were 1) a test on science process skills with reliability 0.83 and 2) a test on biology learning achievement with reliability 0.84. The collected data were analyzed by means of arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation, one-way analysis of covariance and paired-sample t-test by using SPSS 16.0 for Windows.

The research findings were summarized as follows:

1. After the experiment, an experimental group had mean score of science process skills statistically higher than comparative group at .05 level of significant.

2. An experimental group had mean score of biology learning achievement that tested after the experiment immediately and 2 weeks after the experiment were not statistically different at .05 level of significant. It meant students had the learning retention of biology.

Department Curriculum, Instruction, and Educational Technology Student's signature Chainarong Kaewsook

Field of study Science Education Principal advisor's signature

Academic year 2007

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ในการให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัยและการพัฒนาวิชาชีพครู ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ลัดดา ภู่เกียรติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.กุศล อิศดุลย์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมไปถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า ตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะผู้บริหารโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และนักเรียนโรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการวิจัยเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาเป็นอย่างสูงที่กรุณาส่งเสริมการศึกษาและเป็นแบบอย่างที่ดีในการประกอบวิชาชีพครู รวมทั้งขอขอบคุณครอบครัวปิ่นทอง และเพื่อนนิสิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกชั้นปีที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฎ

บทที่

1 บทนำ.....1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....1
คำถามของการวิจัย.....7
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....7
สมมติฐานของการวิจัย.....7
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....7
ขอบเขตของการวิจัย.....8
ข้อตกลงเบื้องต้น.....9
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....12
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....13
เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....13
ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....14
องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....16
การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....32
ความคงทนในการเรียนรู้.....35
ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้.....35
ความหมายของการจำ.....36
กระบวนการเรียนรู้และระบบการจำ.....36

หน้า

บทที่

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำ.....41
หลักการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้.....42
การวัดความคงทนในการเรียนรู้.....45
เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....46
ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.....46
รูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวงการศึกษา.....47
แนวทางการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....48
คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....51
ความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง.....51
ประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง.....53
ข้อดีของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง.....57
รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง.....58
ความเป็นมาของรูปแบบการสอน ED^3U.....58
ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U.....58
การใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง.....60
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ.....62
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....63
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....64
การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....64
การออกแบบการวิจัย.....65
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....66
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....68
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.....80
การวิเคราะห์ข้อมูล.....82

หน้า

บทที่

สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....83

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....85

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....86

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติของคะแนนความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนชีววิทยา.....89

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....95

สรุปผลการวิจัย.....95

อภิปรายผลการวิจัย.....96

ข้อเสนอแนะ.....99

รายการอ้างอิง.....102

ภาคผนวก.....110

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....111

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....114

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....136

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....149

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....152

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ…….....28

2.2 ความแตกต่างระหว่างระบบความจำระยะสั้นและระบบความจำระยะยาว……...41

2.3 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบ ED^3U และ BSCS 5E..……..…....59

3.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) คะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 ห้องเรียน……68

3.2 ร้อยละของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พฤติกรรมที่ต้องการวัด……..…....70

3.3 ร้อยละจำนวนของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์……..……....72

3.4 ตารางวิเคราะห์จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ……...75

3.5 เนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง จำนวน 20 คาบ……....78

3.6 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน……..…....83

4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (N=44) และกลุ่มเปรียบเทียบ (N=46) ……....86

4.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีการทางสถิติของ Levene……....88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่

4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ.....89

4.4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ.....90

4.5 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีการทางสถิติของ Levene.....91

4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ.....92

4.7 ผลการทดสอบค่าที (paired-sample t-test) ระหว่างคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....93

4.8 ผลการทดสอบค่าที (paired-sample t-test) ระหว่างคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ.....93

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1 ระบบการจำ……..39

2 รูปแบบการเรียนการสอนแบบ ED^3U……..58

3 กรอบแนวคิดของการวิจัย……..63

4 รูปแบบการวิจัยแบบ the posttest-only two group design……..65

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และอุตสาหกรรม อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545:1) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545-2549 ได้กำหนดกรอบทิศทางให้มีการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยให้มีการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ และสนับสนุนการพัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มีศักยภาพและเพียงพอต่อความต้องการของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2545: 20) นอกจากนี้ รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2550 ได้กำหนดให้รัฐเร่งรัดพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาประเทศ โดยระบุไว้ในหมวด 5 ส่วนที่ 9 มาตรา 86 วรรค 1 ว่าให้รัฐส่งเสริมและพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมด้านต่างๆ จัดงบประมาณสนับสนุนการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และให้มีสถาบันการศึกษาและพัฒนา รวมทั้งเผยแพร่ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ และสนับสนุนให้ประชาชนใช้หลักด้านวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต (สภาร่างรัฐธรรมนูญ, 2550: 38) ประกอบกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ในหมวด 4 มาตรา 23 วรรค 2 ว่าด้วยแนวการจัดการศึกษาที่ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเต็มศักยภาพ ในการจัดการศึกษาทุกระดับ และกรมวิชาการ (2546: 2) กล่าวถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่าทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม ดังนั้น บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อการพัฒนาประเทศของไทย จึงสรุปได้ดังคำกล่าวที่ว่า “พัฒนาคน พัฒนาชาติ ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548: 6)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่เป็นการสร้างความรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาประเทศชาติทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทในการพัฒนาบุคคลด้านกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา ความสามารถในการตัดสินใจ ทักษะในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ ทักษะในการสื่อสาร และที่สำคัญคือการพัฒนาคนในสังคมให้มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตของตน ทั้งในด้านการดำเนินชีวิต การประกอบอาชีพ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม (อลิศรา ชูชาติ, 2549: 185-186)

การส่งเสริมและพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามที่กล่าวมานั้น ต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545: 1) ดังนั้น หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จึงได้จัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ในโครงสร้างกลุ่มสาระการเรียนรู้หลักที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ โดยแบ่งสาระออกเป็น 8 กลุ่ม ครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการ ในชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กรมวิชาการ, 2546: 4) มีการกำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทั้งความรู้ ทักษะ และจิตวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 1) สอดคล้องกับนิยามของคำว่า “วิทยาศาสตร์” ที่หมายถึง องค์ความรู้ (body of knowledge) และกระบวนการที่ใช้หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (process of science) (Sund and Trowbridge, 1973: 2-3) ซึ่งประกอบด้วย วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) และจิตวิทยาศาสตร์ (scientific mind) ดังนั้น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน จึงมิได้มุ่งเน้นเฉพาะเนื้อหาความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าและเรียบเรียงไว้อย่างมีระเบียบเท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548: 7-8)

การพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวัตถุประสงค์สำคัญประการหนึ่งของการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ในทุกระดับชั้นควรได้รับการพัฒนา (National Research Council, 2000: 105) เพราะการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนการพัฒนาให้นักเรียนได้รู้กระบวนการเรียนรู้ (Victor,

1985: 47 cited in Martin et al, 1998: 16) และเกิดทักษะทางปัญญา (intellectual skills) หรือทักษะการคิด (thinking skills) ที่เปรียบเสมือนเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาในห้องเรียน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2548: 9) อีกทั้งเป็นพื้นฐานสำคัญที่นักเรียนต้องใช้ในการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนด้วยตนเองอีกด้วย (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544: ค)

แม้ว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างองค์ความรู้ให้กับผู้เรียนจะมีความสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงผลการประเมินที่เกี่ยวข้องจะพบว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังคงประสบปัญหาบางประการ ดังจะเห็นได้จากผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานรอบแรก พ.ศ. 2544-2548 จำนวน 30,010 แห่ง ที่พบว่ามาตรฐานด้านผู้เรียนในมาตรฐานที่ 5 “ผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นตามหลักสูตร” มีผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้และควรปรับปรุงเท่านั้น (สำนักงานมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2550: 1) สอดคล้องกับปัญหาด้านผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา จากผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547 ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั่วประเทศมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ด้านโครงสร้างความรู้โดยเฉลี่ยร้อยละ 37.01 และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยร้อยละ 47.03 ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาโดยเฉลี่ยมีค่าเพียงร้อยละ 42.02 ซึ่งอยู่ในระดับควรปรับปรุงเท่านั้น (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2549: 7)

จากผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษารอบแรก พ.ศ. 2544-2548 และผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547 ที่กล่าวมา ชี้ให้เห็นปัญหาที่พบในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และชีววิทยาของประเทศไทย ซึ่งได้แก่ปัญหาด้านโครงสร้างความรู้หรือด้านความรู้ความเข้าใจในการเรียน และปัญหาด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ปัญหาดังกล่าว ครูมีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาความสามารถให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ตามบริบททางการสอนที่ ทิศนา แขมมณี (2548: 16-17) ได้กล่าวว่า ครูผู้สอนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน เนื่องจากครูเป็น

ผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการ รูปแบบการเรียนการสอน รวมถึงสื่อและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเอกสารและงานวิจัยที่รายงานเกี่ยวกับสภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่า ครูผู้สอนยังขาดตัวอย่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอันเป็นแนวทางในการปฏิบัติ อีกทั้งสื่อการเรียนการสอนสำหรับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนมีไม่เพียงพอ ทำให้ครูนิยมสอนโดยการอธิบายเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2531: 17-18)

ในปี ค.ศ.1995 William F. McComas รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของ University of Southern California ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบหาความรู้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียน (conceptual change) โดยให้ชื่อรูปแบบการสอนว่า “ED^{3}U” ซึ่งมีที่มาจากอักษรภาษาอังกฤษตัวแรกในขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 5 ขั้นตอน อันได้แก่ 1) การสำรวจและค้นหา (explore) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและค้นหาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังจะเรียน 2) การวินิจฉัย (diagnose) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จูงใจให้นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่กำลังจะเรียนมากน้อยเพียงใด หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง 3) การออกแบบ (design) หมายถึง ขั้นตอนการเรียนรู้ที่อาจเกิดจากการออกแบบวิธีการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครู เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน 4) การอภิปราย (discuss) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจโดยอภิปรายและลงข้อสรุป โดยมีแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ สนับสนุนเพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างชัดเจน และ 5) การนำความรู้ไปใช้ (use) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปแล้วสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (Shope, 2007: 1-6) เห็นได้ว่ารูปแบบการสอนดังกล่าว

สอดคล้องกับแนวคิด Constructivism ซึ่งเป็นการสร้างความรู้โดยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการและกิจกรรมที่หลากหลาย ได้ลงมือปฏิบัติและสืบค้นด้วยตนเองหรือด้วยความร่วมมือจากเพื่อนทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยความเข้าใจและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545: 108) โดยเกิดจากการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับมโนทัศน์หรือหลักการที่มีอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาที่เป็นความรู้เดิม ทำให้นักเรียนสามารถระลึกและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้แม้ช่วงเวลาผ่านไป (Ausubel, 1968: 54-58) อันเป็นการคงไว้ซึ่งผลทางการเรียนหรือความสามารถของผู้เรียนในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนมาหรือมีประสบการณ์มาก่อนหลังจากที่ทิ้งช่วงไประยะหนึ่ง หรือหมายถึงการเกิดความคงทนในการเรียนรู้นั่นเอง (Adam, 1967: 9) ซึ่งนักเรียนจะสามารถเก็บรักษาสิ่งที่เรียนรู้ให้คงอยู่ หรือกลายเป็นความจำระยะยาว (Gagné, 1977: 36)

นอกจากนั้นแล้ว การเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน ครูควรนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology: ICT) มาส่งเสริมขยายขอบข่าย และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เต็มประสิทธิภาพด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยอาศัยการแนะนำรวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ตามที่ อลิศรา ชูชาติ (2549: 185-193) ได้เสนอตัวอย่างหนึ่งของการนำไอซีทีมาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน กล่าวคือ การใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง (computer simulation) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบคอมพิวเตอร์ที่จำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือกระบวนการต่างๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกต สำรวจและค้นหา เรียนรู้และทำความเข้าใจจากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ (Smentana and Bell, 2006: 267; ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2541: 133; อลิศรา ชูชาติ, 2549: 192)

คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์สาขาที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549: 15) ตั้งแต่ระดับโมเลกุลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าไปจนถึงระดับ

ของระบบนิเวศที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน (Campbell and Reece, 2002: 1-3) ซึ่งต้องมีการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการศึกษาทดลองที่มีราคาแพง เช่น บทเรียนเรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ หรือในบทเรียนที่ไม่สามารถทดลองได้ในโรงเรียน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลานาน เช่น บทเรียนเรื่องวิวัฒนาการ เป็นต้น ซึ่งคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถจำลองอุปกรณ์ เครื่องมือ เหตุการณ์หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องดังกล่าวได้เป็นอย่างดี (Wellington, 2004: 201) ทั้งนี้ นอกจากคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจะช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เกือบทุกทักษะอีกด้วย (อลิศรา ชูชาติ, 2549: 192; Akpan, 2007: http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/akpan.html) ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสัมพันธ์กับการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ, 2544: 32-35) และผลการวิจัยที่พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้โดยใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมี 4 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Lazarowitz and Huppert, 1993: 366-382; Mintz, 1993: 76-80; Lavoe and Good, 1998: 335-360)

เมื่อพิจารณาความสำคัญของปัญหา รวมถึงแนวคิดและทฤษฎีของนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ ED^3U และการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประเภทคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมาใช้เพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนชีววิทยามีความน่าสนใจและอาจเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้จึงบูรณาการการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับรูปแบบการสอน ED^3U เพื่อศึกษาผลการแก้ปัญหาและการพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้ ในการเรียนการสอนชีววิทยาต่อไป

คำถามของการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจะสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีผลให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความคงทนในการเรียนชีววิทยาสูงกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแบบปกติหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับกลุ่มที่เรียนตามแบบปกติ

2. เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองและกลุ่มที่เรียนตามแบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. จากผลการวิจัยของ Lazarowitz and Huppert (1993: 366-382) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไปใช้ในการเรียนการสอนชีววิทยา เรื่อง microorganism กับนักเรียน Grade 10 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการทดสอบหลังการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนของนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานของการวิจัยได้ว่า

นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจะมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาตามแบบแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. จากแนวคิดของ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 108) ที่ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ตามแนวคิด Constructivism ที่ทำให้ผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ สรุปได้ว่าความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเองจะทำให้เกิดโครงสร้างทางสติปัญญา (cognitive structure) ที่อยู่ในช่วงความจำระยะยาว (long-term memory) เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และทำให้ผู้เรียนสามารถจำได้ถาวร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานของการวิจัยได้ว่า

นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจะมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแพร่

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนชีววิทยา 2 รูปแบบ

2.1.1 การเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

2.1.2 การเรียนการสอนชีววิทยาตามแบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความรู้ความเข้าใจ และความคงทนในการเรียนชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 4 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต และการพยากรณ์ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และการตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน ซึ่งมีที่มาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้โดยใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง (Lazarowitz and Huppert, 1993: 366-382; Mintz, 1993: 76-80; Lavoe and Good, 1998: 335-360) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4–ม.6 สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ, 2544: 32-35)

4. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประจำภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งตรงกับเนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จำนวน 2 เรื่องได้แก่ 1) พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และ 2) วิวัฒนาการ

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้ถือว่าความแตกต่างของช่วงเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการทดสอบไม่มีผลต่อตัวแปรตามที่ศึกษา

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดของ William F. McComas ร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองตามความเหมาะสมของเนื้อหาแต่ละบทเรียน ในขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นดังต่อไปนี้

1) การสำรวจและค้นหา (explore) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและค้นหาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังจะเรียน

2) การวินิจฉัย (diagnose) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จูงใจให้นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่กำลังจะเรียนมากน้อยเพียงใด หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง

3) การออกแบบ (design) หมายถึง ขั้นตอนของการเรียนรู้ที่อาจเกิดจากการออกแบบวิธีการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครู เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน

4) การอภิปราย (discuss) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจโดยอภิปรายและลงข้อสรุป โดยมีแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ สนับสนุน เพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างชัดเจน

5) การนำความรู้ไปใช้ (use) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปแล้วสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องและสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. การเรียนการสอนชีววิทยาตามแบบปกติ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาแบบสืบสอบหาความรู้ ตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนในหนังสือคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม และ 3) ขั้นอภิปรายและสรุปผล

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถทางการคิดและการปฏิบัติที่ได้รับการพัฒนาจนเกิดความชำนาญซึ่งเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ทักษะ ได้แก่ 1) การสังเกต 2) การพยากรณ์ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 3) การตั้งสมมติฐาน และ 4) การกำหนดและควบคุม

ตัวแปร ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน โดยการวัดจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการคงไว้ซึ่งความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งวัดจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา ระหว่างการทดสอบหลังเรียนทันที และการทดสอบหลังเรียน 2 สัปดาห์ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งหากค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการทดสอบ 2 ครั้งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 1.1 เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 1.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 1.3 องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
   - 1.4 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ความคงทนในการเรียนรู้
   - 2.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้
   - 2.2 ความหมายของการจำ
   - 2.3 กระบวนการเรียนรู้และระบบการจำ
   - 2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำ
   - 2.5 หลักการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้
   - 2.6 การวัดความคงทนในการเรียนรู้
3. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
   - 3.2 รูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวงการศึกษา
   - 3.3 แนวทางการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3.4.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

3.4.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

3.4.3 ข้อดีของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

4. รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

4.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสอน ED^3U

4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U

4.3 การใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6. กรอบแนวคิดของการวิจัย

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีดังต่อไปนี้

1.1 เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์และนักการศึกษาได้กล่าวถึงเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์และความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ในหมวด 4 ว่าด้วยแนวการจัดการศึกษา มาตรา 23 วรรค 2 ได้กล่าวไว้ว่า “การจัดการศึกษา ทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา ในเรื่องของความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี…” ดังนั้น หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงกำหนดเป้าหมายของการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติด้านวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 1) โดยเฉพาะการพัฒนาการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้เกิดความเจริญงอกงามทางสติปัญญาแก่นักเรียนทั้งยังเป็นกระบวนการการสืบเสาะหาความรู้อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2533: 37) โดยนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ในทุกระดับชั้นควรได้รับการพัฒนาความสามารถทางการคิดและการปฏิบัติในกระบวนการสืบสอบโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (National Reasearch Council, 2000: 105) ไม่เพียงแต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่นักเรียนจะได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายนอกห้องเรียนด้วย (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2538: บทนำ)

จะเห็นได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และควรได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในทุกระดับชั้นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาความสามารถทางการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาทั้งในและต่างประเทศได้นิยามความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Kusland and Stone (1968: 229) กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการสังเกต การวัด การทดลองและการออกแบบการทดลอง การอธิบาย การสรุปหลักเกณฑ์และการพิจารณาเหตุผลเชิงปรนัย” ต่อมา Klopfer (1971: 568) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์” ในขณะที่ Nay, Glass, and Julian (1971: 201) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลำดับกิจกรรมหรือลำดับปฏิบัติการซึ่งกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติโดยใช้กระบวนการต่างๆ” และ Gega (1990: 96) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่า “ทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนคิดและรวบรวมข้อมูลได้ด้วยการสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การสื่อความหมายข้อมูล การลงข้อสรุปและการทดลอง”

ในส่วนของประเทศไทยนั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2522: 22) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ” ส่วน วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2532: V) กล่าวว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาในการศึกษาค้นคว้าสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่างๆ” นอกจากนี้ ไสว ฟักขาว (2537: 150) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบของคนและความสามารถในการเลือกใช้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงออกเพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ต้องอาศัยความคิดในระดับต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา หรือค้นคว้าสิ่งที่ยังไม่รู้ให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริง หลักการ กฎ ก่อให้เกิดความรู้ใหม่เพิ่มขึ้น” และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2549: 14) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความชำนาญและความสามารถในการใช้การคิดเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือ (psychomotor/hands on skills) เพราะเป็นการทำงานของสมอง”

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านกล่าวมา ข้าพเจ้าได้ทำการวิเคราะห์และสรุปได้ว่า

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถทางการคิดและการปฏิบัติที่ได้รับการพัฒนาจนเกิดความชำนาญซึ่งเป็นเครื่องมือในการสืบเสาะหาความรู้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและสถาบันทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวคิดและรูปแบบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ที่แตกต่างกันและกล่าวองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Klopfer (1971: 568-573) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะที่สำคัญ 4 ทักษะ คือ

1) การสังเกตและการวัด เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหาข้อมูลที่รวบรวมได้ส่วนใหญ่มักจะเป็นความจริง

2) การมองเห็นปัญหาและวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหา ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การวางแผนการทดลอง และการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่าเป็นความจริงหรือไม่

3) การแปลความหมายและการลงสรุป ได้แก่ การแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง และการสรุปข้อมูลนั้นๆ เป็นหลักการ (principle) กฎ (law) และมโนทัศน์ (concept)

4) การสร้างทฤษฎี การตรวจสอบ และการปรับปรุงแก้ไขทฤษฎีที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบาย ปรากฏการณ์ของปัญหาที่พบ การสร้างทฤษฎีนี้ได้จัดว่าเป็นจุดหมายสูงสุดของการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

ต่อมา Nelson and Abraham (1973: 291) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าประกอบด้วยทักษะ 4 ประการ คือ

1) การสังเกต คือ ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า

2) การสรุปความเห็น คือ ความสามารถในการขยายความคิดใหม่ออกไป โดยอาศัยความรู้เดิมในลักษณะที่ต่อเนื่องกัน

3) การพิสูจน์ทดลอง คือ ความสามารถในการทดสอบความถูกต้องของข้อสรุปลงความเห็น

4) การจำแนกประเภท คือ ความสามารถในการจัดกลุ่มโดยพิจารณาลักษณะที่เหมือนกันจากสังเกต

จากนั้น สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้วิเคราะห์การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และพบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามี 13 ทักษะ (1974: 9-10) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งหวังที่จะพัฒนาเยาวชนของชาติให้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะไว้ดังต่อไปนี้ (2531: 1-9)

1) **ทักษะการสังเกต (observing)** หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์เพื่อให้ได้ข้อมูลของวัตถุหรือประสบการณ์ต่างๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย กล่าวคือ เห็นอย่างไร ได้ยินอย่างไร ได้กลิ่นอย่างไร หรือรสชาติเป็นอย่างไรก็ตอบไปตามนั้น ซึ่งประสาทสัมผัสมี 5 ชนิด คือ

1.1) *ประสาทตา* สังเกตได้โดยการดูเพื่อบอกรูปร่าง สัณฐาน ขนาด สี และสถานะ

1.2) *ประสาทหู* สังเกตโดยการฟัง เพื่อบอกเสียงที่ได้ยินว่าเสียงดัง เสียงค่อย เสียงสูง เสียงต่ำ หรือเสียงดังอย่างไรตามที่ได้ยิน

1.3) *ประสาทจมูก* สังเกตโดยการดมกลิ่นเพื่อบอกว่ามีกลิ่นหรือไม่ หอม เหม็น หรือฉุน

1.4) *ประสาทลิ้น* สังเกตโดยการชิมรส เพื่อบอกว่ามีรสชาติหวาน ขม เผ็ด เปรี้ยว ฝาด แต่ในการสังเกตโดยการชิมนี้ต้องแน่ใจว่าสิ่งนั้นไม่มีอันตรายและสะอาดเพียงพอ

1.5) *ประสาทกาย* สังเกตโดยการสัมผัสเพื่อบอกอุณหภูมิ ความหยาบ ความละเอียด ความเรียบ ความลื่น ความเปียกชื้น ความแห้งของสิ่งนั้น

นอกจากการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ชนิดสังเกตโดยตรงแล้ว การใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ ได้ก็จัดว่าเป็นทักษะการสังเกตเช่นกัน เช่น การ

เปลี่ยนแปลงของสี การเปลี่ยนแปลงของรูปร่างสัณฐาน การเปลี่ยนแปลงขนาด การเปลี่ยนแปลงกลิ่น รส อุณหภูมิ ฯลฯ

การสังเกตเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นและสำคัญมากในกระบวนการค้นคว้าหาความรู้แขนงต่างๆ โดยเฉพาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่มักจะเริ่มต้นจากการสังเกต และนักวิทยาศาสตร์จัดว่าเป็นผู้มีความชำนาญและละเอียดถี่ถ้วนในการสังเกตมากกว่าคนในอาชีพอื่น

การสังเกตบางครั้งอาจต้องอาศัยเครื่องมือช่วยเพื่อให้ผลการสังเกตที่ถูกต้องชัดเจน และแน่ใจยิ่งขึ้น เช่น แว่นขยาย กล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น ทั้งนี้ผู้สังเกตจะต้องกระทำอย่างละเอียดและรอบคอบทุกแง่มุมเพื่อให้ได้รายละเอียดของข้อมูลนั้นมากที่สุด

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 2 ประเภท คือ

1) *ข้อมูลเชิงคุณภาพ* เป็นข้อมูลที่เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของสิ่งที่สังเกต เช่น รูปร่าง รส กลิ่น เสียง และความรู้สึกจากการสัมผัส

2) *ข้อมูลเชิงปริมาณ* เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น น้ำหนัก ขนาด อุณหภูมิ ข้อมูลที่ได้นี้จะบอกหน่วยมาตรฐานไว้ เช่น มะนาวผลนี้หนักประมาณ 20 กรัม เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดการใช้ทักษะการสังเกต คือ

1) ชี้บ่งและบรรยายลักษณะของวัตถุด้วยประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง
2) บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณซึ่งต้องอ้างอิงหน่วยมาตรฐาน
3) บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้ หรือแยกแยะถึงสิ่งที่ได้จากการสังเกต และสรุปอ้างอิงได้

2) **ทักษะการจำแนกประเภท** (classifying) หมายถึง ความสามารถในการจัดพวกแบ่งหมวดหมู่หรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งของต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ในปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์

หนึ่งโดยมีเกณฑ์เป็นตัวกำหนดแนวทาง เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ร่วมอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

การจำแนกวัตถุหรือสิ่งใดๆ ออกเป็นหมวดหมู่นั้น เริ่มต้นด้วยการตั้งเกณฑ์ขึ้นมาอย่างหนึ่ง แล้วใช้เกณฑ์นั้นแบ่งวัตถุออกเป็นกลุ่มย่อย โดยทั่วไปแล้วมักจะเลือกเกณฑ์ที่ทำให้วัตถุเหล่านั้นออกเป็นสองกลุ่มย่อยก่อน แล้วค่อยเลือกเกณฑ์อื่นแบ่งกลุ่มย่อยนั้นออกเป็นกลุ่มย่อยต่อไปอีก การเลือกใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการจำแนกเป็นหลัก

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจำแนก คือ

1) บ่งชี้และบรรยายคุณสมบัติของสิ่งที่ศึกษาได้ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของวัตถุ
2) จำแนกสิ่งที่ศึกษากลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภท ตามเกณฑ์ในการจำแนกประเภทที่สร้างขึ้นได้
3) จำแนกสิ่งที่ศึกษาตามเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้
4) บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้จำแนกสิ่งที่ศึกษาได้

3) **ทักษะการวัด** (measuring) หมายถึง ความสามารถในการเลือกและใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมโดยมีหน่วยกำกับเสมอ การวัดจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่างคือ

3.1) เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ไม่บรรทัด เครื่องชั่ง นาฬิกา เทอร์มอมิเตอร์ เป็นต้น

3.2) ค่าที่ได้จากการวัดซึ่งเป็นตัวเลขที่แน่นอนไม่ใช่ได้จากการประมาณ

3.3) หน่วยในการวัด เช่น หน่วยของความยาวเป็นเมตร หน่วยของน้ำหนักเป็นกิโลกรัม หน่วยของเวลาเป็นวินาที เป็นต้น

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการวัด

1) เลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด
2) บอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดได้
3) บอกวิธีการใช้เครื่องมือ และใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องปลอดภัย
4) ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัด

5) อ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริง

4) **ทักษะการคำนวณ** (using numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หรือหารตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งได้มาจากสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ และหารนั้นต้องอยู่ในหน่วยเดียวกัน ซึ่งตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สามารถสื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจนยิ่งขึ้น

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคำนวณ คือ

1) การนับ โดยสามารถนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง สามารถใช้ตัวเลขแทนจำนวนได้ สามารถตัดสินใจได้ว่าในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน
2) การบวก ลบ คูณ และหาร โดยบอกวิธีการคำนวณได้ คิดคำนวณได้ถูกต้องและแสดงวิธีการคำนวณได้
3) การหาค่าเฉลี่ย โดยบอกวิธีการหาค่าเฉลี่ยและแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย
4) หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากข้อมูลมาสร้างเป็นสูตรได้
5) คำนวณเกี่ยวกับปริมาณที่มีคำอุปสรรคประกอบหน่วยได้

5) **ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริภูมิกับปริภูมิและปริภูมิกับเวลา** (space and space, space and time relationship) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้

5.1) ความสัมพันธ์ระหว่างปริภูมิของวัตถุหนึ่งกับปริภูมิของวัตถุหนึ่ง ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ (ปริภูมิ หรือสเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วปริภูมิของวัตถุนั้นจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง)

5.2) ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือปริภูมิของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

การกระทำที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริภูมิกับปริภูมิและปริภูมิกับเวลา ได้แก่ความสามารถในการกระทำดังต่อไปนี้

1) วาดรูป 3 มิติของวัตถุธรรมดาหรือทั่วไปได้ เช่น วาดรูป 3 มิติของดินสอ กล่องไม้ขีด เป็นต้น
2) บอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติได้ เช่น บอกได้ว่ารูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีเส้นสมมาตร 3 เส้น เป็นต้น
3) ความสามารถในการบอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติ
4) บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้
5) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก ในกระจก ว่าเป็นซ้ายและขวาของกันและกันอย่างไร
6) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้
7) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้

6) **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล** (organizing data and communicating) ประกอบด้วยทักษะการจัดกระทำข้อมูล และทักษะการสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

ทักษะการจัดกระทำข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดลำดับ การจัดกลุ่ม หรือการคำนวณหาค่าใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการต่อการนำไปใช้และให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นๆ ได้ดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปแบบของตารางแผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ หรือเขียนบรรยาย

ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วมาเสนอ และแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น การนำเสนออาจทำได้หลายรูปแบบ ได้แก่

1) โดยการพูดปากเปล่าหรือเล่าให้ฟัง
2) โดยการเขียนเป็นรายงาน
3) โดนการเขียนเป็นตารางแผนภูมิ
4) โดยการผสมผสานหลายวิธีตามความเหมาะสม

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีความจำเป็นต่อการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับรายงานสิ่งที่ตนเองได้กระทำให้ผู้อื่นเข้าใจ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลมีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและจุดมุ่งหมายของการสื่อความหมาย ซึ่งสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการสื่อความหมายข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้แก่

1) ความชัดเจนหรือความสมบูรณ์ของข้อมูล
2) ความถูกต้องแม่นยำ
3) ความไม่กำกวม
4) ความกะทัดรัด

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

1) สามารถบรรยายรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุได้จนผู้ฟังสามารถชี้ หยิบ จับ หรือระบุวัตถุนั้นได้อย่างถูกต้อง
2) สามารถบรรยายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยการให้นักเรียนทำกิจกรรมอย่างหนึ่งที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวัตถุแล้วให้นักเรียนสังเกตบันทึกการสังเกต แล้วเขียนบรรยายเพื่อให้คนอื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจ
3) สามารถเขียนแผนผัง แผนที่ วงจรของวัตถุ เครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบของการทำงานของสิ่งต่างๆ
4) มีความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและเลือกสื่อเพื่อเสนอข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดีขึ้น

7) **ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล** (inferring) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือปรากฏการณ์ไปสัมผัสกับความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปหรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น โดยทั่วไปการลงความเห็นจากข้อมูลจะกระทำได้เมื่อได้ข้อมูลจากการสังเกต และผู้สังเกตนั้นได้ใช้ข้อมูลที่ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานนำไปสู่การอธิบายหรือลงข้อสรุป

การลงความคิดเห็นจากข้อมูลในเรื่องเดียวกันอาจลงความคิดเห็นได้หลายอย่าง ซึ่งอาจถูกหรือผิดก็ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1) ความละเอียดลออของข้อมูล
2) ความถูกต้องของข้อมูล
3) ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็น
4) ความสามารถในการสังเกต

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล คือ

1) อธิบายหรือสรุปโดยมีการเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตได้
2) แยกความแตกต่างระหว่างการลงความเห็นจากข้อมูลและข้อมูลจากการสังเกตได้
3) อธิบายและแสดงให้เห็นวิธีการสังเกตเพิ่มเติม เพื่อทดสอบการลงความเห็นจากข้อมูลที่ได้กระทำไปแล้ว
4) บ่งชี้การลงความคิดเห็นว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับหรือควรปรับปรุงภายหลังที่ได้กระทำเพิ่มเติมไปแล้วได้

8) **ทักษะการพยากรณ์** (predicting) หมายถึง ความสามารถในการสรุปหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะมีการทดลอง โดยอาศัยกฎ ทฤษฎี หลักการ และปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป การพยากรณ์นั้นทำได้ 2 ลักษณะ คือ

8.1) *การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (Interpolation)* หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตข้อมูลที่สังเกตหรือวัดได้ หรือหมายถึงการ

พยากรณ์ถึงสิ่งที่ไม่ได้ทดลองแต่อยู่ในขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

8.2) *การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ (Extrapolating)* หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่อยู่ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่สังเกต หรือวัดได้ หรือหมายถึง การพยากรณ์ในสิ่งที่ยังไม่ได้ทดลอง และอยู่ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

การพยากรณ์มีประโยชน์มากในทางวิทยาศาสตร์ การที่นักวิทยาศาสตร์พยายามหากฎเกณฑ์หรือหลักการของธรรมชาตินั้น วัตถุประสงค์ก็เพื่อนำไปพยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้น เพื่อจะได้ทำการควบคุมและป้องกันอันตรายจากธรรมชาติได้

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการพยากรณ์ มีดังนี้

1) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ ทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
3) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9) **ทักษะการตั้งสมมติฐาน** (formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน โดยทั่วไปมักจะเป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม

สมมติฐานเป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูลประเภทหนึ่ง ซึ่งข้อแถลงจะอยู่ในรูปของข้อสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป ข้อแถลงนี้ยังไม่สามารถนำไปพยากรณ์ได้ และยังไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพราะยังไม่ผ่านการทดสอบยืนยันสถานภาพ จึงเป็นเพียงหลักการวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่ยกร่างขึ้นเพื่อรอการทดสอบต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการตั้งสมมติฐาน มีดังนี้

1) หาคำตอบล่วงหน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิม
2) แสดงวิธีทดสอบสมมติฐานได้

3) แยกแยะข้อมูลการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานได้

10) ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying and controlling the variables) หมายถึง ความสามารถในการชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

10.1) *ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (independent variable)* เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาหรือตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

10.2) *ตัวแปรตาม (dependent variable)* เป็นตัวแปรที่เป็นผลต่อเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

10.3) *ตัวแปรควบคุม (controlled variable)* เป็นตัวแปรอื่นๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

11) ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้ การนิยามเชิงปฏิบัติการจะต้องประกอบด้วยสาระสำคัญ 2 ประการ คือ

11.1) บรรยายวิธีการทดสอบในนิยามให้เห็นอย่างชัดเจน

11.2) ระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตไว้ในคำนิยาม

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ มีดังนี้

1) กำหนดนิยามและขอบเขตของคำหรือตัวแปรให้สังเกตและวัดได้
2) แยกแยะคำนิยามเชิงปฏิบัติการกับคำนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการและชี้บ่งตัวแปรหรือคำที่ต้องการใช้ในการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการได้

12) **ทักษะการทดลอง** (experimenting) หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่กำหนดไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1) *ออกแบบการทดลอง* หมายถึง การวางแผนการทดลองล่วงหน้าก่อนทำการทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีทดลองและอุปกรณ์ในการทดลอง

12.2) *การปฏิบัติการทดลอง* หมายถึง ความสามารถในการลงมือปฏิบัติการทดลองตามรูปแบบที่ได้วางแผนการทดลองไว้แล้ว

12.3) *การบันทึกผลการทดลอง* หมายถึง การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจจะเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการทดลอง ดังนี้

1) กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม
2) ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้
3) ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13) **ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป** (interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่แล้วนำมาสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด การตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป เป็นกระบวนการขั้นสุดยอดหรือขั้นสุดท้ายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองใดๆ แม้ว่าจะออกแบบการทดลอง ทำการทดลองอย่างรัดกุม ได้ข้อมูลจากการทดลองอย่างละเอียดแต่ถ้าขาดกระบวนการขั้นนี้ก็จะไม่สามารถสรุปผลการทดลองเพื่อตอบรับหรือปฏิเสธสมมติฐานได้ เพราะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปเป็นการมองข้อมูลในทุกแง่ทุกมุม การพิจารณาถึงความหนักแน่นของหลักฐานที่สนับสนุนหรือความขัดแย้ง การดึงเอาประสบการณ์ ความรู้ และหลักการคิดหาเหตุผลมาเป็นเครื่องมือในการตีความหมายแล้วจึงลงเป็นข้อสรุปต่อไป

ความสามารถที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป มีดังนี้

1) แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้
2) อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่างๆ ได้
3) บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548: 9) ได้จำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทโดยยึดตามแนวของสมาคมเพื่อการพัฒนาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้แก่

1. *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic science process skills)* ประกอบด้วย 8 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การใช้เลขจำนวน การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการพยากรณ์

2. *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated science process skills)* ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

โดยความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ ปรากฏในตารางที่ 2.1 ดังนี้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 10-13)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
ทักษะกระบวนการทาง-วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 1. การสังเกต (observing)	การสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส เข้าสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ ทั้งนี้โดยไม่ใช้ประสบการณ์และความคิดเห็นของผู้สังเกตในการเสนอข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ควรเป็นข้อมูลประเภท 1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ 2) ข้อมูลเชิงปริมาณ 3) ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลง
2. การจำแนกประเภท (classification)	ความสามารถในการจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์และเหตุการณ์เป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่งเกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง การจำแนกและการเรียงลำดับนั้นอาจใช้เกณฑ์ที่กำหนดมาให้ หรือใช้เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นเอง
3. การวัด (measuring)	ความสามารถในการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณของ สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ และรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อสิ่งที่ต้องการวัดด้วย

ตารางที่ 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
4. การใช้เลขจำนวน (using number)	ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหาร ตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่นๆ อีกทอดหนึ่ง ทั้งนี้ตัวเลขที่นำมาบวก ลบ คูณ และหารนั้น จะต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกับตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณ จะช่วยให้สามารถสื่อสารความหมายได้ตรงตามที่ต้องการและชัดเจน
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (space and space, space and time relationships)	ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา
6. การลงความเห็นจากข้อมูล (inferring)	ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมเพื่อลงข้อสรุปของปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ถ้าฝึกจนเกิดความชำนาญจะช่วยพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน
7. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (manipulating and communicating data)	ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้วมาจัดกระทำใหม่โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภท การหาค่าเฉลี่ย เป็นต้น แล้วนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาศัยการเสนอด้วยแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
8. การพยากรณ์ (predicting)	ความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการพยากรณ์ การพยากรณ์หรือการคาดคะเน อาจเป็นการพยากรณ์ 1) ภายในขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา หรือ 2) ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่ศึกษา
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน 9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (controlling the variables)	ความสามารถในการกำหนดว่าสิ่งที่ศึกษาตัวใดเป็นตัวแปรต้น ตัวใดเป็นตัวแปรตามในปรากฏการณ์หนึ่งๆ จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่หนึ่งเป็นอย่างน้อย ซึ่งในการศึกษาปรากฏการณ์นั้นจำเป็นที่จะต้องสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นสาเหตุและตัวแปรที่เป็นผล และสามารถควบคุมตัวแปรที่เป็นสาเหตุอื่นๆ ในขณะที่ศึกษาตัวแปรสาเหตุตัวใดตัวหนึ่ง
10. การตั้งสมมติฐาน (hypothesizing)	ความสามารถในการให้ข้อสรุปหรือคำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้นๆ ต่อไป สมมติฐานเป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเนซึ่งอาจเป็นข้อสรุป หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานกำหนดขึ้นโดยการสังเกตประกอบกับความรู้ ประสบการณ์ กฎ หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คำตอบล่วงหน้าเป็นคำตอบชั่วคราว ต้องนำไปพิสูจน์

ตารางที่ 2.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ (ต่อ)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (operational defining of the variables)	ความสามารถที่จะกำหนดว่าจะมีวิธีวัดตัวแปรที่ศึกษาอย่างไร ซึ่งเป็นวิธีวัดที่เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตและวัดได้โดยใช้เครื่องมืออย่างง่าย
12. การทดลอง (experimenting)	ความสามารถในการตรวจสอบสมมติฐานโดยปฏิบัติการหาคำตอบ ซึ่งเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบ ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง
13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (interpreting data and making conclusion)	การตีความหมายข้อมูล คือ ความสามารถในการบรรยายความหมายของข้อมูลที่ได้จากการจัดกระทำแล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ส่วนการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ศึกษาได้เป็นข้อความใหม่อันเป็นคำตอบของปัญหา

จากองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาและสถาบันทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์กล่าวมา ข้าพเจ้าได้ทำการวิเคราะห์และสรุปได้ว่า

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะย่อยจำนวน 13 ทักษะ โดยมีการแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1) *การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ* ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการพยากรณ์ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะ

การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

2) *การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ระดับ* คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน มี 8 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และทักษะการพยากรณ์

2.2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม มี 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

1.4 การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่ใช้ค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน จึงเป็นจุดมุ่งหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงมีผู้สนใจศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันไปหลายรูปแบบ ผู้วิจัยรวบรวมได้พอสังเขป ได้แก่ การใช้รูปแบบการเรียนการสอน วิธีสอน และเทคนิคการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

14.1 รูปแบบการเรียนการสอน

รูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1) การสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (นันทกา คันธิยงค์, 2547: 77-78) พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) การสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (บุญฤดี แซ่ล้อ, 2545: 98) พบว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) การใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (วงเดือน คงประเสริฐ, 2543) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 84.07 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 80

สรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่สามารถใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ การสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปา และการใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

14.2 วิธีสอน

วิธีสอนที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง คือ การใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (อุดมพร กันทะใจ, 2546: 63) โดยผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

14.3 เทคนิคการสอน

1) เทคนิคการสอนที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การใช้คำถามของครูเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (อนันต์ จันทร์กวี, 2523) โดยผลการศึกษาสรุปได้ว่า ครูที่ได้ฝึกการใช้คำถามสามารถตั้งคำถามที่มีหลายคำตอบได้มากกว่าครูที่ไม่ได้ฝึกการใช้คำถาม และนักเรียนที่เรียนกับครูที่ได้รับการฝึกใช้คำถามมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำให้ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลจากการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากจะช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เกือบทุกทักษะอีกด้วย (อลิศรา ชูชาติ, 2549: 192) เช่นเดียวกับ Akpan (2007: 1) ที่ได้กล่าวว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

สรุปได้ว่า เทคนิคการสอนที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การใช้คำถามของครู และการใช้สื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

จากการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีผู้สนใจศึกษาแตกต่างกันไปหลายรูปแบบ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจการบูรณาการรูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยจะนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

2. ความคงทนในการเรียนรู้

2.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาทั้งในและต่างประเทศได้นิยามความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ไว้ดังต่อไปนี้

Adam (1967: 9) ได้ให้ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ สรุปได้ว่า “ความคงทนในการเรียนรู้เป็นการคงไว้ซึ่งผลทางการเรียน หรือความสามารถที่จะระลึกต่อสิ่งเร้าที่เคยเรียนหรือมีประสบการณ์รับรู้มาแล้วหลังจากทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งได้” เช่นเดียวกับ Gagné (1977: 36) ที่กล่าวว่า “ความคงทนในการเรียนรู้เป็นความสามารถในการเก็บรักษาสิ่งที่เรียนรู้ให้คงอยู่ หรือกลายเป็นความจำระยะยาว” กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528: 238) และสุชา จันทน์เอม (2544: 201) กล่าวว่า “ความคงทนในการเรียนรู้เป็นการเก็บรักษาความเข้าใจ หรือการสะสมประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับจากการเรียนรู้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม แล้วสามารถถ่ายทอดออกมาในรูปของการระลึกหรือการจำได้” ส่วนสุภาวดี เพ็ชร์น้อย (2540: 40) กล่าวว่า “ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการจำหรือระลึกได้ในประสบการณ์เดิมที่เคยเรียนรู้มาแล้วหลังจากกระบวนการเรียนการสอน แล้วนำประสบการณ์นั้นมาใช้กับสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกันอย่างมีประสิทธิภาพ” และบุญสิริ สุวรรณเพ็ชร์ (2545: 280) ได้ให้ความหมายว่า “ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง การวัดความรู้ในแง่ของปริมาณการจำได้ หรือสิ่งที่ยังคงเหลืออยู่ที่เป็นผลลัพธ์ของประสบการณ์การการเรียนรู้”

จากความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการคงไว้ซึ่งประสบการณ์หรือความรู้ความเข้าใจในการเรียนที่เคยเรียนรู้หรือมีประสบการณ์รับรู้มาแล้ว หรือการเก็บรักษาสิ่งที่เรียนรู้ให้คงอยู่เป็นความทรงจำระยะยาวที่สามารถระลึกได้ หลังจากทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับการจำ เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคงทนในการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2.2 ความหมายของการจำ

Ester (1971 cited in Ettinger and Crooks, 1991: 234) ได้ให้ความหมายของการจำว่า “การจำ หมายถึง คุณสมบัติหรือสภาวะของการจัดระบบทางสมองที่สันนิษฐานขึ้นซึ่งเป็นผลจากประสบการณ์เพื่อการหาคำตอบหรือการแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบ” ต่อมา Anderson (1995: 5) กล่าวว่า “การจำ หมายถึง การบันทึกประสบการณ์ให้มีความคงทน ซึ่งอาศัยการเรียนรู้เป็นพื้นฐาน” ส่วน Myer (1992: 253) กล่าวว่า “การจำ คือ สิ่งที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการคงอยู่ของสิ่งที่ได้เรียนรู้” นอกจากนี้ จิราภา เต็งไตรรัตน์ และคณะ (2544: 138) ได้ให้ความหมายของการจำไว้ว่า “การจำ คือ ความสามารถคงสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้และระลึกได้ การจำเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ เช่นเดียวกับการรับรู้และการคิด ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในจิตใจ ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง” และถวิล ธาราโภชน์ และศรัณย์ ดำริสุข (2545: 93) กล่าวถึงความหมายของการจำว่า “การจำ หมายถึง ความสามารถในการเก็บเรื่องราวต่างๆ ไว้ในตัวของเราและระลึกออกมาเมื่อมีการอ้างถึงเรื่องนั้นๆ”

จากความหมายของการจำที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การจำ หมายถึง ความสามารถในการเก็บหรือบันทึกเรื่องราวที่ได้เรียนรู้หรือประสบการณ์ที่เคยผ่านมา และระลึกได้เมื่อกล่าวถึงเรื่องนั้นๆ หรือระลึกได้เมื่อต้องการนำความรู้นั้นมาใช้

จะเห็นได้ว่า ความหมายของการจำมีความสัมพันธ์กับความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.3 กระบวนการเรียนรู้และระบบการจำ

ความจำเป็นพฤติกรรมภายในที่มีผลต่อการเรียนรู้ที่ต้องใช้ข้อมูลและประสบการณ์จากความจำ หากบุคคลใดลืมหรือไม่สามารถจำประสบการณ์การเรียนรู้ต่างๆ ที่ผ่านมาได้ จะทำให้การเรียนรู้ การคิดแก้ปัญหา และการคิดสร้างสรรค์ต่างๆ เกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้และระบบการจำจึงมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่ง (โยธิน ศันสนยุทธ, 2533: 96; ไพบูลย์ เทวรักษ์, 2540: 103)

Gagné (1974 อ้างถึงใน เพราพรรณ เปลี่ยนภู่, 2542: 173-175) ได้อธิบายขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้และระบบการจำสรุปได้ดังนี้

1) ขั้นการจูงใจ เป็นการตั้งความคาดหวังก่อนการเรียนรู้ซึ่งจะมีผลต่อพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียน ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรกระตุ้นและเน้นให้ผู้เรียนเห็นวัตถุประสงค์ในการเรียน รวมถึงการสร้างแรงจูงใจในการเรียน เพราะช่วยทำให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้ ทำงานด้วยความตั้งใจ กระฉับกระเฉง และมองเห็นจุดมุ่งหมาย

2) ขั้นความใส่ใจ เป็นการรับสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นจากระบบบันทึกการรับรู้ (sensory register) โดยนักเรียนจะเลือกเรียนสิ่งที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และความคาดหวัง ซึ่งมีผลต่อการทำความเข้าใจในสิ่งที่เรียนและการตีความหมายสิ่งที่รับรู้ การเรียนรู้ในขั้นนี้ประกอบด้วยความเอาใจใส่และความตั้งใจ จึงทำให้นักเรียนสามารถรับรู้สาระสำคัญจากสิ่งเร้าได้ทั้งหมด

3) ขั้นได้ความรู้ เป็นการจัดบทเรียนที่เร้าความสนใจ ซึ่งจะเป็นสื่อการสอนที่ผู้สอนใช้เป็นสิ่งอ้างอิงในการเชื่อมโยงความคิด หรือเป็นจุดเริ่มต้นของเรื่อง หรือเป็นจุดที่สร้างความคิดหรือเป็นสื่อให้เกิดความคิดไตร่ตรอง (reflexive thinking) วิธีการดังกล่าวจะสามารถช่วยให้ผู้เรียนตีความหมายจากสิ่งเร้าได้ดียิ่งขึ้น

4) ขั้นการจำ เป็นการเก็บรักษาข้อมูลเพื่อการนำไปใช้ ข้อมูลที่ผู้เรียนเก็บไว้ได้นานต้องเป็นข้อมูลที่มีความหมายต่อผู้เรียน มีการเรียนอย่างเป็นระบบ หรือมีการเก็บข้อมูลอยู่ในรูปของมโนทัศน์ และผู้สอนต้องมีบทบาทในการทบทวน ฝึกฝน และสร้างกิจกรรม ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ในขั้นนี้เกิดผลมากขึ้น ทำให้ข้อมูลคงอยู่ในความทรงจำระยะยาว

5) ขั้นระลึก เป็นการนำความรู้กลับมาใช้ หากผู้เรียนสามารถระลึกสิ่งที่เรียนรู้ได้ และนำกลับมาใช้ได้อีก แสดงว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง ดั้งนั้นครูผู้สอนจึงต้องพิจารณาหาวิธีการทำให้นักเรียนสามารถนำข้อมูลหรือความรู้กลับออกมาใช้ โดยการสร้างสถานการณ์เพื่อให้ระลึกสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วด้วยการบอกใบ้ หรือการแนะนำแนวทางให้ผู้เรียน เป็นต้น

6) ขั้นการแผ่ขยายสรุปถ่ายโยง เป็นการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้และจำมาใช้ในสถานการณ์อื่นๆ การถ่ายโยงเกิดจากการที่ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการต่างๆ ด้วยการหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งความสามารถและทักษะในการถ่ายโยงความรู้ขึ้นอยู่กับการวางแผนและลักษณะการจัดการเรียนการสอนของผู้สอนด้วย

7) ขั้นปฏิบัติการตอบสนอง เป็นการทบทวนย้อนให้เห็นว่าผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง ผู้สอนต้องพยายามค้นหาความสามารถของผู้เรียน หรือประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน พฤติกรรมนี้จะสามารถสังเกตได้ด้วยการทดสอบ การตอบคำถาม หรือการลงมือปฏิบัติ

8) ขั้นการแสดงผลย้อนกลับ เป็นการแจ้งผลการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทราบ เป็นการเสริมแรงทางบวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดกำลังใจ หรือปรับตัวเองให้ดีขึ้น การให้ผลย้อนกลับทำได้หลายลักษณะ เช่น ทราบผลด้วยตนเอง จากการประเมินภายนอก หรือการประเมินจากผู้สอน

จิราภา เต็งไตรรัตน์ และคณะ (2544: 140-141) ได้แบ่งประเภทของการจำออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) ระบบความจำการรู้สึกสัมผัส (sensory memory) หมายถึงการคงอยู่ของความรู้สึกสัมผัสหลังการที่สิ่งเร้าต่างๆ สัมผัสกับประสาทสัมผัสสิ้นสุดลง เช่น ความจำภาพติดตา (iconic memory) และความจำเสียงก้องหู (echoic memory) เป็นต้น ความจำชนิดนี้จะสูญหายเกือบหมดภายในเวลา 1 วินาที แต่จะมีข้อมูลบางส่วนที่จะเข้าสู่ระบบความจำระยะสั้นต่อไป

2) ระบบความจำระยะสั้น (short-term memory หรือ STM) หมายถึงความจำที่เกิดขึ้นหลังจากที่เกิดการรับรู้ โดยเมื่อสิ่งเร้าได้รับการตีความและการรับรู้แล้วก็จะเข้าสู่ความจำระยะสั้นและจะอยู่ในความจำระยะสั้นชั่วคราว ความจำระยะสั้นใช้สำหรับการจำชั่วคราวเพื่อประโยชน์ขณะจำอยู่เท่านั้น นักจิตวิทยาศึกษาเกี่ยวกับความจำระยะสั้นพบว่า สามารถจำได้มากที่สุดเพียง 30 วินาทีเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกระบบความจำระยะสั้นนี้ว่า “ความจำขณะทำงาน” (working memory) เพราะเป็นความจำในสิ่งที่กำลังใช้เท่านั้น

3) ระบบความจำระยะยาว (long-term memory หรือ LTM) หมายถึงความจำที่ถาวรซึ่งอาจจะคงอยู่เป็นเดือน ปี หรือตลอดชีวิต สิ่งที่จำในระบบความจำระยะยาวอาจจะเป็นความหมายหรือความเข้าใจต่อสิ่งที่ได้ยิน ได้เห็น ความเข้าใจนี้เป็นผลจากการตีความสิ่งเร้าที่รู้สึกอยู่ในความจำระยะสั้น ดังนั้นสิ่งที่อยู่ในความจำระยะยาวอาจจะตรงหรือไม่ตรงกับสิ่งเร้าเดิม และอาจจะลืมได้ แต่หากมีสิ่งเร้าที่เหมาะสมมากระตุ้นเพื่อรื้อฟื้นความจำ ก็จะสามารถระลึกได้

Atkinson et al. (1990: 289) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ของความจำระยะสั้นและความจำระยะยาวในทฤษฎีที่เรียกว่า “ทฤษฎีความจำสองกระบวนการ” (two process theories of memory) สรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

1) ความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว

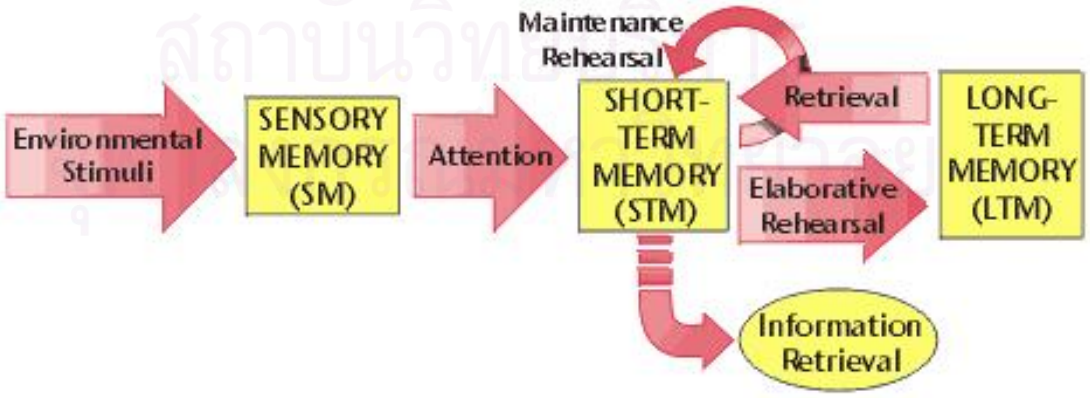
2) สิ่งที่จำไว้ในความจำระยะสั้นจะต้องได้รับการทบทวนตลอดเวลา ถ้าไม่มีการทบทวนสิ่งนั้นก็จะสลายตัวไปอย่างรวดเร็วกลายเป็นการลืม ดังนั้นการทบทวนซ้ำๆ จึงทำให้ข้อมูลคงอยู่ในความจำระยะสั้นและและทำให้ข้อมูลคงอยู่ในความจำระยะยาวด้วย

3) ในการทบทวนถ้ามีสิ่งต่างๆ เข้ามาในความจำระยะสั้นมากๆ จะไม่สามารถทบทวนทุกสิ่งที่เข้ามาในระบบความจำระยะสั้นได้ สิ่งที่ไม่ได้ทบทวนจะสลายตัวอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจำนวนสิ่งที่จำได้ในความจำระยะสั้นจึงมีจำกัด

4) สิ่งใดก็ตามถ้าอยู่ในความจำระยะสั้นยิ่งนาน สิ่งนั้นจะมีโอกาสฝังตัวในความจำระยะยาวมากยิ่งขึ้น

5) การฝังตัวในความจำระยะยาว เป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่อยู่ในความจำระยะยาวแล้วกับสิ่งที่เราต้องการจำ

แสดงระบบการจำซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างระบบความจำระยะสั้น และระบบความจำระยะยาว ดังปรากฏในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบการจำ (Atkinson et al., 1990: 289)

จากทฤษฎีความจำสองกระบวนการแสดงให้เห็นว่าความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว ยิ่งมีการทบทวนข้อมูลในการจำระยะสั้นมากจะทำให้ข้อมูลนั้นถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาวได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเวลาผ่านไป ข้อมูลในความจำระยะยาวบางส่วนอาจเลือนหาย แต่เมื่อมีการรื้อฟื้นจะสามารถระลึกได้

Klausmeier (1985: 105) ได้อธิบายกระบวนการประมวลข้อมูลระบบการจำสรุปว่าเริ่มจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งเร้าที่เข้ามาจะได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะสั้น ซึ่งการบันทึกนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ การรู้จัก (recognition) และความใส่ใจ (attention) ของบุคคลที่รับสิ่งเร้า บุคคลจะเลือกรับสิ่งเร้าที่ตนรู้จักหรือมีความสนใจ สิ่งเร้านั้นจะได้รับการบันทึกในความจำระยะสั้น ซึ่งจะคงอยู่ในระยะเวลาที่จำกัดมาก แต่ละบุคคลมีความสามารถในการจำระยะสั้นแตกต่างกัน โดยจะสามารถจำสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกันได้เพียงครั้งละ 7±2 อย่างเท่านั้น การเก็บข้อมูลไว้ใช้งานในภายหลังสามารถทำได้ด้วยการประมวล และเปลี่ยนรูปข้อมูลโดยการเข้ารหัส (encoding) เพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว ซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การท่องซ้ำหลายๆ ครั้ง หรือการทำให้ข้อมูลมีความหมายกับตนเอง โดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับสิ่งเก่าที่เคยเรียนรู้มาก่อน ซึ่งเรียกว่า “กระบวนการขยายความคิด” (elaborative operation process) ความจำระยะยาวนี้มี 2 ชนิดคือ ความจำเกี่ยวกับภาษา (semantic) และความจำเกี่ยวกับเหตุการณ์ (episodic) นอกจากนั้นยังอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ความจำประเภทกลไกที่เคลื่อนไหว (motoric memory) และความจำประเภทอารมณ์ความรู้สึก (affective memory) เมื่อข้อมูลข่าวสารได้รับการบันทึกไว้ในความจำระยะยาวแล้ว บุคคลจะสามารถเรียกข้อมูลต่างๆ ออกมาใช้ได้ ซึ่งในการเรียกข้อมูลออกมาใช้ บุคคลจำเป็นต้องถอดรหัสข้อมูล (decoding) จากความจำระยะยาวนั้นและส่งต่อข้อมูลไปสู่ตัวก่อกำเนิดพฤติกรรมตอบสนอง ซึ่งจะเป็นแรงขับหรือกระตุ้นให้บุคคลมีการเคลื่อนไหวหรือการพูดสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ

นอกจากนี้ ประสาท อิศรปรีดา (2547: 267) ได้สรุปความแตกต่างระหว่างระบบความจำระยะสั้นและระบบความจำระยะยาว ดังปรากฏในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างระหว่างระบบความจำระยะสั้นและระบบความจำระยะยาว

ระบบความจำ	การรับสาร	ความจุ	ระยะเวลาเก็บจำ	เนื้อหา	การเรียกใช้
ความจำระยะสั้น	เร็วมาก	มีขีดจำกัด	สั้นมาก (ประมาณ 20-30 วินาที)	คำ จินตนาการ แนวคิด ประโยค	ทันที
ความจำระยะยาว	ค่อนข้างช้า	ไม่มีขีดจำกัด	ไม่จำกัด	ประพจน์ มโนทัศน์ เหตุการณ์ จินตนาการ	ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและการจัดระเบียบข้อมูล

จากกระบวนการเรียนรู้และระบบการจำที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการเรียนรู้และระบบการจำมีความสัมพันธ์กัน เพราะความจำเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ที่ซับซ้อน ระบบการจำแบ่งได้ 3 ประเภท คือ ระบบความจำการรู้สึกสัมผัส ระบบความจำระยะสั้น และระบบความจำระยะยาว ซึ่งความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว สามารถเลือนหายได้อย่างรวดเร็ว และหากสิ่งเร้าที่อยู่ในความจำระยะสั้นได้รับการตีความจนเกิดความเข้าใจ จะถูกประมวลและเปลี่ยนรูปข้อมูลโดยการเข้ารหัสเพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว ซึ่งต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การทบทวน การทำให้ข้อมูลมีความหมายต่อตนเองโดยการสัมพันธ์สิ่งที่เรียนใหม่กับความรู้เดิม การรื้อฟื้นความจำจะต้องถอดรหัสข้อมูลจึงจะสามารถระลึกข้อมูลและนำออกมาใช้ได้

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำ

วรรณี ลิมอักษร (2546: 114-115) ได้กล่าวถึงปัจจัยอิทธิพลที่มีต่อการจำ ดังนี้

1) วัย ผู้ใหญ่ที่มีอายุไม่เกิน 35 ปี จะสามารถจดจำได้มากและรวดเร็วกว่าเด็ก ทั้งนี้เพราะผู้ใหญ่มีสมองที่พัฒนาเต็มที่แล้ว อีกทั้งมีหลักการและเทคนิคในการจำมากกว่าเด็ก แต่ที่ดูเหมือนว่าเด็กจำอะไรได้ง่ายนั้น แท้จริงแล้วน่าจะเกิดจากเด็กมีเรื่องที่จะต้องจำน้อยกว่าผู้ใหญ่นั่นเอง

2) ระดับสติปัญญา นักจิตวิทยาไม่พบความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างสติปัญญากับความจำ เพียงแต่พบว่าผู้ที่มีระดับสติปัญญาสูงมักมีเทคนิคในการจำที่ดีกว่า และใช้เวลาในการจำน้อยกว่าผู้ที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และยังพบอีกว่าเมื่อผู้มีระดับสติปัญญาต่ำจำสิ่งใดได้แล้วมักจะจำได้นานไม่ค่อยจะลืม ทั้งนี้เพราะต้องใช้ความพยายามในการจำ และต้องใช้จำนวนครั้งในการทบทวนเพื่อให้จำมากกว่าผู้ที่มีระดับสติปัญญาตามปกติ หรือผู้ที่มีระดับสติปัญญาสูง

3) ความใส่ใจและแรงจูงใจ เมื่อบุคคลมีความใส่ใจในเรื่องใดมากเป็นพิเศษมักจะมีความจดจ่อหรือเอาใจใส่เรื่องนั้นมาก ซึ่งจะส่งผลให้สามารถนำความจำการรู้สึกสัมผัสไปสู่ความจำระยะสั้น และส่งต่อไปบันทึกในความจำระยะยาวได้มาก

4) ความประทับใจ ไม่ว่าจะเป็นความประทับใจในด้านดีหรือไม่ดีก็ตาม ความประทับใจจะไปกระตุ้นให้บุคคลมีอารมณ์เกิดขึ้น อารมณ์ดังกล่าวจะกระตุ้น nor epinephrine synapses ในสมองที่มีชื่อว่า - adrenergic synapses ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการจำให้มากขึ้น

5) เพศ ทั้งเพศหญิงและเพศชายมีความสามารถในการจำไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่า เพศหญิงมีความสนใจที่จะมีพัฒนาการในการจำมากกว่าเพศชายและมักจะมีการฝึกฝนความจำอยู่เสมอ

2.5 หลักการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้

วารินทร์ รัศมีพรหม (2532: 29) กล่าวถึงหลักการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ไว้ดังต่อไปนี้

1) การเรียนรู้สิ่งที่มีความหมายต่อผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนเรียนได้เร็วและจำได้นานกว่าสิ่งที่ไร้ความหมาย

2) การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องมากกว่า 2 อย่างขึ้นไปจะเกิดขึ้นได้ถ้านำวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นมาไว้ติดกัน หรือต่อเนื่องกัน หลักการนี้คือ หลักความใกล้ชิด (proximity) และหลักความต่อเนื่อง (contiguity)

3) ความถี่ของสิ่งเร้า (stimulus) และการตอบสนองที่เกิดขึ้นเหมือนหรือคล้ายกันมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ตามกฎความถี่ของ Thorndike การกระทำซ้ำๆ หรือการฝึกฝนจะส่งเสริมความคงทนของข้อมูลในระยะเวลาสั้นๆ แต่กระบวนการที่ใช้ เช่น การใช้รหัส การเสริมแต่งและการถ่ายทอดจะส่งเสริมความคงทนของข้อมูลในระยะยาว การทำซ้ำๆ เป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนทักษะและการเรียนรู้สิ่งที่ไร้ความหมาย ดังนั้นผู้ออกแบบสารจึงต้องออกแบบสารให้มีความหมายที่ผู้เรียนสามารถจดจำได้ดีขึ้น

4) การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับผลการเรียน ถ้าผลการเรียนนั้นให้ความชื่นชอบ ลดความตึงเครียด มีประโยชน์ เป็นการให้รางวัล หรือเป็นข้อมูลที่ต้องการเรียนรู้ จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นและคงทนมากขึ้นตามตามกฎของ Thorndike (law of effect)

วิธีการที่จะช่วยให้เกิดความจำระยะยาวได้ดี แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การจัดบทเรียนให้มีความหมาย และการจัดสภาพส่งเสริมการเรียนรู้

1) การจัดบทเรียนให้มีความหมาย หากเนื้อหามีความหมายเพียงพอแล้วย่อมไม่มีการลืมเนื้อหานั้น แม้เนื้อหานั้นจะมีโครงร่างไม่ดีนักแต่หากมีความหมาย ผู้เรียนก็จะจดจำได้นาน ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้หรือเกิดความจำดีขึ้น ควรใช้วิธีการดังนี้

1.1) การสร้างสื่อสัมพันธ์ (mediation) เป็นวิธีการสร้างสื่อสัมพันธ์อย่างมีความหมาย ช่วยในการจำบทเรียนที่ขาดความหมาย

1.2) การจัดระบบไว้ล่วงหน้า (advanced organization) เป็นการสรุปโครงสร้างหรือกระบวนการเกี่ยวกับบทเรียนให้นักเรียนทราบก่อนการเรียนในเนื้อหาวิชานั้นๆ

1.3) การจัดเป็นลำดับขั้น (hierarchical structure) เน้นการจัดบทเรียนให้เป็นลำดับตามขั้นการเรียนรู้ ในลำดับขั้นต่ำกว่าจะเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนเรียนรู้ขั้นที่สูงขึ้นเป็นลำดับไป นักเรียนต้องมีความรู้ในขั้นแรกก่อนที่จะเรียนรู้ในขั้นต่อไป

1.4) การจัดเข้าเป็นหมวดหมู่ (organization) เป็นการนำเข้าข้อมูลที่ได้เรียนรู้แล้วมาจัดให้เข้าเป็นระบบระเบียบและเข้าแบบแผน จะใช้ในกรณีที่ต้องการสร้างความเชื่อมโยงของข้อมูลจำนวนมากๆ การจัดข้อมูลนี้จะเป็นการประหยัดเนื้อที่การเก็บข้อมูลในสมอง

ปัญหาของการเก็บข้อมูลในความจำระยะยาวคือ การรื้อฟื้นความจำขึ้นมาได้ยาก แต่การจัดระเบียบแบบแผนอาจกระทำได้โดยการจัดตามหัวข้อเรื่องและการจัดตามลำดับอนุกรม ประเภทความยากง่าย เป็นต้น

2) การจัดสภาพส่งเสริมการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับบทเรียนมากขึ้น ทั้งในระหว่างการเรียนการสอนและภายหลังการเรียนการสอนแล้ว โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

2.1) การนึกถึงสิ่งที่เรียนขณะที่ฝึกฝนอยู่ (recall during practice)

2.2) การเรียนเพิ่มเติม (over learning)

2.3) การท่องจำ (recitation)

2.4) การสร้างจินตภาพ (imagery)

เช่นเดียวกับ จิราภา เต็งไตรรัตน์ และคณะ (2544: 144-146) ที่ได้เสนอแนะเกี่ยวกับวิธีการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความจำในสิ่งที่เรียนได้มากขึ้น ดังนี้

1) การจัดหมวดหมู่ (organization)

2) การทบทวนตนเอง (self recitation)

3) การเรียนเพิ่มเติม (over learning)

4) การสร้างจินตภาพ (imagery)

นอกจากนี้ ประสาท อิศรปรีดา (2547: 144-146) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถจำสิ่งที่เรียนได้ดี ดังนี้

1) เร้าหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความใส่ใจในบทเรียน

2) ช่วยเหลือผู้เรียนในการแยกรายละเอียดที่จำเป็นออกจากสิ่งที่ไม่จำเป็น และเน้นสาระสำคัญของข้อมูล

3) ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสาระข้อมูลใหม่กับสิ่งที่นักเรียนรู้อยู่ หรือความรู้เดิมของนักเรียน

4) ให้ผู้เรียนท่องจำ ทำซ้ำๆ ทบทวนสาระความรู้เพื่อให้สิ่งที่เรียนรู้คงอยู่อย่างถาวร

5) ครูผู้สอนเสนอเนื้อหาที่ชัดเจนและเป็นระเบียบ

6) เน้นการจดจำอย่างเข้าในความหมาย ไม่ใช่การจดจำแบบท่องจำ

จากหลักการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้โดยการเชื่อมโยงวัตถุหรือเหตุการณ์ การให้ความถี่ของสิ่งเร้า การฝึกหรือการทบทวน การท่องจำอย่างมีความหมาย การจัดเป็นลำดับขั้น การจัดหมวดหมู่ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเก็บข้อมูลในความจำระยะยาวและจำได้อย่างถาวร ซึ่งจะทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้

2.6 การวัดความคงทนในการเรียนรู้

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาทั้งในและต่างประเทศได้เสนอแนวคิดในการวัดความคงทนในการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

Nunnally (1959: 105-108) กล่าวว่า “ระยะเวลาที่ใช้ในการวัดความคงทนในการเรียนรู้ ควรเว้นช่วงเวลาในการสอบห่างกันอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพราะความเคยชินในการทำแบบทดสอบอาจทำให้คะแนนสอบเกิดความคลาดเคลื่อนต่างๆ ได้” ต่อมา Lindvall and Nitko (1967: 127) กล่าวว่า “ระยะเวลาที่ใช้ในการวัดความคงทนในการเรียนรู้ ควรใช้เวลาห่างกันตั้งแต่ 1 สัปดาห์ถึง 1 เดือน เพราะการเว้นช่วงในระยะเวลาดังกล่าวจะทำให้เกิดความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการทดสอบซ้ำ” นอกจากนี้ ชัยพร วิชชาวุธ (2525: 118) ได้กล่าวว่า “ช่วงระยะเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวเป็นความจำระยะยาวหรือความคงทนในการเรียนรู้ใช้เวลาประมาณ 14 วัน หลังจากได้เรียนรู้ผ่านไปแล้ว” และชวาล แพรัตกุล (2536: 1) กล่าวว่า “การวัดความคงทนใน

การเรียนเป็นการสอบซ้ำโดยใช้ข้อสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน เวลาในการสอบครั้งแรกและครั้งที่สองควรเว้นห่างกันประมาณ 2-4 สัปดาห์"

จากการวัดความคงทนในการเรียนรู้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการวัดความคงทนในการเรียนรู้ คือ ประมาณ 2 สัปดาห์ หลังจากที่เรียนรู้ผ่านไปแล้ว โดยวัดได้จากการทดสอบซ้ำโดยใช้ข้อสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วัดความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยเว้นระยะเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากการทดสอบในครั้งแรกหลังการเรียนทันที และใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกันในการวัดความคงทนในการเรียนรู้

3. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communications Technology) หรือเรียกโดยย่อว่า ไอซี (ICT) เป็นคำที่มาจากการรวมกันของคำว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) และคำว่า เทคโนโลยีการสื่อสาร (Communications Technology) โดยเกิดจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี 2 ประเภท (กิดานันท์ มลิทอง, 2548: 12) ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้ดังต่อไปนี้

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (2538: 3-7) ทรงให้อรรถาธิบายคำว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ สรุปความได้ว่า เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือที่เรียกว่าไอที (IT) เป็นการจัดกระบวนการดำเนินงานสารสนเทศในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่การเสาะแสวงหา การวิเคราะห์ การจัดเก็บ การจัดการ และการเผยแพร่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความรวดเร็วต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ต่อมากระทรวงศึกษาธิการ (2542: 9-11) โดยกองวิจัยการศึกษา กล่าวว่า "ไอซีทีเป็นเครื่องมือทั้งที่เป็นวัสดุอุปกรณ์ การประยุกต์ใช้และการบริการ เพื่อใช้ในการผลิต ประมวลผล จัดเก็บ และแลกเปลี่ยนสารสนเทศ ดังนั้น ไอซีทีแบบดั้งเดิมจึงรวมถึง

วิทยุ โทรทัศน์ และโทรศัพท์ ส่วนไอซีทีแบบใหม่จะเป็นเรื่องของคอมพิวเตอร์ การสื่อสารผ่านดาวเทียมเครือข่ายการสื่อสาร เทคโนโลยีไร้สาย และอินเตอร์เน็ต” และแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย พ.ศ. 2545-2549 (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2545: 92) กล่าวว่า “เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หมายถึง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับข่าวสารข้อมูลและการสื่อสาร นับตั้งแต่การสร้าง การนำมาวิเคราะห์หรือประมวลผลการรับและส่งข้อมูล การจัดเก็บ และการนำไปใช้งานใหม่ เทคโนโลยีเหล่านี้ มักจะหมายถึงคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนอุปกรณ์ (hardware) ส่วนคำสั่ง (software) และส่วนข้อมูล (data) และระบบการสื่อสารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ ระบบสื่อสารข้อมูล ดาวเทียม หรือเครื่องมือสื่อสารใดๆ ที่มีสายและไร้สาย”

จากความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หมายถึง เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์โดยการทำงานร่วมกันระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการประมวลผล จัดเก็บ เข้าถึง นำเสนอ และเผยแพร่สารสนเทศด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีการรับส่งสารสนเทศด้วยเทคโนโลยีการสื่อสารความเร็วสูง

3.2 รูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวงการศึกษา

Lager and Lokman (1999 อ้างถึงใน กิดานันท์ มลิทอง, 2548: 99) กล่าวถึงการใช้ไอซีทีในวงการศึกษาว่าสามารถใช้ได้หลายรูปแบบ สรุปได้ดังนี้

1) ไอซีทีเป็นวิชา หมายถึง การเรียนรู้เกี่ยวกับไอซีทีโดยจัดเป็นคอร์สวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ เนื้อหาที่จะเรียนในวิชานี้จะตื้นลึกมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประเภทของการศึกษาและระดับของผู้เรียน เช่น ผู้เรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาย่อมเรียนเนื้อหาไม่ลึกมากเท่าผู้เรียนในระดับปริญญาหรือผู้เรียนในสถาบันด้านเทคนิค การเรียนรู้เกี่ยวกับไอซีทีเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนเพื่อใช้ไอซีทีในการศึกษาหาความรู้ ในวิชาชีพและชีวิตสังคมในอนาคต

2) ไอซีทีเป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนโดยตรง เป็นการใช้ไอซีทีเป็นสื่อเพื่อให้ครูใช้สอนและผู้เรียนใช้เรียน ลักษณะการใช้อาจมีอยู่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกันตาม

เทคนิคและวิธีการสอน เช่น ใช้ในการเรียนเพื่อฝึกทักษะปฏิบัติ (drill and practice) ใช้ในการจำลอง (simulations) และใช้ในเครือข่ายการศึกษา เป็นต้น

3) ไอซีทีเป็นเครื่องมือช่วย เป็นการใช้ไอซีทีเป็นเครื่องมือช่วยในการทำงาน เช่น การรวบรวมข้อมูลเอกสาร การเตรียมการสอน การทำงานค้นคว้าวิจัย การติดต่อกับผู้ปกครองนักเรียน ฯลฯ การใช้ไอซีทีในลักษณะนี้เป็นการใช้งานอย่างอิสระจากวิชาเรียน

4) ไอซีทีเป็นเครื่องมือในการช่วยจัดการและรวบรวมโครงสร้างในสถาบันการศึกษา เช่น การใช้เครือข่ายเฉพาะที่ในหน่วยงาน การใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (MIS: Management Information System)

จากรูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวงการศึกษาข้างต้น การวิจัยครั้งนี้ซึ่งเป็นการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนชีววิทยาของผู้เรียน จัดเป็นการใช้ไอซีทีในรูปแบบ “ไอซีทีเป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนโดยตรง” เนื่องจากเป็นการใช้ไอซีทีเป็นสื่อเพื่อให้ครูใช้สอนและผู้เรียนใช้เรียน ตามเทคนิคและวิธีการสอนที่จะได้กล่าวในลำดับต่อไป

3.3 แนวทางการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

Wellington (2000: 201-219) ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1) คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง (computer simulations)

2) มัลติมีเดีย (multimedia)

3) โปรแกรมประมวลคำ (word processing) และโปรแกรมการพิมพ์ตั้งโต๊ะ (desktop publishing)

4) โปรแกรมตารางคำนวณ (spreadsheet)

5) ฟังก์ชันเก็บข้อมูล (Data-logging)

6) ฐานข้อมูล (databases)

7) อินเตอร์เน็ท (internet)

อลิศรา ชูชาติ (2549: 188-195) ได้กล่าวถึงแนวทางการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1) การใช้คอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูป (Computer Assisted Instruction: CAI)

การใช้คอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูปจัดเป็นวิธีการแรกๆ ที่มีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แม้ว่าวัตถุประสงค์ของคอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูปนั้นคือให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหานั้นด้วยตนเอง แต่ก็ควรคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน และการกำหนดให้นักเรียนศึกษาบทเรียนด้วยตนเอง โดยไม่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนของครู อาจทำให้ผู้เรียนขาดการพัฒนาทักษะด้านต่างๆ อีกทั้งขาดการมีปฏิสัมพันธ์ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้สอนกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนด้วยกันเองได้ ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการมอบหมายงานให้นักเรียนไปศึกษาบทเรียนเหล่านี้ด้วยตนเองตามลำพัง

แนวทางการใช้คอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูปที่ประสบผลสำเร็จควรนำมาใช้ร่วมกับกระบวนการเรียนการสอน โดยมอบหมายประเด็นศึกษาเฉพาะให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง และควรให้มีการทำรายงาน หรือเสนอผลงานจากการศึกษาด้วยตนเอง แม้ว่าในบทเรียนนั้นจะมีแบบทดสอบท้ายบทเรียนแล้วก็ตาม หรือการใช้คอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูปในการทบทวนบทเรียน หรือการสอนซ่อมเสริมสำหรับนักเรียนที่มีความจำเป็น ทั้งนี้ในการกำหนดหรือมอบหมายงานให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเอง ครูผู้สอนอาจต้องแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนั้นด้วย

2) การใช้เว็บไซต์และอินเตอร์เน็ท

การใช้เว็บไซต์เป็นแหล่งการเรียนรู้นั้นกระทำได้หลายวิธี แต่วิธีการที่ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การใช้ควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยใช้ข้อมูลจาก

เว็บไซต์เป็นแหล่งการเรียนรู้ โดยหลังจากที่ผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนแล้ว ครูกำหนดให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากเว็บไซต์ที่กำหนด อาจกำหนดให้ศึกษาหนึ่งหรือสองเว็บไซต์ก็ได้ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ครูได้สำรวจและศึกษาล่วงหน้ามาแล้ว และมีข้อความรู้ที่ต้องการให้ศึกษา จากนั้นกำหนดประเด็นที่ต้องการให้ผู้เรียนสรุปหรือวิเคราะห์จากเว็บไซต์ภายในระยะเวลาที่กำหนด

สำหรับปัญหาเรื่องการเชื่อมต่อระบบออนไลน์ สามารถแก้ไขได้โดยการจัดเก็บข้อมูลดังกล่าวไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ของโรงเรียน หรือบันทึกลงในสื่อบันทึกต่างๆ ซึ่งครูสามารถดึงข้อมูลมาใช้ในชั่วโมงเรียนได้โดยไม่ต้องวิตกเกี่ยวกับการเชื่อมต่อระบบออนไลน์ในชั่วโมงสอน เมื่อนักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการศึกษาบนระบบออนไลน์ ครูจึงมอบหมายให้ผู้เรียนศึกษาติดตามข่าวและงานวิจัยร่วมสมัยที่สอดคล้องกับหัวข้อที่เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถติดตามข่าวสารใหม่ๆ ได้ตลอดเวลา สิ่งที่สำคัญคือ ครูต้องมอบหมายงานให้ชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า หรือประเด็นที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือสรุปความ

3) การใช้สถานการณ์จำลอง (simulation) และการสร้างแบบจำลอง (modeling)

สถานการณ์จำลอง คือ แบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบสื่อคอมพิวเตอร์ และผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์นั้น เช่น การศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์จำลองการทดลองต่างๆ ซึ่งครูสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในบทเรียนที่เป็นการปฏิบัติการทดลอง แม้ว่าการใช้สถานการณ์จำลองไม่อาจทดแทนการปฏิบัติการทดลองได้จริงทั้งหมด แต่ก็สามารถนำเสนอการทดลองหรือจำลองปรากฏการณ์ที่อาจเป็นอันตราย การทดลองที่ไม่สามารถดำเนินการในระดับห้องเรียนหรือโรงเรียน การทดลองที่ต้องใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ราคาสูงหรือต้องใช้สารเคมีที่มักประสบปัญหาในการจัดหาหรือเก็บรักษา และการทดลองที่ต้องใช้เวลานาน สถานการณ์จำลองจะช่วยให้นักเรียนได้รู้จักการทดลอง แม้ว่าจะไม่ได้ดำเนินการทดลองได้ด้วยตนเองก็ตาม

ส่วนแบบจำลองต่างจากสถานการณ์จำลอง คือ เป็นการจำลองหลักการโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองโดยการใส่ข้อมูล กระบวนการนี้นักเรียนสามารถได้เรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ซึ่งถ้าครูมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์มากขึ้น ครูอาจใช้โปรแกรมการสร้างแบบจำลองสำเร็จรูป โดยครูและนักเรียนสามารถช่วยกันศึกษา

และคิดค้นแบบจำลองใหม่ แต่ทั้งนี้การดำเนินการต่างๆ จำเป็นต้องอยู่ภายใต้กระบวนการเรียนการสอนของครู

4) มัลติมีเดีย

มัลติมีเดีย ได้แก่ ภาพ เสียง เนื้อหา รูปวาด รูปภาพ ภาพแอนิเมชัน วีดิทัศน์ มัลติมีเดียเหล่านี้ช่วยนำภาพแห่งความเป็นจริง เหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เป็นจริงมาสู่นักเรียน ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้สัมผัสกับปรากฏการณ์เสมือนจริง (virtual reality) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดแรงบันดาลใจในการอยากเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น การนำภาพแอนิเมชันจากเว็บไซต์การศึกษาต่างๆ มาใช้ในการเรียนการสอนได้ง่ายๆ หรือครูอาจจัดทำสื่อมัลติมีเดียขึ้นง่ายๆ โดนการถ่ายภาพต่างๆ ด้วยกล้องดิจิตอล และโอนภาพลงในคอมพิวเตอร์ หรืออาจใช้วิธีการตัดต่อจากวีดิทัศน์แล้วบันทึกลงในซีดีรอม ลักษณะของมัลติมีเดียที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรเป็นมัลติมีเดียที่มีการตอบสนองต่อข้อมูลคำสั่งของผู้ใช้ ซึ่งจะทำให้บทเรียนน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

จะเห็นได้ว่า การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้หลายแนวทาง ได้แก่ การใช้คอมพิวเตอร์บทเรียนสำเร็จรูป คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง มัลติมีเดีย โปรแกรมประมวลคำ โปรแกรมตารางคำนวณ Data-logging ฐานข้อมูล และอินเทอร์เน็ท ซึ่งรูปแบบการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ การใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอในลำดับต่อไป

3.4 **คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**

3.4.1 **ความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง**

จากการศึกษาความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง พบว่ามีผู้นิยามไว้ดังต่อไปนี้

Alessi and Trollip (1991: 161) กล่าวถึงความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไว้ว่า “คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง คือ เทคนิคที่สามารถใช้สอนเกี่ยวกับ

ปรากฏการณ์บางอย่างบนโลกโดยการเลียนแบบหรือจำลองปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์จำลองเช่นเดียวกับการเรียนรู้จากการเผชิญสถานการณ์จริง โดยการละเว้นหรือเปลี่ยนแปลงรายละเอียด ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนแก้ปัญหา เรียนรู้กระบวนการ และนำมาซึ่งความเข้าใจในลักษณะของปรากฏการณ์นั้น และเรียนรู้ว่าจะควบคุมอย่างไร หรือเรียนรู้ว่าการกระทำใดที่จะส่งผลให้สถานการณ์แตกต่างออกไป" ในขณะที่ Parkinson (2004: 219) ได้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไว้ว่า "คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่บรรจุแบบจำลองของระบบต่างๆ เช่น ระบบหายใจของมนุษย์ (human respiratory system) ธรรมชาติของอนุภาคสสาร (the particulate nature of matter) และขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการในอุตสาหกรรม (the stages of an industrial process) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีกว่าการจำลองสถานการณ์ในรูปแบบอื่นๆ" ต่อมา Smentana and Bell (2006: 267) ได้กล่าวเพิ่มเติมว่า "คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง เป็นตัวอย่างหนึ่งของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนยุคปัจจุบัน ซึ่งมีทั้งแบบที่นำมาใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายและแบบเพื่อการพาณิชย์ โดยคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถจำลองและแสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือกระบวนการต่างๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนสามารถสังเกต สำรวจและค้นหา เรียนรู้ และได้รับผลป้อนกลับจากสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองโดยทันที ซึ่งผู้เรียนสามารถเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานและการทำนายของผู้เรียนได้" นอกจากนั้น ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541: 133) ได้กล่าวว่า "คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ โดยให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับเหตุการณ์ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริง การได้สัมผัสเหตุการณ์อาจหมายถึงการทำความเข้าใจในสถานการณ์ การเรียนรู้เพื่อที่จะควบคุมสถานการณ์ การตัดสินใจ และการเรียนรู้ที่จะปฏิบัติตนในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน" และ อลิศรา ชูชาติ (2549: 192) ได้สรุปความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไว้ว่า "สถานการณ์จำลอง คือ แบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบสื่อคอมพิวเตอร์ และผู้เรียนสามารถศึกษาเรียนรู้จากสถานการณ์นั้น"

จากความหมายของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองตามที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านกล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า

คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ หรือกระบวนการต่างๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือแบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบคอมพิวเตอร์ที่ผู้เรียนสามารถสังเกต สำรวจและค้นหา เรียนรู้และทำความเข้าใจ และได้รับผลป้อนกลับโดยทันทีจากการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานและการทำนายของผู้เรียน ซึ่งผู้สอนสามารถใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้นได้

3.4.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

นักการศึกษาได้แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไว้ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Heinich and others (1999: 211-213 ; Heinich, Molenda and Russell, 1993: 226) ได้แบ่งคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือการจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมาย และการจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมาย เป็นการจำลองที่เน้นการอธิบายความหมายเกี่ยวกับวัตถุใดวัตถุหนึ่ง แนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง ซึ่งเป็นการจำลองซึ่งตอบคำถามว่า “คืออะไร” นั่นเอง การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับความหมายนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อยๆ ได้แก่ การจำลองกายภาพ (Physical simulation) และการจำลองกระบวนการ (Process simulation)

1.1) การจำลองกายภาพ (Physical simulation) เป็นการจำลองที่อธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งที่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่น ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เป็นต้น ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในลักษณะของการกำหนดค่าของตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่างๆ หรือจากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของสถานการณ์ตามเวลาที่ล่วงเลยไป ตัวอย่างการจำลองทางกายภาพ คือ

การสอนที่เกี่ยวกับโครงการประชาร่วมใจประหยัดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ซึ่งทำการสอนเกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้าโดยมีการนำเสนอในลักษณะการจำลองกายภาพ และให้ผู้เรียนกำหนดตัวแปรต่างๆ ได้ เช่น กำหนดจำนวนรอบของขดลวดที่พันรอบโรเตอร์ซึ่งมีผลต่อการเกิดพลังงานไฟฟ้า

1.2) การจำลองกระบวนการ (Process simulation) เป็นการอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับกระบวนการหรือแนวคิดที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ตัวอย่างเช่น การทำงานทางด้านเศรษฐกิจ ผลกระทบของอุปสงค์และอุปทานต่อการตั้งราคา การเติบโตและลดลงของประชากร เป็นต้น ข้อได้เปรียบของการจำลองกระบวนการ คือช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับระดับความเร็วช้าของกระบวนการที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ให้ได้ระดับและสามารถสังเกตได้ชัดเจนซึ่งการทำเช่นนี้ย่อมเป็นไปไม่ได้ในสถานการณ์จริง ไม่ว่าจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนตามไม่ทัน เช่น การเคลื่อนที่ของอิเลคตรอน แสง หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ เช่น การเจริญเติบโตของต้นไม้หรือสิ่งมีชีวิตบางชนิด เป็นต้น

ความคล้ายคลึงของการจำลองกระบวนการและการจำลองกายภาพได้แก่ ประการที่ 1 เป็นการจำลองที่มุ่งเน้นในการอธิบายความหมายเกี่ยวกับวัตถุใดวัตถุหนึ่ง แนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง ประการที่ 2 การเรียนรู้ของผู้เรียนจะเกิดจากการกำหนดค่า หรือปริมาณของตัวแปรต่างๆ ซึ่งผู้เรียนสามารถจะเปลี่ยนค่าตัวเลขใหม่ให้กับตัวแปรต่างๆ ได้ รวมทั้งการสังเกตผลลัพธ์ที่เปลี่ยนไปตามค่าที่กำหนด

2) การจำลองซึ่งตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการ เป็นการจำลองที่มุ่งเน้นในการอธิบายวิธีการในการจัดการกับวัตถุใดวัตถุหนึ่ง แนวคิดใดแนวคิดหนึ่งหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง ซึ่งเป็นการจำลองซึ่งตอบคำถามว่า “ทำอย่างไร” นั่นเอง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจำลองขั้นตอน (Procedural simulation) และการจำลองสถานการณ์ (Situational simulation)

2.1) การจำลองขั้นตอน (Procedural simulation) จะอธิบายลำดับของวิธีการในการจัดการกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความแตกต่างของการจำลองขั้นตอนกับการจำลองกายภาพคือการจำลองขั้นตอนเน้นในการสอนผู้เรียนให้ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่นการสอนผู้เรียนในการ

ใช้โทรศัพท์หรือการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ในขณะที่การจำลองกายภาพเน้นการสอนให้ผู้เรียนได้รู้เกี่ยวกับการทำงานของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น ชิ้นส่วนภายในของเครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานอย่างไร เป็นต้น ตัวอย่างได้แก่การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การจำลองในการสอนการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย เพื่อให้นักเรียนแพทย์สามารถให้การช่วยเหลือคนไข้ได้ถูกต้อง เป็นต้น การจำลองขั้นตอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำการสำรวจวิธีการหรือขั้นตอนต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้จะขึ้นอยู่กับการตัดสินใจที่แตกต่างกัน ผู้เรียนจะเรียนรู้จากการทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งบทเรียนจะมีการนำเสนอวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่นำไปสู่เป้าหมาย อย่างไรก็ตาม การนำเสนอวิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่จะนำไปสู่จุดหมายนั้นอาจมีได้หลายทางซึ่งแต่ละทางอาจมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป

2.2) การจำลองสถานการณ์ (Situational simulation) มุ่งเน้นด้านแนวคิด เจตคติหรือพฤติกรรมต่างๆ มากกว่าขั้นตอนหรือวิธีการในการจัดการกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ปกติแล้วการจำลองสถานการณ์จะนำเสนอสถานการณ์ที่ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการตัดสิน หรือผู้เรียนต้องเล่นบทบาทสำคัญในการตัดสินใจในสถานการณ์นั้น ตัวอย่างเช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลองสำหรับนิสิตหรือนักศึกษาฝึกสอน โดยมีการจำลองปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนที่ยากต่อการตัดสินใจ เพื่อให้ผู้เรียนได้เผชิญกับ เหตุการณ์ ข้อดีของการใช้การจำลองสถานการณ์ก็คือ การที่ผู้เรียนสามารถทดลองตัดสินใจด้วยตนเองได้ในหลายๆ ลักษณะและศึกษาผลที่ได้จากการตัดสินใจนั้นๆ ก่อนที่จะเผชิญกับเหตุการณ์จริง

Alessi and Trollip (1991: 162-171) ได้แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การจำลองทางกายภาพ (physical simulation) การจำลองขั้นตอน (procedural simulations) การจำลองสถานการณ์ (situational simulations) และการจำลองกระบวนการ (process simulations) กล่าวคือ

1) การจำลองทางกายภาพ (physical simulations)

ในคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่เป็นการจำลองทางกายภาพ วัตถุต่างๆ จะถูกแสดงบนจอภาพเพื่อให้ผู้เรียนใช้ในการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ในการควบคุม หรืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์บางชนิดที่นักเรียนต้องใช้ใน

การทดลอง หรือสถานการณ์ของการบินด้วยเครื่องบิน โดยคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองประเภทนี้ใช้จำลองการทดลองที่มีความซับซ้อน เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพง

2) การจำลองขั้นตอน (procedural simulations)

วัตถุประสงค์ของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองประเภทการจำลองขั้นตอน คือ การสอนลำดับขั้นตอนที่เป็นองค์ประกอบของเหตุการณ์ต่างๆ

3) การจำลองสถานการณ์ (situational simulations)

การจำลองสถานการณ์จะเกี่ยวข้องกับเจตคติและพฤติกรรมของผู้คนในสถานการณ์ที่แตกต่างกันมากกว่าเกี่ยวข้องกับการแสดงออกถึงความสามารถและทักษะ การจำลองสถานการณ์จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสำรวจและค้นหาผลของแนวทางที่แตกต่างในสถานการณ์นั้นๆ โดยที่ผู้เรียนต้องเป็นส่วนหนึ่งของการจำลองสถานการณ์นั้น

4) การจำลองกระบวนการ (process simulations)

การจำลองกระบวนการเป็นคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ต่างจากประเภทอื่นๆ ตรงที่ผู้เรียนต้องเลือกค่าหรือพารามิเตอร์ต่างๆ ในตอนเริ่มของสถานการณ์จำลอง จากนั้นก็ดูผลที่เกิดขึ้นโดยไม่มีการเข้าไปแทรก

Wellington (2000: 201) ได้แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองตามชนิดของสิ่งที่จำลอง ซึ่งแบ่งได้ 4 ประเภท ได้แก่

1) การจำลองกิจกรรมในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (direct copies of existing laboratory activities) เช่น การไตรเตรท (titrations) เป็นต้น

2) การจำลองของกระบวนการในอุตสาหกรรม (simulations of industrial processes) เช่น กระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก หรือการสร้างสะพาน เป็นต้น

3) การจำลองกระบวนการต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง (simulation of processes) ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

3.1) กระบวนการที่เป็นอันตรายมาก (too dangerous)

3.2) กระบวนการที่เกิดขึ้นช้าเกินไป (too slow) เช่น วิวัฒนาการ (evolution) การเติบโตของประชากร (population growth) และระบบนิเวศน์ชนิดต่างๆ (ecosystems) เป็นต้น

3.3) กระบวนการที่เกิดขึ้นรวดเร็วเกินไป (too fast) เช่น การชนกัน (collisions) เป็นต้น

3.4) กระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างสะดวกหรือมีขนาดเล็กเกินไป (too small) เช่น การเปลี่ยนชั้นของอะตอม (sub-atomic changes) เป็นต้น

4) การจำลองสิ่งที่ไม่มีอยู่จริง (simulations involving non-existent entitles) เช่น แก๊สในอุดมคติ (ideal gases) พื้นผิวที่ไร้แรงเสียดทาน (frictionless surfaces) และวัตถุที่มีความยืดหยุ่นสมบูรณ์ (perfectly elastic objects) เป็นต้น

5) การจำลองแบบจำลองหรือทฤษฎี (simulation of models or theories) เช่น ทฤษฎีจลน์ (kinetic theory) หรือแบบจำลองคลื่นแสง (the wave model of light) เป็นต้น

3.4.3 ข้อดีของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541: 96-97) ได้กล่าวถึงข้อดีของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไว้ดังต่อไปนี้

1) ลดความเสี่ยงจากอันตรายอันเกิดขึ้นได้เมื่อเปรียบเทียบกับการเรียนรู้ในสถานการณ์จริง

2) ลดค่าใช้จ่าย

3) ทำให้การเรียนการสอนในเรื่องต่างๆ ซึ่งยากแก่การสังเกตหรือมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาเป็นความจริงขึ้นมาได้

4) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจได้ดี

5) ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้หรือประยุกต์ทักษะหรือความรู้จากสถานการณ์หนึ่งไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

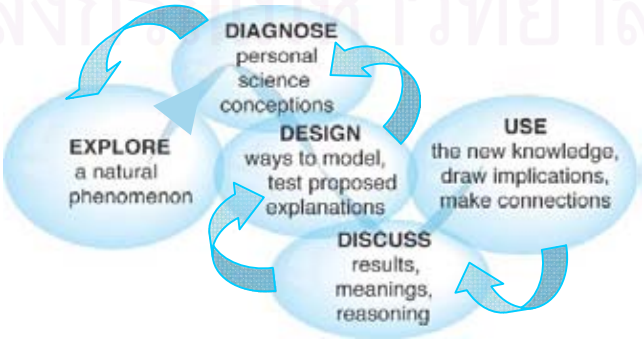
4. รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

4.1 ความเป็นมาของรูปแบบการสอน ED^{3}U

รูปแบบการสอนแบบ ED^{3}U เป็นรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอในปี ค.ศ. 1995 โดย William F. McComas รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ University of Southern California ประเทศสหรัฐอเมริกา และนำเสนอในการประชุมวิชาการของ The Association for Science Teacher Education (ASTE) และเผยแพร่ใน proceedings ในปี ค.ศ. 2006 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน ED^{3}U คือใช้เพื่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ (conceptual change) ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียน (conceptual change theory) ที่ถือว่าการเรียนรู้เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดใหม่และแนวความคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว หากความรู้ทั้งสองไม่ขัดแย้งกัน การเรียนรู้จะเป็นไปอย่างราบรื่น หากแต่เข้ากันไม่ได้ จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแนวความคิดที่มีอยู่เดิม จึงจะเกิดการเรียนรู้ได้ (Hewson and Hewson, 1984: 6)

4.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U

รูปแบบการสอน ED^{3}U คือ รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบหาความรู้ และมุ่งให้ผู้สอนวินิจฉัยมโนทัศน์ของผู้เรียนแต่ละคน แนะนำในการค้นคว้าหาความรู้ ให้คำปรึกษาในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล ท้าทายความคิด และช่วยเหลือชี้แนะแก่ผู้เรียนในการเปลี่ยนมโนทัศน์ ซึ่งชื่อของรูปแบบการสอน “ED^{3}U” ย่อมาจากอักษรภาษาอังกฤษตัวแรกของขั้นตอนการสอน 5 ขั้น ได้แก่ การสำรวจค้นหา (explore) การวินิจฉัย (diagnose) การออกแบบ (design) การอภิปราย (discuss) และการนำความรู้ไปใช้ (use) ดังปรากฏในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปแบบการเรียนการสอนแบบ ED^{3}U (McComas, W. F., 1995 อ้างถึงใน Richard E. S., 2550)

Richard E. Shope (2550, 1) ได้เปรียบเทียบขั้นตอนการสอนของรูปแบบการสอน ED^{3}U กับรูปแบบการเรียนการสอนแบบ BSCS 5E สรุปได้ดังปรากฏในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบ ED^{3}U และ BSCS 5E

ขั้นตอน	BSCS 5E (Bybee, 1997)	**ขั้นตอน**	ED^{3}U (Shope & Chapman, 2001)
Engage (สร้างความสนใจ)	สร้างการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ปัจจุบัน และจัดระเบียบความคิดของผู้เรียนผ่านผลที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมปัจจุบัน	Explore (สำรวจค้นหา)	นักเรียนสำรวจค้นหาปรากฏการณ์ต่างๆ ในรูปแบบของเหตุการณ์ที่ขัดแย้งกันกับความรู้เดิมโดยใช้การแสดงภาพ กิจกรรมปฏิบัติ การสังเกต หรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ เอกสาร วิดีโอ คลิปภาพยนตร์ หรือเว็บไซต์ ซึ่งวัตถุประสงค์ก็คือการคิดและอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ และเลือกจากแนวคิดต่างๆ
Explore (สำรวจและค้นหา)	สร้างประสบการณ์ให้ผู้เรียนภายใต้มโนทัศน์ กระบวนการ หรือทักษะที่ต้องการให้เกิดการพัฒนา	Diagnose (วินิจฉัย)	ทำให้นักเรียนแสดงออกถึงมโนทัศน์ของแต่ละคน พร้อมทั้งประเมินว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอย่างไร จากนั้นทำนักเรียนทราบถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนนั้น (plausible) จากนั้นแนะนำให้นักเรียนค้นหาการอธิบายที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น
Explain (อธิบายและลงข้อสรุป)	ให้โอกาสผู้เรียนในการแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการ และพฤติกรรมต่าง ๆ จากนั้นผู้สอนแนะนำมโนทัศน์ กระบวนการ และทักษะใหม่	Design (ออกแบบ)	นักเรียนออกแบบการทดสอบแนวคิดที่ตรงกับปัญหาของตนเอง เช่น การสร้างบริบทต่าง ๆ สำหรับการทดลองที่สำคัญหรือการทำนายเพื่อทดสอบจุดแข็งหรือจุดแข็งหรือจุดอ่อนในคุณค่าของการอธิบายและการทำนาย โดยในกระบวนการการคิดเพื่อทดสอบปัญหาของตนเองนั้น นักเรียนสามารถสำรวจค้นหาปรากฏการณ์ใหม่ได้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบรูปแบบการสอนแบบ ED^{3}U และ BSCS 5 E's (ต่อ)

ขั้นตอน	5 E's (Bybee, 1997)	ขั้นตอน	ED^{3}U (Shope & Chapman, 2001)
Elaborate (ขยายความรู้)	ท้าทายให้ผู้เรียนขยายความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะผ่านประสบการณ์ใหม่เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและทักษะที่แม่นยำ ถูกต้องมากยิ่งขึ้น	Discuss (อภิปราย)	นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนเพื่อแสดงความหมายของมโนทัศน์ใหม่ที่ต้องการแทนที่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยต้องมีแนวคิดสนับสนุนหรือมีการนำทฤษฎีต่าง ๆ มาสนับสนุนโดยครูหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ
Evaluate (ประเมินผล)	สนับสนุนให้ผู้เรียนประเมินความเข้าใจและความสามารถของตน โดยที่ผู้สอนประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน	Use (นำไปใช้)	นักเรียนประยุกต์ใช้ความเข้าใจใหม่โดยการนำมโนทัศน์ใหม่ไปใช้ในความรู้ที่เกี่ยวข้องหรืออาจนำไปสู่วงจรใหม่เพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งความถูกต้องแม่นยำของมโนทัศน์ใหม่

4.3 การใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

สำหรับความเหมาะสมในการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับการสอนในขั้นตอนต่าง ๆ ของรูปแบบการสอน ED^{3}U เพื่อใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนชีววิทยานั้น สามารถวิเคราะห์โดยยึดตามแนวคิดของนักการศึกษาที่แนะนำการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

Lara and Randy (2006: 267) ได้กล่าวถึงสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองว่าเป็นตัวอย่างหนึ่งของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนยุคปัจจุบัน ซึ่งสามารถจำลองและแสดงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือกระบวนการต่าง ๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ผู้เรียนสามารถสังเกต สำรวจตรวจสอบ และทำซ้ำปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Wellington (2004: 57-60)

ที่ได้กล่าวถึงสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถจำลองกิจกรรมการทดลองที่เกิดขึ้นจริง และยังสามารถแสดงแบบจำลองของแนวคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ได้ดีอีกด้วย

จากรายละเอียดของขั้นตอนในรูปแบบการสอนแบบ ED^3U และแนวคิดของนักการศึกษาที่กล่าวมา เห็นได้ว่าสามารถใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับขั้นตอนต่างๆ ของรูปแบบการสอนแบบ ED^3U ได้ดังนี้

1) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในขั้น E - Explore (สำรวจค้นหา) เพื่อทบทวนและแสดงปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนสำรวจและค้นหาเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังจะเรียน

2) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในขั้น D_1 - Diagnose (วินิจฉัย) เพื่อแสดงปรากฏการณ์และประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องที่เรียนอย่างไร

3) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในขั้น D_2 - Design (ออกแบบ) เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาในเรื่องที่เรียนจากคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ครูเลือกมานำเสนอได้

4) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในขั้น D_3 - Discuss (อภิปราย) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจโดยอภิปรายและลงข้อสรุปในเรื่องที่เรียน

5) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในขั้น U - Use (นำไปใช้) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปแล้วสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องได้

6) ใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในการเรียนการสอนร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกทักษะสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุม ตัวแปรได้

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

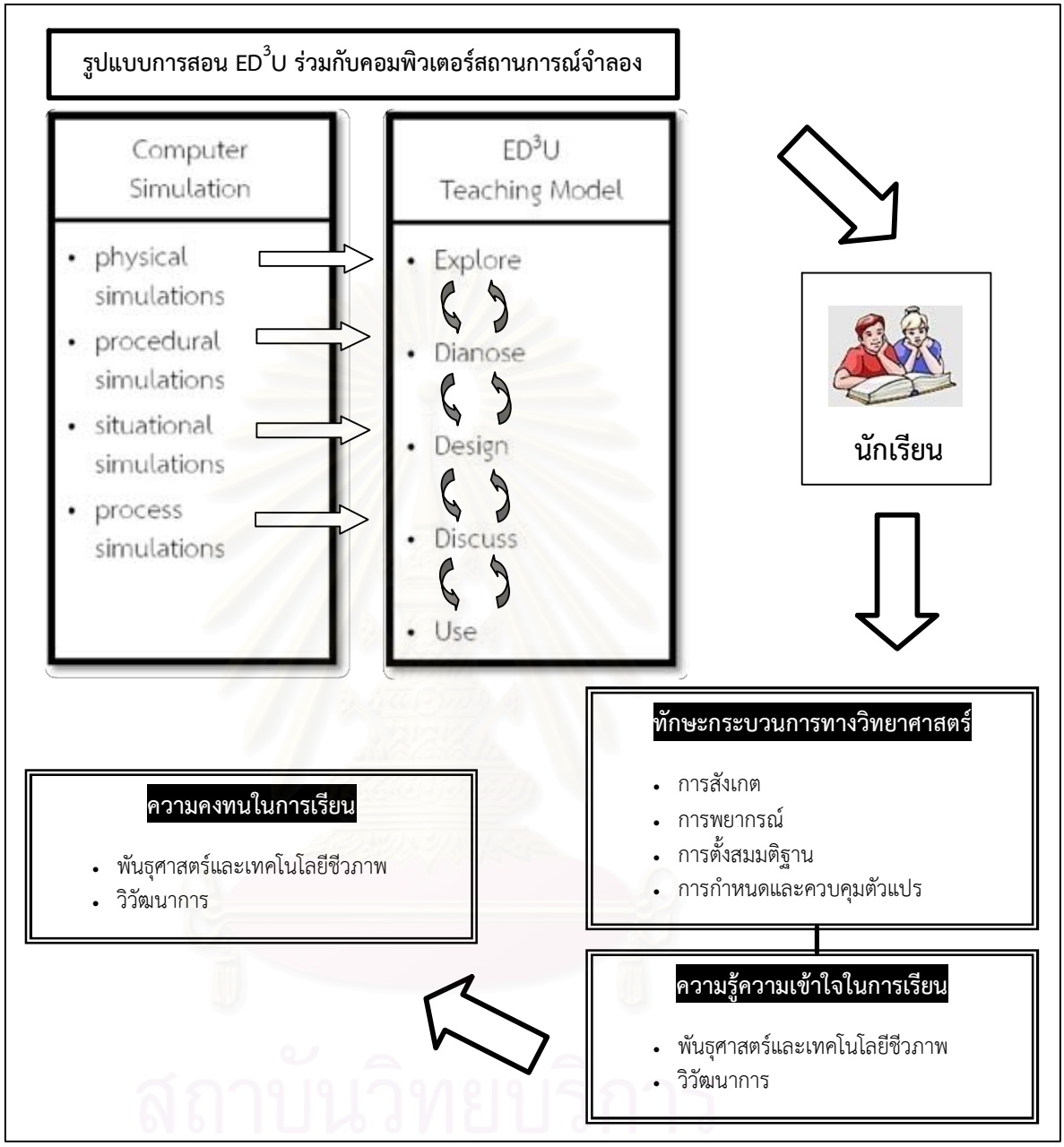
จากการประมวลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้รูปแบบการเรียนการสอน ED^3U และการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้ พบว่ามีอยู่จำนวนน้อย อย่างไรก็ตามเพื่อให้ได้ภาพรวมของงานวิจัย ผู้วิจัยขอเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

Geban, Askar, and Ozkan (1992: 5-10) ได้ทดลองใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับแนวทางการสอนแบบแก้ปัญหา (problem-solving approach) ในวิชาเคมีของนักเรียนเกรด 10 พบว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

Lazarowitz and Huppert (1993: 366-382) ได้ทดลองใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในวิชาชีววิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 พบว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ ซึ่งทักษะเหล่านั้นได้แก่ ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล (ด้วยกราฟ) ทักษะการตีความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการทดลอง

6. กรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เรื่อง ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังปรากฏในแผนภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการสอน ED^3U และคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

2. ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้

3. ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับช่วงชั้นที่ 4 จากเอกสารประกอบหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และเรื่องวิวัฒนาการ และวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

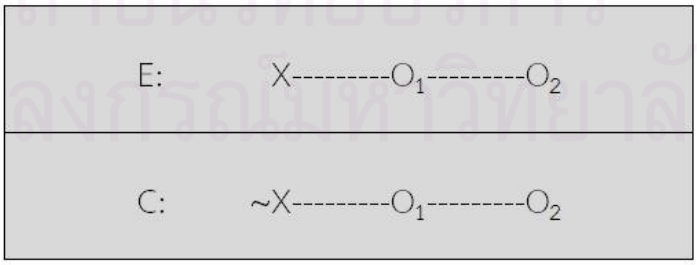
4. ศึกษาหลักการวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

5. ศึกษาหลักการและวิธีสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และการวัดความคงทนในการเรียนรู้

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ที่มีรูปแบบการวิจัยแบบ the posttest-only two group design ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ กลุ่มที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติ และมีการเก็บข้อมูลหลังการทดลองสองครั้ง ดังรูปแบบการวิจัยในแผนภาพที่ 4

แผนภาพที่ 4 รูปแบบการวิจัยแบบ the posttest-only two group design



โดยที่ E หมายถึง กลุ่มทดลอง (experiment group)

C หมายถึง กลุ่มเปรียบเทียบ (control group)

X หมายถึง การเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

~X หมายถึง การเรียนการสอนชีววิทยาตามแบบปกติ

O_1 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนทันที (posttest)

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียน 2 สัปดาห์เพื่อทดสอบความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยา

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาแพร่

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ใช้การสุ่มหลายขั้นตอน (multi-stage sampling) ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง โดยมีวิธีการและขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. การกำหนดโรงเรียน

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งผลการวิจัยรายงานว่าเป็นปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วประเทศ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาและผลการวิจัยอันเป็นที่มาของการศึกษา โดยกำหนดให้โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ เป็นแหล่งกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย เนื่องจากโรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ เป็นโรงเรียนรัฐบาลขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษา ที่เปิดทำการสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของ

นักเรียน และนักเรียนโดยเฉลี่ยมีระดับความสามารถใกล้เคียงกับนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาทั่วไป นอกจากนี้โรงเรียนยังมีความพร้อมด้านโสตทัศนูปกรณ์และโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศสำหรับการดำเนินการวิจัยซึ่งได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารและคณาจารย์เป็นอย่างดี

2. การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย มีวิธีการคัดเลือกนักเรียนเพื่อกำหนดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบดังขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 นำคะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา รหัสวิชา ว41103 ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวังด้วยสถิติ f-test แบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows พบว่าห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวังรายวิชาชีววิทยาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 มีจำนวน 5 ห้องเรียน ได้แก่ห้อง ม.4/2 ม.4/3 ม.4/4 ม.4/5 และ ม.4/6 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการทดสอบภายหลัง (Post Hoc Test) คะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 ห้องเรียน

ห้องเรียน		S.D.	ตารางสรุปผลการวิเคราะห์รายคู่					
			ม.4/1	ม.4/2	ม.4/3	ม.4/4	ม.4/5	ม.4/6
ม.4/1	63.98	7.617	-	.034*	.008*	.008*	.001*	.000*
ม.4/2	69.07	6.140	-	-	1.000	1.000	1.000	.684
ม.4/3	69.80	7.518	-	-	-	1.000	1.000	1.000
ม.4/4	69.76	8.451	-	-	-	-	1.000	1.000
ม.4/5	70.68	9.343	-	-	-	-	-	1.000
ม.4/6	72.44	7.884	-	-	-	-	-	-

* The mean difference is significant at the .05 level.

2.3 ทำการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับสลาก (lottery) เพื่อกำหนดห้องเรียนให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบอย่างละ 1 ห้องเรียน รวม 2 ห้องเรียน จากทั้งหมด 5 ห้องเรียน โดยกำหนดให้ห้องที่ถูกจับฉลากขึ้นมาห้องแรกเป็นกลุ่มทดลอง และห้องที่ถูกจับฉลากได้ในลำดับต่อมาเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ ซึ่งปรากฏผลดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ ห้อง ม. 4/2 มีนักเรียนจำนวน 44 คน

กลุ่มเปรียบเทียบ คือ ห้อง ม.4/4 มีนักเรียนจำนวน 46 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง และแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติ โดยมีรายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพและวิวัฒนาการ เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และข้อสอบแบบเขียนตอบสั้น จำนวน 20 ข้อ มุ่งวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำนวน 4 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศ

1.2 กำหนดกรอบเนื้อหาสาระของแบบวัด คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร

1.3 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและพฤติกรรมที่ต้องการวัดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา และสร้างตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดตามประเภทของทักษะและนิยามเชิงปฏิบัติการ

1.4 กำหนดลักษณะของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 16 ข้อ และแบบเขียนตอบสั้น จำนวน 4 ข้อ ซึ่งมีร้อยละของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังปรากฏในตารางที่ 3.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 ร้อยละของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมที่ต้องการวัด
การสังเกต (ร้อยละ 25)	1. ชี้บ่งและบรรยายลักษณะของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง 2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณได้ 3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้
การตั้งสมมติฐาน (ร้อยละ 25)	1. หาคำตอบล่วงหน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมได้ 2. แยกแยะข้อมูลที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้
การพยากรณ์ (ร้อยละ 25)	1. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ 2. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้ 3. ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
การกำหนดและควบคุมตัวแปร (ร้อยละ 25)	1. ชี้บ่งตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมหรือสมบัติทางกายภาพหรือชีวภาพของระบบได้ 2. ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้

1.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน

1.5 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ร้อยละจำนวนข้อสอบ พฤติกรรมที่ต้องการวัด และเนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพและวิวัฒนาการ

1.6 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น

1.7 ดำเนินการหาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.7.1 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา พร้อมให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

1.7.2 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ซึ่งข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับปรุงข้อสอบบางข้อให้ตรงกับพฤติกรรมของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) ควรปรับปรุงข้อคำถามและตัวเลือกบางข้อให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3) ควรปรับปรุงข้อคำถามที่ยาวเกินไปและวกวน ให้กระชับและเข้าใจง่าย

4) ควรปรับปรุงข้อสอบที่มีรูปภาพ กราฟ หรือตารางให้มีรายละเอียดและคำชี้แจงที่ชัดเจนและควรปรากฏก่อนแสดงรูปภาพ กราฟ หรือตาราง

5) ควรปรับปรุงรูปภาพให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และเหมาะสมต่อการนำไปจัดพิมพ์ในรูปแบบของเอกสารขาวดำ

1.7.3 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 (try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนเรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 45 คน เพื่อการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านความยากง่าย (difficulty) และอำนาจจำแนก (discrimination) (Brown, 1978: 276-279) และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยง ด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตรที่ 20 (Kuder Richardson Formula - 20: KR-20) (Brown, 1978: 67) ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่าแบบ

วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.6671 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.14-0.90 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.13-0.50 จากนั้นนำผลการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปมาใช้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548: 222) ซึ่งสามารถคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในช่วงเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ได้จำนวน 20 ข้อ ดังปรากฏในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ร้อยละและจำนวนข้อสอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	จำนวนข้อสอบ
การสังเกต (ร้อยละ 25)	• ชี้บ่งและบรรยายลักษณะของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง	3
	• บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณได้	1
	• บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้	1
การพยากรณ์ (ร้อยละ 25)	• ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้	3
	• ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้	1
	• ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้	1
การตั้งสมมติฐาน (ร้อยละ 25)	• หาคำตอบล่วงหน้าก่อนมีการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมได้	3
	• แยกแยะข้อมูลที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้	2
การกำหนดและควบคุมตัวแปร (ร้อยละ 25)	• ชี้บ่งตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมหรือสมบัติทางกายภาพหรือชีวภาพของระบบได้	2
	• ชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้	3
	รวม	**20**

1.7.4 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียน เรื่องพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 45 คน และนำผลการวัดมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าแบบวัดฉบับนี้มีค่า

ความเที่ยงเท่ากับ 0.8346 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.24-0.74 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.50 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง) ดังนั้นจึงได้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ (ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏในภาคผนวก ค)

2. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพและวิวัฒนาการ ใช้เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา โดยการทดสอบหลังเรียน (posttest) และใช้เพื่อการวัดความคงทนในการเรียนรู้ โดยการทดสอบซ้ำหลังจากสิ้นสุดการเรียนแล้วเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเอกสารเกี่ยวกับการประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศ

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยกำหนดร้อยละของเนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ คิดเป็นร้อยละ 50 และเรื่องวิวัฒนาการ คิดเป็นร้อยละ 50 และให้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ และด้านการนำความรู้ไปใช้

2.3 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

2.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน

2.5 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ

2.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น

2.7 ดำเนินการหาคุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาตามขั้นตอนต่อไป

2.7.1 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

2.7.2 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้น ซึ่งข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิสรุปได้ดังนี้

1) ควรปรับปรุงข้อคำถามให้ตรงกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2) ควรปรับปรุงข้อคำถามที่มีความยาวให้กระชับ และปรับรูปประโยคไม่ให้มีความซับซ้อนมากนัก

3) ควรปรับปรุงตัวเลือกในแต่ละข้อให้มีความเป็นเอกพันธ์กัน หรือสอดคล้องกันเป็นประเภทเดียวกัน

4) ควรหลีกเลี่ยงการใช้ข้อความในเชิงปฏิเสธ หากจำเป็นต้องใช้ควรทำอักษรให้เป็นตัวหนาหรือขีดเส้นใต้เพื่อลดโอกาสที่ทำให้ผู้สอบเกิดความเข้าใจผิด

2.7.3 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 45 คน เพื่อการตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านความยากง่าย (difficulty) และอำนาจจำแนก (discrimination) (Brown, 1978: 276-279) และตรวจสอบคุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยง ด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตรที่ 20 (Kuder

Richardson Formula - 20: KR-20) (Brown, 1978: 67) ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพพบว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.7364 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.10-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.10-0.74 จากนั้นนำผลการตรวจสอบคุณภาพมาวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปมาใช้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548: 222) ซึ่งสามารถคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในช่วงเกณฑ์คุณภาพที่กำหนดไว้ได้จำนวน 40 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ

หน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	พฤติกรรมที่ต้องการวัด			จำนวนข้อ
	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	
พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ (ร้อยละ 50)				
1. พันธุวิศวกรรมและการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ	1	2	-	3
2. การโคลนยีน	2	2	1	5
3. การวิเคราะห์ดีเอ็นเอและการศึกษาจีโนม	2	2	-	4
4. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของดีเอ็นเอ	1	2	2	5
5. ความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพและมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	1	1	1	3
รวม	7	9	4	20
วิวัฒนาการ (ร้อยละ 50)				
1. หลักฐานที่บ่งบอกวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	1	2	1	4
2. แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	1	2	1	4
3. พันธุศาสตร์ประชากร	2	2	-	4
4. ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีล	1	2	-	3
5. กำเนิดของสปีชีส์	1	2	2	5
รวม	6	10	4	20
รวมทั้งสิ้น	13	19	8	40

2.7.4 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียน เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการมาแล้ว จำนวน 45 คน และนำผลการวัดมาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.8364 มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.27-0.73 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.84 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง) ดังนั้นจึงได้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ (ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏในภาคผนวก ค)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง (computer simulation) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบคอมพิวเตอร์ที่จำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือกระบวนการต่างๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการคัดเลือกและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองทั้งในและต่างประเทศ

1.2 สืบค้นคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพและวิวัฒนาการ ในระบบคอมพิวเตอร์ที่มีผู้สร้างไว้แล้วมาคัดเลือก โดยพิจารณาตามหลักการดังต่อไปนี้

1.2.1 สัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนและจุดประสงค์การเรียนรู้

1.2.2 มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ

1.2.3 เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน

1.2.4 สะดวกต่อการใช้ มีวิธีใช้ไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป

1.2.5 สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนได้

1.3 เรียบเรียงและปรับปรุงคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองให้เหมาะสมกับเนื้อหา ขั้นตอนการสอน และเวลาที่ใช้ในแต่ละคาบ

1.4 นำคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้อง และความเหมาะสมต่อเนื้อหาของบทเรียนที่จะสอน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ผ่านการคัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้ประกอบการเรียนการสอนและการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองต่อไป

2. แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง จำนวน 10 แผน และแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติ จำนวน 10 แผน รวมทั้งสิ้น 20 แผน ใช้สำหรับการสอนเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ รวมทั้งสิ้น 20 คาบ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

2.1.1 ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ขอบข่ายของเนื้อหาสาระทางชีววิทยา และวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จากเอกสารประกอบหลักสูตร หนังสือแนวทางการจัดการเรียนการสอน และแบบเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2.1.2 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.1.3 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน และเนื้อหาชีววิทยาของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ จากนั้นแบ่งเนื้อหาและจำนวนคาบดังปรากฏในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 เนื้อหาและจำนวนคาบของแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง จำนวน 20 คาบ

ลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้และเนื้อหา	จำนวนคาบ
	พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ	*- 10 -*
1	พันธุวิศวกรรมและการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ	1
2	การโคลนยีน	2
3	การวิเคราะห์ดีเอ็นเอและการศึกษาจีโนม	1
4	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของดีเอ็นเอ	4
5	ความปลอดภัยของเทคโนโลยีชีวภาพและมุมมองทางสังคมและจริยธรรม	2
	วิวัฒนาการ	*- 10 -*
6	หลักฐานที่บ่งบอกวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	2
7	แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	2
8	พันธุศาสตร์ประชากร	2
9	ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่แอลลีล	2
10	กำเนิดของสปีชีส์	2

2.1.4 ศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U แล้วเขียนแผนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมาใช้ในแต่ละขั้นตอน ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจและค้นหา (explore) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูใช้สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและค้นหาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังจะเรียน

ขั้นที่ 2 การวินิจฉัย (diagnose) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ จูงใจให้นักเรียนแสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน เพื่อร่วมกันวิเคราะห์และประเมินว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่กำลังจะเรียนมากน้อยเพียงใด หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในประเด็นใดบ้าง

ขั้นที่ 3 การออกแบบ (design) หมายถึง ขั้นตอนของการเรียนรู้ที่อาจเกิดจากการออกแบบวิธีการเรียนรู้โดยตัวนักเรียนเอง หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครู เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียน

ขั้นที่ 4 การอภิปราย (discuss) หมายถึง ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจโดยอภิปรายและลงข้อสรุป โดยมีแนวคิดและทฤษฎีต่าง ๆ สนับสนุน เพื่อทำความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 5 การนำความรู้ไปใช้ (use) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปแล้วสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และเนื้อหาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้น

2.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิปรากฏในภาคผนวก ก) พิจารณาความสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และเนื้อหาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไข

2.1.7 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้อีกครั้ง

2.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ที่มีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ นักเรียนห้อง ม.4/3 ม.4/5 และ ม.4/6 ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงอีกครั้งก่อนนำไปใช้ในการวิจัยต่อไป (ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองปรากฏในภาคผนวก ข)

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติ ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ ตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนในหนังสือแนวทางการจัดการเรียนการสอน สาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นกิจกรรม และ 3) ขั้นอภิปรายและสรุปผล ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง (ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติปรากฏในภาคผนวก ข)

การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการสอน ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1.1 ปฐมนิเทศนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเพื่อสร้างความเข้าใจระหว่างผู้วิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย แผนดำเนินการวิจัย และบทบาทของนักเรียน

1.2 แนะนำการเรียนการสอนชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองเข้าใจตามประเด็นต่อไปนี้

1.2.1 ที่มาและความสำคัญของการเรียนการสอนชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

1.2.2 ลำดับขั้นและกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอนชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

1.2.3 ประโยชน์ของการเรียนการสอนชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

2. ขั้นดำเนินการสอน ผู้วิจัยดำเนินการสอนกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ซึ่งก่อนดำเนินการสอนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยได้ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีสภาพใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 ห้อง ได้แก่ นักเรียนห้อง ม.4/3 ม.4/5 และ ม.4/6 ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำมาปรับปรุงอีกครั้งก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองต่อไป ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้เริ่มตั้งแต่วันจันทร์ที่ 4 กุมภาพันธ์ 2551 ถึงวันศุกร์ที่ 7 มีนาคม 2551 รวมระยะเวลาการสอนคือ 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 20 คาบ

3. ขั้นหลังการสอน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการดังนี้

3.1 เมื่อดำเนินการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และสิ้นสุดระยะดำเนินการทดลองตามที่กำหนดไว้แล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและ

กลุ่มเปรียบเทียบหลังเรียนทันทีด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

3.2 หลังดำเนินการสอนครบตามจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และสิ้นสุดระยะดำเนินการทดลองตามที่กำหนดไว้แล้วเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบอีกครั้งด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาชุดเดียวกันกับที่ใช้ในการทดสอบหลังเรียน เพื่อวัดความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

3.3 นำคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนทันทีและการทดสอบหลังเรียนเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาวิเคราะห์ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) แบบทางเดียว (one-way ANCOVA) โดยตัวแปรร่วม (covariate) คือ คะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของกลุ่มทดลอง จากนั้นทำการประเมินผลโดยนำค่าเฉลี่ยร้อยละเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกรมวิชาการ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2550: 4) ดังปรากฏในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80 - 100	มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
70 - 79	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
60 - 69	มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง
50 - 59	มีความสามารถอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด
0 - 49	มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

3. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) แบบทางเดียว (one-way ANCOVA) โดยตัวแปรร่วม (covariate) คือ คะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

4. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ใช้ทดสอบหลังเรียนทันทีและใช้ทดสอบหลังเรียน 2 สัปดาห์ ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยการทดสอบค่าที แบบ paired-sample t-test เพื่อวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ จากการคำนวณค่าความยากง่าย (difficulty) และค่า

อำนาจจำแนก (discrimination) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ (TAP: Test Analysis Program) version 6.65

1.2 หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาทั้งฉบับ จากการคำนวณหาค่าความเที่ยง ด้วยวิธีหาค่าความสอดคล้องภายใน (internal consistency) ของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตรที่ 20 (Kuder Richardson Formula - 20: KR-20) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ (TAP: Test Analysis Program) version 6.65

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) โดยตัวแปรร่วม (covariate) คือ คะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยโปรแกรม SPSS 16.0 for Windows

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หลังการเรียน และหลังการเรียน 2 สัปดาห์ ด้วยโปรแกรม SPSS 16.0 for Windows

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนหลังการทดลอง และหลังการทดลอง 2-4 สัปดาห์ จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยการทดสอบค่าทีแบบ paired-sample t-test ด้วยโปรแกรม SPSS 16.0 for Windows

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.1 การวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

1.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

1.3 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนและความคงทนในการเรียนชีววิทยา

2.1 การวิเคราะห์คะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.3 การเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

2.4 การเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเพื่อวัดความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ตอนที่ 1

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.1 การวิเคราะห์คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะสำคัญ 4 ทักษะ มีคะแนนเต็ม 20 คะแนน แต่ละทักษะจะมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลอง (N=44) และกลุ่มเปรียบเทียบ (N=46)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ	
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$
การสังเกต	3.57	71.36	3.18	63.63
การพยากรณ์	3.52	70.45	2.98	59.55
การตั้งสมมติฐาน	4.09	81.82	3.22	64.55
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	3.79	75.90	3.77	75.45
รวม	**14.98**	**74.89**	**13.16**	**65.79**

จากตารางที่ 4.1 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองได้คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองเท่ากับ 14.98 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.89 ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 13.16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.79 และเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถของสำนักทดสอบทางการศึกษา (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2550: 4) พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี ส่วนนักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองแยกตามทักษะ พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองได้คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การสังเกต และการพยากรณ์ เท่ากับ 4.09, 3.79, 3.57 และ 3.52 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติทั้ง 4 ทักษะ

1.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Levene เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่ระบุว่า ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนต้องไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Lomax, 1998: 291-292) ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Levene

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{x}$	S.D.	F	Sig.
กลุ่มทดลอง	44	14.98	1.512	.099	.753
กลุ่มเปรียบเทียบ	46	13.16	1.514		

จากตารางที่ 4.2 พบว่าผลทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ผลการทดสอบจึงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

1.3 การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม (covariate) คือ คะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA) แบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

แหล่งความแปรปรวนร่วม	*SS*	*df*	*MS*	*F*	Sig.
ตัวแปรร่วม	1.095	1	1.095	.479	.491
ระหว่างกลุ่ม	127.029	1	127.029	55.526	.000*
ความคลาดเคลื่อน	199.035	87	2.288		
รวมทั้งหมด	328.622	89			

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่าคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2

ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนและความคงทนในการเรียนชีววิทยา

2.1 การวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งใช้ทดสอบหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ มีคะแนนเต็ม 40 คะแนน ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่าง / ค่าสถิติ	หลังการทดลองทันที			หลังการทดลอง 2 สัปดาห์		
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.
กลุ่มทดลอง	29.84	74.60	2.87	28.86	72.16	2.68
กลุ่มเปรียบเทียบ	26.17	65.43	3.52	23.15	57.88	4.60

จากตารางที่ 4.4 พบว่าหลังการทดลองทันที นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองได้คะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาเท่ากับ 29.84 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.60 ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 26.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.43 และเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถของสำนักทดสอบทางการศึกษา (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2550: 4) พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี ส่วนนักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.86 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.16 ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติ ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.88 และเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถของสำนักทดสอบทางการศึกษา พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

2.2 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (homogeneity of variance test) คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Levene เพื่อทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่ระบุว่า ผลการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนต้องไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Lomax, 1998: 291-292) ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน คะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Levene

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{x}$	S.D.	F	Sig.
กลุ่มทดลอง	44	29.84	2.87	3.76	.056
กลุ่มเปรียบเทียบ	46	26.17	3.52		

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น ผลการทดสอบจึงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

2.3 การเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที เพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม คือ คะแนนผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง รายวิชาชีววิทยา ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance:

ANCOVA) แบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมแบบทางเดียว (one-way ANCOVA) ของคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

แหล่งความแปรปรวนร่วม	*SS*	*df*	*MS*	*F*	Sig.
ตัวแปรร่วม	7.225	1	7.225	.696	.406
ระหว่างกลุ่ม	306.266	1	306.266	29.498	.000*
ความคลาดเคลื่อน	903.270	87	10.382		
รวมทั้งหมด	1212.900	89			

*p < .05

จากตารางที่ 4.6 พบว่าคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 การเปรียบเทียบคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันทีและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ อาศัยการทดสอบค่าทีแบบ paired-sample t-test ระหว่างคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ภายในกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 เพื่อวัดความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ได้ผลการวิเคราะห์ดังปรากฏในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบค่าที (paired-sample t-test) ระหว่างคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

คะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
ทดสอบหลังการทดลองทันที	29.84	2.87	1.686	.102
ทดสอบหลังการทดลอง 2 สัปดาห์	28.86	2.68		

จากตารางที่ 4.7 พบว่าคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบค่าที (paired-sample t-test) ระหว่างคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

คะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig
ทดสอบหลังการทดลองทันที	26.17	3.52	6.035	.000*
ทดสอบหลังการทดลอง 2 สัปดาห์	23.15	4.60		

*p < .05

จากตารางที่ 4.8 พบว่าคะแนนความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบไม่เกิดความคงทนในการเรียนชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบ ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ และความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองกับกลุ่มที่เรียนตามแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง คือกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง มีนักเรียน 44 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ คือกลุ่มที่เรียนชีววิทยาตามแบบปกติ มีนักเรียน 46 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทางเดียว (one-way ANCOVA) และสถิติทดสอบค่าที (paired-sample t-test) โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 for Windows และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของตารางประกอบความเรียง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนชีววิทยาตามแบบแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองทันที และหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนชีววิทยา ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประเด็นสำคัญ 2 ประเด็นสำหรับการอภิปราย ดังนี้

1. ผลของการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อความสามารถของผู้เรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาตามแบบแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะการสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปรจากคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่ผู้สอนใช้ร่วมกับการสอนเนื้อหาชีววิทยาในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการสอน ED^{3}U และฝึกร่วมกับการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดเพื่อให้เป็นผู้มีทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Roth and Roychoudhury (1993: 127-152) ที่กล่าวว่า คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้ Lavoe and Good (1998: 335-360) กล่าวว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถใช้เพื่อเป็นเครื่องมือของการสืบสอบเพื่อพัฒนาทักษะการทำนายได้ และ อลิศรา ชูชาติ (2549: 192) กล่าวว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองนอกจากจะช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเนื้อหาสาระและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้เกือบทุกทักษะอีกด้วย เช่นเดียวกับ Akpan (2007: 1) ที่กล่าวว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากแนวคิดที่นักการศึกษาได้เสนอมาข้างต้นแล้ว ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่งานวิจัยของ Geban, Askar, and Ozkan (1992: 5-10) ที่ได้ทดลองใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับแนวทางการสอนแบบแก้ปัญหา (problem-solving approach) ในวิชาเคมี และพบว่านักเรียนมีการพัฒนาความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยของ Lazarowitz and Huppert (1993: 366-382) ที่ได้ทดลองใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองในวิชาชีววิทยาเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 พบว่าคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ ซึ่งทักษะเหล่านั้นได้แก่ ทักษะการสื่อความหมายข้อมูล (ด้วยกราฟ) ทักษะการตีความหมายข้อมูล ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการทดลอง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นและผลการวิจัยในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. ผลของการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อความสามารถของผู้เรียนด้านความคงทนในการเรียนชีววิทยา

จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองทันทีและหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนชีววิทยานั้น เนื่องจากรูปแบบการสอนแบบ ED^{3}U เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการสืบสอบหาความรู้เพื่อใช้ในการเปลี่ยนมโนทัศน์ของผู้เรียน (Shope, 2007: 1-6) และอยู่ภายใต้แนวคิด Constructivism ซึ่งเน้นการสร้างความรู้โดยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการและกิจกรรมที่หลากหลาย ได้ลงมือปฏิบัติและสืบค้นด้วยตนเองหรือด้วยความร่วมมือจากเพื่อน ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยความเข้าใจและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และผู้เรียนสามารถระลึกและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้แม้ช่วงเวลาผ่านไป (Ausubel, 1968: 54-58) อันเป็นการคงไว้ซึ่งผลทางการเรียนหรือความสามารถของผู้เรียนในการระลึกสิ่งที่เคยเรียนมาหรือมีประสบการณ์มาก่อน หลังจากที่ทิ้งช่วงไประยะหนึ่ง หรือหมายถึงการเกิดความคงทนในการเรียนรู้นั่นเอง (Adam, 1967: 9) นอกจากนั้นแล้ว การใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองที่มีผู้สร้างไว้แล้วในระบบคอมพิวเตอร์ จำลองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือกระบวนการต่างๆ ตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอน สามารถทำให้ผู้เรียนสำรวจและค้นหา เรียนรู้และทำความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนจากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงได้ (Smentana and Bell, 2006: 267; ถนอมพร เลาหจรัสแสง, 2541: 133; อลิศรา ชูชาติ, 2549: 192) ทำให้ไม่เพียงแต่นักเรียนจะเกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เรียนหลังการเรียนไปแล้วเท่านั้น แต่นักเรียนจะสามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ แม้ว่าระยะเวลาจะผ่านไปก็ตาม เนื่องจากผู้เรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ จากการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เรียนในบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย จำนวน 7 ครั้ง จากการเรียนการสอนทั้งสิ้น 20 คาบ พบว่าผู้เรียนมากกว่าร้อยละ 80 มีความพึงพอใจต่อความรู้ความเข้าใจที่ได้รับจากการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ซึ่งข้อมูลจากการพิจารณาบันทึกการ

เรียนรู้ของผู้เรียนนี้ เป็นหลักฐานส่วนหนึ่งที่ยืนยันว่าการใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยาและเกิดความคงทนในการเรียนรู้ ประกอบกับเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นและผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาได้อย่างมีนัยสำคัญ

ข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง สามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ และความคงทนในการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้นั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหารและผู้สอนในการนำผลการวิจัยไปใช้ ดังนี้

1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา

1.1.1 คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง เป็นสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณค่าในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้บริหารสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาควรส่งเสริมและสนับสนุนผู้สอนให้นำการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับรูปแบบการสอนแบบ ED^{3}U ที่พัฒนาขึ้นจากการวิจัยครั้งนี้ หรือประยุกต์ใช้ร่วมกับรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ นอกเหนือจากทักษะการสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร ตามความเหมาะสม

1.1.2 ผู้บริหารควรสนับสนุนการวางแผนการพัฒนาผู้เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นทางเลือกหนึ่งในการเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความรู้ความเข้าใจ และความคงทนในการเรียนรู้ ในรายวิชาชีววิทยาหรือกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หรือใช้เป็นตัวอย่างในการส่งเสริมการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อนำเสนอเนื้อหาในหลักสูตรมากกว่าการใช้เพื่อสอนเกี่ยวกับเทคโนโลยีเท่านั้น

1.1.3 ผู้บริหารควรส่งเสริมศักยภาพของผู้สอนให้มีความรู้ความเข้าใจ และเห็นคุณค่าของการใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง โดยสนับสนุนให้ดำเนินการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อฝึกอบรมครูเป็นการพิเศษทางด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการส่งผ่านหลักสูตรและการสอน หรือจัดประชุมสัมมนาเพื่อให้ผู้สอนได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน

1.1.4 ผู้บริหารควรจัดสรรงบประมาณสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการในโรงเรียน

1.1.5 ผู้บริหารควรจัดให้มีบุคลากรช่วยเหลือทางด้านเทคนิคเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ครูผู้สอน

1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอน

1.2.1 ครูผู้สอนควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นแต่ละขั้นตอน โดยการศึกษารายละเอียดของรูปแบบการสอน ได้แก่ หลักการพื้นฐานและบทบาทของครูผู้สอนและผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ท่านมีความรู้ความเข้าใจหลักการและเหตุผล ตลอดจนเงื่อนไขของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.2 ครูผู้สอนควรทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่เป็นบทเรียน เพื่อการสืบค้นสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่สอดคล้องกับและเหมาะสมกับเนื้อหาแต่ละเรื่อง แล้วจึงออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไปตามลำดับ

1.2.3 การนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปใช้ สามารถนำไปใช้สอนสาระต่างๆ ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี เพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ความเข้าใจ และความคงทนในการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในประเด็นที่ควรศึกษาค้นคว้าต่อจากงานวิจัยครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

2.1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา ดังนั้นหากมีการวิจัยครั้งต่อไป อาจมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆ ที่แตกต่างจากการวิจัยครั้งนี้

2.2 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ นอกเหนือจากทักษะการสังเกต การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน และการกำหนดและควบคุมตัวแปร

2.3 การวิจัยครั้งนี้เป็นการบูรณาการการใช้รูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปอาจบูรณาการสื่อการเรียนรู้กับรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์แบบต่างๆ หรือมีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาและแก้ไขปัญหาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

2.4 การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยรูปแบบการสอน ED^3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง อาจมีการนำไปใช้สอนในระดับช่วงชั้นอื่นๆ เพื่อให้ผู้เรียนมีการพัฒนาด้านความรู้ความเข้าใจ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). **จิตวิทยาการศึกษา (ฉบับปรับปรุง)**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

กองวิจัยการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). **UNDP (2001) การศึกษาประสิทธิภาพการใช้คอมพิวเตอร์ในการสื่อสารการเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ.

กิดานันท์ มลิทอง. (2539). **อธิบายศัพท์คอมพิวเตอร์อินเตอร์เนตมัลติมีเดีย**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิดานันท์ มลิทอง. (2548). **ไอซีทีเพื่อการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

คณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2531). **ชุดฝึกอบรมครูวิชาการกลุ่มโรงเรียน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต**. (อัดสำเนา)

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2545). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545**. กรุงเทพมหานคร: พริกหวานกราฟฟิค.

คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. (2545). **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่เก้า พ.ศ. 2545-2549**. กรุงเทพมหานคร. เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

ชวาล แพรัตกุล. (2536). **เทคนิคการวัดผล**. กรุงเทพมหานคร: วัฒนาพานิช.

ชัยพร วิชชาวุธ. (2525). **มูลสารจิตวิทยา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. (2541). **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. กรุงเทพมหานคร: วงกมล.

ถวิล ธาราโภชน์ และศรัณย์ ดำริสุข. (2545). **พฤติกรรมมนุษย์กับการพัฒนาคน**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร. ไทยวัฒนาพานิช

ทิศนา แขมมณี. (2548). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญสิริ สุวรรณเพ็ชร์. (2545). **พจนานุกรมศัพท์จิตวิทยา**. กรุงเทพมหานคร: ส.เสริมมิตร.

บุญฤดี แซ่ล้อ. (2545). **ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท อิศรปรีดา. (2547). **สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสู่แผนการสอน. ใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (บรรณาธิการ), **การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธี และเทคนิคการสอน 1**. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ. (2549). **วิธีวิทยาการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยหลักการสอน 3S+I: การบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

เพราพันธ์ งามภู่. (2542). **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: งานเอกสารและการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน), สำนักงาน. (2550). **สรุปผลการสังเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (รอบแรก พ.ศ. 2544-2548) จำนวน 30,010 แห่ง**. [online] Available from: http://www.onesqa.or.th/upload/79/FileUpload/1397_4093.pdf [2007, June 11]

เลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, สำนักงาน. (2540). **รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540**. กรุงเทพมหานคร.

วารินทร์ รัศมีพรหม. (2532). **การออกแบบสาร: หลักการและทฤษฎี**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิชาการ, กรม. (2546). **การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

วงเดือน คงประเสริฐ. (2544). **การพัฒนาทักษะการคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดด้วยกระบวนการวิทยาศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). **กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). **การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). **การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณี ลิมอักษร. (2546). **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สงขลา: ภารกิจเอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CLASSICAL TEST THEORY)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2545). **แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย พ.ศ. 2545 - 2549**. กรุงเทพมหานคร: จิรรัช.

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. (2538). สมเด็จพระเทพกับงานไอทีเฉลิมพระเกียรติ. **เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกล เศรษฐกิจไทยมั่นคง**. กรุงเทพมหานคร.

สภาร่างรัฐธรรมนูญ. (2550). **ร่างรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย (ฉบับลงประชามติ)**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ฯ.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2545). **เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2549). **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักทดสอบทางการศึกษา, กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). **การประเมินผลสัมฤทธิ์นักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547**. [online] Available from: http://bet.obec.go.th/gat_sat/bet_47.pdf [2007, June 11].

สุชา จันทน์เอม. (2544). **จิตวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

สุภาวดี เพ็ชร์น้อย. (2545). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้คำศัพท์วิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกม 2 รูปแบบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไสว ฟักขาว. (2537). **การพัฒนาระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้อย่างมีความหมายในวิชาเคมี**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อลิศรา ชูชาติ. (2549). เสริมสร้างประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่าน ICT. ใน อลิศรา ชูชาติ อมรา รอดดารา สร้อยสน สกลรักษ์ (บรรณาธิการ), **นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดมพร กันทะใจ. (2546). **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนกากรทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์กรณีศึกษา โรงเรียนหนองโนประชาสรรค์ จังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภาษาอังกฤษ

Adam, A. (1967). **Human memory.** New York: McGraw-Hill Book.

Anderson, J. **Learning and memory: An integrated approach.** New York: John and Sons.

Akpan, J. P. (2005). **Issue Associated with Inserting Computer Simulations into Biology Instruction: A Review of the Literature [online].** Available from: http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/akpan.html [2007, May 2].

Alessi, S. M. and Trollip, S. R. (1985). **Computer–based instruction: Methods and development**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

American Association for the Advancement of Science. (1974). **Science: A Process Approach – Commentary for Teacher**. Washington, DC: AAAS.

Atkinson, R. C. et al. (1990). **Introduction to psychology.** New York: Harcourt Brace Jovanorich.

Ausubel, D. P. (1968). **Education psychology: A cognitive view.** New York: Holt Rinehart and Winstan.

Brown, F. G. (1978). **Principle of educational and psychological testing.** New York: Holt, Rinehart and Winston.

Campbell, N. A. and Reece, J. B. (2002). **Biology.** 6th ed. California: Benjamin Cummings Publishing.

Ettinger, R. H. and Crooks, R. L. (1991). **Psychology: Science, behavior and life.** 3rd ed. Fort Worth: Rinehart and Winston.

Gagné, R. M. (1977). **The condition of learning and theory of instruction.** New York: Holt, Rinehart and Winston.

Geban, O., Askar, P., and Ozkan, I. (1992). Effect of computer simulation and problem-solving approaches on high school students. **Journal of Educational Research.** 86(1): 5-10.

Gega, P. (1990). **Science in elementary education.** New York : Wiley.

Heinich, Robert, Micheal Molenda and Jame D. Russell. (1993). **Instructional media and the new technologies of instruction.** 4th ed. New York: Macmillan.

Heinich, Robert and others. (1999). **Instructional media and technologies for learning.** 6th ed. Upper Saddle River: Prentice–Hall.

Klausmeier, H. J. (1985). **Educational psychology.** New York: Harper and Row.

Klopfer, E. L. (1971). **Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning.** New York: McGraw-Hill.

Kuslan, L. I. & Stone, H. A. (1968). **Teaching children science : an inquiry approach.** Belmont, Calif: Wadsworth.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Lavoe, D. R. and Good, R. (1998) The nature and use of prediction skills in a biological computer simulation. **Journal of Research in Science Teaching.** 25, 335-360.

Lazarowitz, R. and Huppert, J. (1993). Science process skills of 10th grade biology students in a computer-asststed learning setting. **Journal of Computing in Education.** 25: 366-382.

Lindvall, C. M. and Nitko, A. J. (1967). **Measuring pupil achievement and attitude.** New York: Harcourt Brace Jovanvich.

Lomax, R. G. (1998). **Statistical Concepts: A Second Course for Education and the Behavioral Sciences.** New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Martin, R. et al. (1998). **Teaching science for all children: Inquiry methods for constructing understanding.** 3rd ed. United States of America: Pearson Education.

Mintz, R. (1993). Computerized simulation as an inquiry tool. **School Science and Mathematics.** 93(2): 76-80.

Myer, D. G. (1992). **Memory.** 3rd ed. New York: Worth.

National Research Council. (1996). Chapter 6 Science Content Standard. **National Science Education Standards.** Washington, DC: National Academy Press.

Nay, M. A., Glass, G. V. and Julian, C. (1971). Process approach to teaching science. **Science Education.** 55(4). 201.

Nelson, M. A. & Abrahum, E. C. (1973). Inquiry skill measures. **Journal of Research in Science Teaching.** 10(4). 291-297.

Nunnally, J. C. (1959). **Test and Measurement.** New York: McGraw-Hill.

Roth, R. H. and Roychoudhury, A. (1993). Using computer simulations in inductive learning strategies with children in science. **Journal of Research in Science Teaching.** 30: 127-152.

Shope R. E. (2007). **The ED^{3}U Science Model: Teaching Science for Conceptual Change [Online].** Available from: http://aste.chem.pitt.edu/proceedings/2006 proceedings/Shope_1/201/20.htm [2007, May 12].

Smentana, L. K. and Bell, R. L. (2006). Simulating Science. **School Science and Mathematics [Online].** 106, 5 (May) 267-71. Available from: http://www.cde.ca.gov/ci/cr/cf/index.asp [2006, October 29].

Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. (1973). **Teaching science by inquiry in the secondary school.** Columbus: Charles E. Merrill.

Wellington, J. (2004). Using ICT in teaching and learning science. In Richard Holliman and Eileen Scanlon (Editor), **Mediating Science Learning through Information and Communications Technology.** London: Routledge Falmer.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายนามต่อไปนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข *รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
2. อาจารย์วิภา เกียรติธนะบำรุง *อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)*
3. อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี *อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข *รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
2. อาจารย์วิภา เกียรติธนะบำรุง *อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)*
3. อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี *อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข *รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

2. อาจารย์วิภา เกียรติธนะบำรุง *อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)*

3. อาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร *อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

2. แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดยใช้รูปแบบการสอน ED^{3}U ร่วมกับสื่อคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ

สาระการเรียนรู้ที่ 2 การโคลนยีน: การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

ผู้สอน นายชัยณรงค์ แก้วสุก เวลาที่ใช้ 1 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 - ม.6 ข้อ 2 สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทเรียนเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของการโคลนยีนและการโคลนดีเอ็นเอได้
2. ยกตัวอย่างวิธีการโคลนยีนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้
3. ระบุเหตุผลของการใช้พลาสมิดของแบคทีเรียในการโคลนยีนได้
4. อธิบายลักษณะของแบคทีเรียที่เป็นพาหะและแบคทีเรียที่เป็นผู้รับได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. อธิบายขั้นตอนการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียได้
6. อธิบายการประยุกต์ใช้ยีนที่ได้จากการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียได้

สาระสำคัญ

การตัดและเชื่อมต่อสายดีเอ็นเอเป็นดีเอ็นเอสายผสมหรือรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอนั้นไม่เพียงพอที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ แต่ต้องมีวิธีการที่จะสามารถดำรงดีเอ็นเอสายผสมให้คงอยู่และเพิ่มจำนวนเพื่อใช้ในการศึกษา สิ่งจำเป็นคือการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในบริเวณดังกล่าวให้มากพอที่จะศึกษาได้ ซึ่งการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอที่เหมือน ๆ กัน เรียกว่า การโคลนดีเอ็นเอ (DNA cloning) และหากพิจารณาการเพิ่มจำนวนที่ยีนในบริเวณต่าง ๆ ของดีเอ็นเอ ก็อาจเรียกว่า การโคลนยีน (gene cloning)

การโคลนยีนวิธีหนึ่งที่นิยม คือ วิธีการเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอในพลาสมิด (plasmid) ของแบคทีเรีย ซึ่งถือว่าเป็นดีเอ็นเอพาหะ (vector DNA) โดยการแยกพลาสมิดที่จะนำมาใช้เป็นพาหะออกมาจากแบคทีเรีย จากนั้นแทรกสายดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยยีนที่ต้องการ แล้วนำพลาสมิดที่เป็นพาหะใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยง พลาสมิดจะจำลองตัวเองในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน ยีนที่ต้องการก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยปริยาย ทำให้ได้ยีนที่ต้องการสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นสำรวจและค้นหา: Explore** (15 นาที)

   1.1 ครูทบทวนและนำนักเรียนอภิปรายในประเด็นการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอหรือดีเอ็นเอสายผสมที่ได้เรียนในคาบที่ผ่านมาโดยใช้คำถามต่อไปนี้

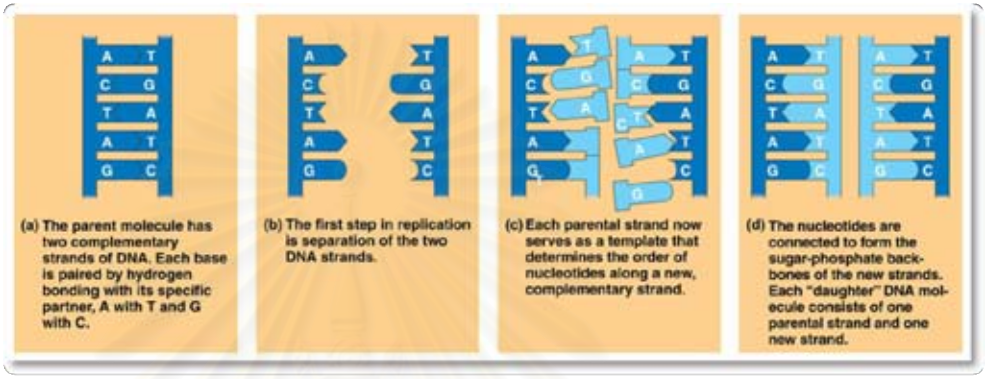
   1) การตัดและเชื่อมต่อสายดีเอ็นเอด้วยยีนที่ต้องการเป็นดีเอ็นเอสายผสมนั้น นักเรียนคิดว่าเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้เลยหรือไม่ เพราะเหตุใด

   (ดีเอ็นเอสายผสมที่สร้างขึ้นไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทันที เพราะมีเพียง 1 โมเลกุล)

2) ดีเอ็นเอสายผสมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะตามยีนที่ต้องการได้อย่างไร

(ดีเอ็นเอสายผสมที่มียีนที่ต้องการจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ก็ต่อเมื่อมีวิธีการรักษา ดีเอ็นเอสายผสมให้คงอยู่ และเพิ่มจำนวนให้มีมากพอ)

1.2 ครูแสดงภาพการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)



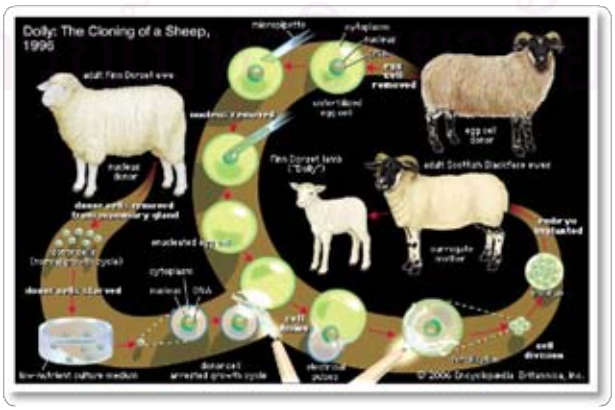
ภาพที่ 1 การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)

จากนั้นทบทวนความรู้เรื่องการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ เพื่อเชื่อมโยงสู่เรื่องการโคลนยีน โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนคิดว่าถ้าดีเอ็นเอมีการสังเคราะห์หรือการจำลองตัวเองเพื่อเพิ่มปริมาณ ยีนบนสายดีเอ็นเอดังกล่าวจะเพิ่มจำนวนด้วยหรือไม่ อย่างไร

(ในกระบวนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอหรือ DNA replication จะมีการสร้างยีนบนดีเอ็นเอสายใหม่จากสายดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบ ดังนั้นหากดีเอ็นเอมีการจำลองตัวเองเพื่อเพิ่มปริมาณ ยีนบนดีเอ็นเอนั้น ๆ ก็ย่อมจะเพิ่มปริมาณขึ้นตามไปด้วย)

2) ครูแสดงภาพการโคลนแกะดอลลี่ให้นักเรียนดู



ภาพที่ 2 การโคลนแกะดอลลี่

จากนั้นถามว่านักเรียนเคยได้ยินคำว่า “การโคลน (cloning)” มาก่อนหรือไม่ จงอธิบายและยกตัวอย่าง

(คำตอบขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งแนวคำตอบคือ เราได้ยินคำว่า “การโคลน” จากการสร้างลูกแกะชื่อดอลลี่ (Dolly) ให้เหมือนกับแม่แกะที่มีอยู่ก่อนทุกประการ ดังนั้น การโคลนจึงหมายถึง กระบวนการสร้างสิ่งที่เหมือนกันโดยสมบูรณ์)

3) ถ้าการสร้างลูกแกะชื่อดอลลี่ (Dolly) ให้เหมือนกับแม่แกะที่มีอยู่ก่อนทุกประการเรียกว่าการโคลนแกะ ดังนั้นการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอสายผสมให้มีปริมาณที่มากพอสำหรับการศึกษา เมื่อพิจารณาที่ยีนบนดีเอ็นเอ การเพิ่มจำนวนยีนที่เหมือน ๆ กันให้มากพอที่จะศึกษาได้น่าจะเรียกว่าอะไร

(การโคลนยีน: gene cloning หรือการโคลนดีเอ็นเอ: DNA cloning)

1.3 ครูกล่าวว่าการโคลนยีนเป็นวิธีการเพิ่มจำนวนยีนที่ต้องการ ภายหลังการตัดและเชื่อมต่อสาย ดีเอ็นเอในกระบวนการสร้างดีเอ็นเอสายผสม ซึ่งวิธีการหนึ่งที่นิยมกันคือ การโคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย (cloning a gene in a bacterial plasmid) ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาในคาบเรียนนี้

1.4 ครูกระตุ้นให้นักเรียนสำรวจและค้นหาขั้นตอนการโคลนยีนหรือดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียในหนังสือเรียนชีววิทยา โดยให้นักเรียนบันทึกรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจและค้นหาลงในสมุดบันทึก

2. ขั้นวินิจฉัย: Diagnose (10 นาที)

2.1 ครูนำนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อการวินิจฉัยความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาตามประเด็นต่าง ๆ ที่ได้จากการสำรวจและค้นหาดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการโคลนยีนหรือดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

2) เหตุผลของการใช้พลาสมิดของแบคทีเรียในการโคลนยีน

3) ลักษณะของแบคทีเรียที่เป็นพาหะและแบคทีเรียที่เป็นผู้รับ

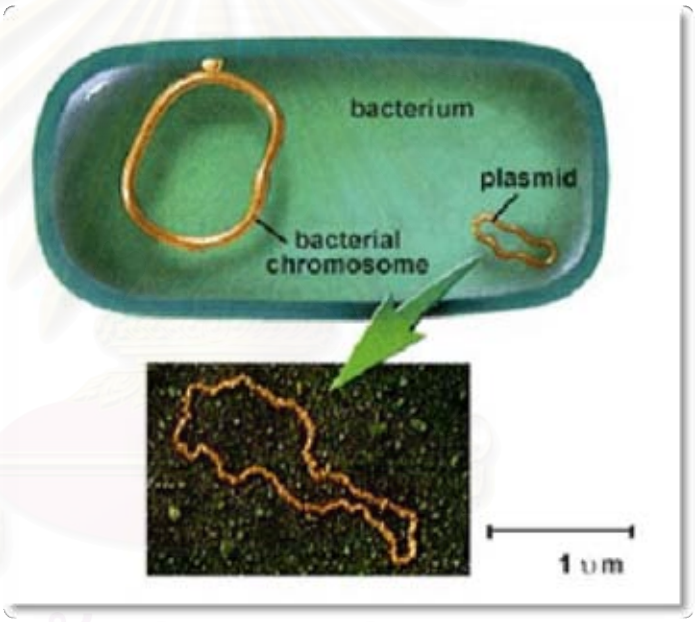
4) การประยุกต์ใช้ยีนที่ได้จากการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

© 2007 ชัยณรงค์ แก้วสุก

2.2 ครูสังเกตการอภิปรายและบันทึกประเด็นที่นักเรียนมีความเข้าใจไม่ถูกต้องหรือไม่เข้าใจ จากนั้นชี้แจงให้นักเรียนทราบโดยกล่าวว่า หากนักเรียนมีข้อสงสัยหรือยังไม่เข้าใจเนื้อหาสาระในประเด็นใด ให้บันทึกไว้ในสมุดเพื่อการอภิปรายซักถามและตรวจความรู้ความเข้าใจหลังการเรียนในคาบเรียนนี้

3. ขั้นออกแบบ: Design (10 นาที)

3.1 ครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการโคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย โดยแสดงภาพพลาสมิดของแบคทีเรียพร้อมกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายประเด็นความรู้พื้นฐานของการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย โดยใช้คำถามต่อไปนี้



ภาพที่ 3 พลาสมิดของแบคทีเรีย

1) พลาสมิด (plasmid) คืออะไร

(พลาสมิด คือ ดีเอ็นเอที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวนเกลียวคู่ อยู่นอกโครโมโซม พบในแบคทีเรียหลายชนิด)

2) เพราะเหตุใดจึงอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียในการโคลนยีน

(เพราะพลาสมิดของแบคทีเรียสามารถต่อกับดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการและเพิ่มจำนวนได้โดยการจำลองโมเลกุลในเซลล์แบคทีเรียหลังจากการถ่ายพลาสมิดเข้าสู่เซลล์)

3.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าพลาสมิดของแบคทีเรียที่เราใช้ต่อกับดีเอ็นเอที่มียีนที่เราต้องการเรียกว่า “ดีเอ็นเอพาหะ (vector DNA)” ส่วนเซลล์แบคทีเรียที่รับพลาสมิดที่เป็นรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอเพื่อการสังเคราะห์เพิ่มจำนวนนั้น เรียกว่า “ผู้รับ (host)”

3.3 ครูแสดงขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียโดยใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลอง ให้นักเรียนสังเกตกระบวนการต่าง ๆ อย่างชัดเจน 1 รอบ

Screen Shot ของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองขั้นตอนการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

จากนั้นนำนักเรียนอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จงอธิบายขั้นตอนการโคลนยีนหรือดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

(เริ่มต้นจากแยกพลาสมิดที่จะนำมาใช้เป็นพาหะออกมาจากแบคทีเรีย จากนั้นแทรกสายดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยยีนที่ต้องการ แล้วนำพลาสมิดที่เป็นพาหะใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยง พลาสมิดจะจำลองตัวเองในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน ยีนที่ต้องการก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยปริยาย)

2) เพราะเหตุใดจึงใช้พลาสมิดที่มียีนต้านสารปฏิชีวนะ และเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารปฏิชีวนะ

(เพื่อความสะดวกต่อการคัดเลือกแบคทีเรียเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป กล่าวคือใช้สารปฏิชีวนะเป็นเครื่องหมายหรือ marker สำหรับแบคทีเรียที่มียีนที่ต้องการ ซึ่ง

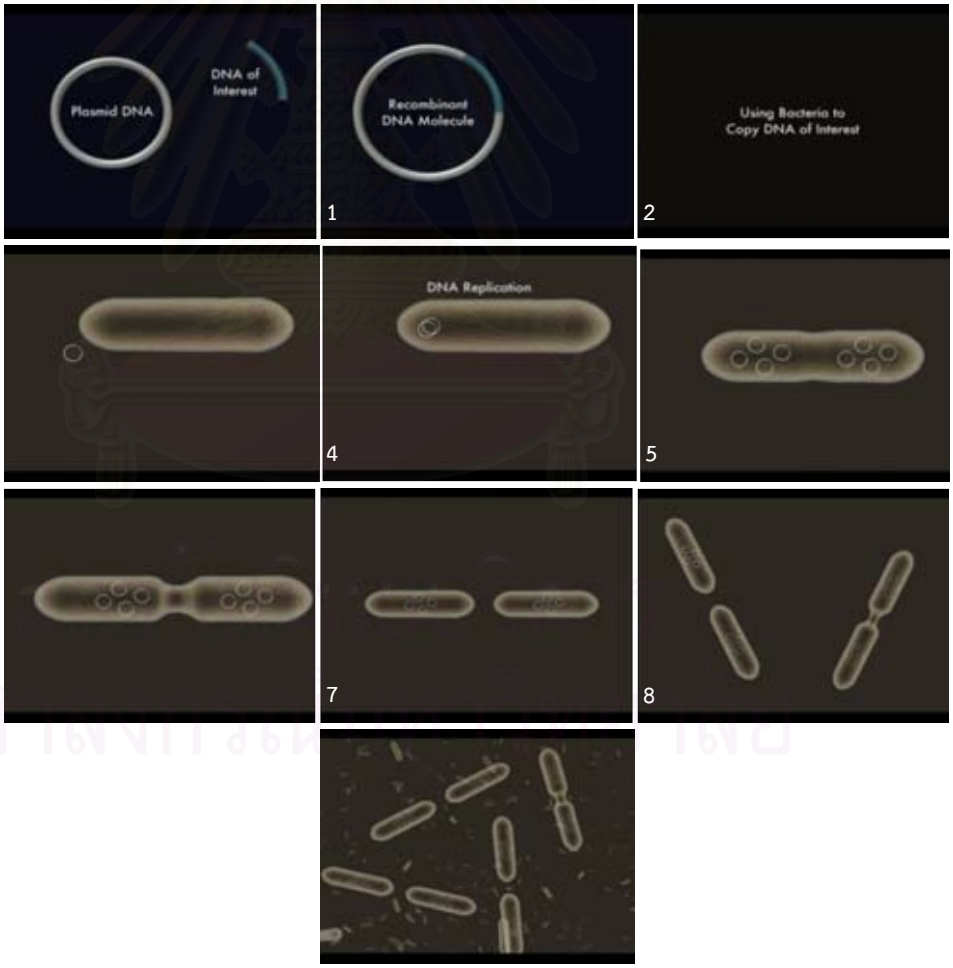
แบคทีเรียนั้นจะมียีนต้านทานสารปฏิชีวนะอยู่ด้วย ทำให้สามารถอยู่รอดบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ส่วนแบคทีเรียที่ไม่มียีนที่ต้องการจะตาย เนื่องจากไม่มียีนต้านทานสารปฏิชีวนะ)

3) นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าโคโลนีใดมีพลาสมิดที่มีส่วนของดีเอ็นเอที่ต้องการแทรกอยู่

(โคโลนีที่มีพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการ ยีนจะแสดงออกโดยการผลิตโปรตีน ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการไปแทรกอยู่ในเซลล์)

4. ขั้นอภิปราย: Discuss (10 นาที)

4.1 ครูแสดงคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียให้นักเรียนสังเกตอีกครั้ง



Screen Shot ของคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองขั้นตอนการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปการเรียนรู้ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียในประเด็นต่อไปนี้

1) ความหมายของการโคลนยีน

(การโคลนยีน หมายถึง การเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการให้มากขึ้น วิธีการหนึ่งที่ใช้คือการเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอในพลาสมิดของแบคทีเรีย)

2) ขั้นตอนการโคลนยีนหรือดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

(เริ่มต้นจากแยกพลาสมิดที่จะนำมาใช้เป็นพาหะออกมาจากแบคทีเรีย จากนั้นแทรกสายดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยยีนที่ต้องการ แล้วนำพลาสมิดที่เป็นพาหะใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยง พลาสมิดจะจำลองตัวเองในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน ยีนที่ต้องการก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยปริยาย)

4) ประโยชน์ของยีนที่ได้จากการโคลนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

(ยีนที่ได้จากการโคลนจะนำเข้าสู่สิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายยีน เมื่อยีนมีการแสดงออกจะทำให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการถ่ายยีนผลิตสารหรือผลิตโปรตีนตามต้องการได้)

4.3 ครูแนะนำแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเรื่องที่เกี่ยวข้อง จากนั้นให้นักเรียนสรุปการเรียนรู้ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียเป็นผังมโนทัศน์ลงในสมุดบันทึกและนำส่งท้ายคาบเรียน เพื่อการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต่อไป

5. ขั้นนำความรู้ไปใช้: Use (5 นาที)

5.1 ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดต่อไปนี้

“ถ้ามีแบคทีเรียที่พร้อมรับพลาสมิดเข้าสู่เซลล์จำนวน 10 เซลล์ ถ้าโมเลกุลดีเอ็นเอจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจะเข้าเซลล์ได้เพียง 1 โมเลกุล แล้วนักเรียนนำเซลล์ที่มีพลาสมิดที่มีดีเอ็นเอที่ต้องการทั้ง 10 โมเลกุลที่สร้างขึ้น ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มียาปฏิชีวนะซึ่งพลาสมิดสีเขียวจะมียีนต้านทานยาปฏิชีวนะอยู่ แบคทีเรีย 1 เซลล์ที่เติบโตได้จะกลายเป็นโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 โคโลนี นักเรียนคิดว่าบนอาหารเลี้ยงเชื้อของนักเรียนจะมีโคโลนีเกิดขึ้นกี่โคโลนี ทุกโคโลนีที่เกิดขึ้นมีส่วนของยีนที่ต้องการแทรกอยู่หรือไม่”

(มี 10 โคโลนี ทุกโคโลนีมีมีแบคทีเรียที่มียีนที่ต้องการอยู่ด้วย เนื่องจากเซลล์แบคทีเรียมียีนต้านทานยาปฏิชีวนะจะใช้ยีนเป็นเครื่องหมาย ซึ่งเซลล์จะสามารถมีชีวิตได้ในอาหารที่มียาปฏิชีวนะ ส่วนเซลล์ที่ไม่มียีนเครื่องหมายนี้จะตาย)

5.2 ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ความเข้าที่ได้จากการเรียนรู้ไปจัดทำสรุปการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่นักเรียนสนใจเพื่อเก็บไว้ทบทวน หรือเพื่อเผยแพร่ความรู้ เช่น การจัดทำในรูปแบบโปสเตอร์หรือแผ่นพับ เป็นต้น

อุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้

1. หนังสือแบบเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 โดยกรมวิชาการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. คอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปดังต่อไปนี้
   2.1 Microsoft® Office PowerPoint® 2007
   2.2 Adobe® Flash Player Plug-in
   2.3 Adobe® Flash Player
3. เครื่องฉายภาพแอลซีดี (LCD projector)
4. ปากกาเลเซอร์ (laser pointer)
5. Microsoft® PowerPoint® Slide
   5.1 ภาพการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)
   5.2 ภาพการโคลนแกะดอลลี่
   5.3 ภาพพลาสมิดของแบคทีเรีย
6. คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองแสดงขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียจากการสืบค้นคำว่า “DNA cloning” ในเว็บไซต์ http://www.youtube.com

แหล่งการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการศึกษาค้นคว้า

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2550). **BIOTECHNOLOGY เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับโลกยุคใหม่.** กรุงเทพมหานคร. ฐานการพิมพ์.

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2546). **หลักพันธุศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร. สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย.

โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. (2547). **ชีววิทยา 3.** กรุงเทพมหานคร. ด่านสุทธาการพิมพ์.

Biggs, A., Kapicka, C. and Lundgren, L. (1998). **Biology: The Dynamic of Life.** United States of America. McGraw-Hill.

Campbell, N. A. and Reece, J. B. (2002). **Biology.** 6th ed. California. Benjamin Cummings Publishing.

Freeman, S. (2002). **Biological Science.** United States of America. Prentice-Hall.

Hartwell, L. et al. (2000). **Genetics.** United States of America. McGraw-Hill.

Lewis, R. (2003). **Human Genetics.** 5th ed. United States of America. McGraw-Hill.

Postlethwait, J. H. and Hopson, J. H. (1995). **The Nature of Life.** 3rd ed. United States of America. McGraw-Hill.

Starr, C. and Taggart, R. (2001). **Cell Biology and Genetics.** United States of America. Von Hoffmann Press.

2. เว็บไซต์เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

http://ats.doit.wisc.edu/biology/g/bt/bt.htm

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ในการประเมิน
การสังเกตการตอบคำถาม และการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียน	นักเรียนตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมอภิปรายในชั้นเรียนโดยเฉลี่ยมากกว่าระดับปานกลาง
การทดสอบความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย	แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย มากกว่าร้อยละ 70
	แบบประเมินผังมโนทัศน์ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย	นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ

สาระการเรียนรู้ที่ 2 การโคลนยีน: การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

ผู้สอน นายชัยณรงค์ แก้วสุก เวลาที่ใช้ 1 คาบ

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4 - ม.6 ข้อ 2 สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อศึกษาจบบทเรียนเรื่องนี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของการโคลนยีนและการโคลนดีเอ็นเอได้
2. ยกตัวอย่างวิธีการโคลนยีนที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้
3. ระบุเหตุผลของการใช้พลาสมิดของแบคทีเรียในการโคลนยีนได้
4. อธิบายลักษณะของแบคทีเรียที่เป็นพาหะและแบคทีเรียที่เป็นผู้รับได้
5. อธิบายขั้นตอนการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. อธิบายการประยุกต์ใช้ยีนที่ได้จากการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียได้

สาระสำคัญ

การตัดและเชื่อมต่อสายดีเอ็นเอเป็นดีเอ็นเอสายผสมหรือรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอนั้นไม่เพียงพอที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ แต่ต้องมีวิธีการที่จะสามารถดำรงดีเอ็นเอสายผสมให้คงอยู่และเพิ่มจำนวนเพื่อใช้ในการศึกษา สิ่งจำเป็นคือการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอในบริเวณดังกล่าวให้มากพอที่จะศึกษาได้ ซึ่งการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอที่เหมือน ๆ กัน เรียกว่า การโคลนดีเอ็นเอ (DNA cloning) และหากพิจารณาการเพิ่มจำนวนที่ยีนในบริเวณต่าง ๆ ของดีเอ็นเอ ก็อาจเรียกว่า การโคลนยีน (gene cloning)

การโคลนยีนวิธีหนึ่งที่นิยม คือ วิธีการเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอในพลาสมิด (plasmid) ของแบคทีเรีย ซึ่งถือว่าเป็นดีเอ็นเอพาหะ (vector DNA) โดยการแยกพลาสมิดที่จะนำมาใช้เป็นพาหะออกมาจากแบคทีเรีย จากนั้นแทรกสายดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยยีนที่ต้องการ แล้วนำพลาสมิดที่เป็นพาหะใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยง พลาสมิดจะจำลองตัวเองในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน ยีนที่ต้องการก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยปริยาย ทำให้ได้ยีนที่ต้องการสำหรับนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** (5 นาที)

   1.1 ครูทบทวนและนำนักเรียนอภิปรายในประเด็นการสร้างดีเอ็นเอสายผสมที่ได้เรียนในคาบที่ผ่านมาโดยใช้คำถามต่อไปนี้

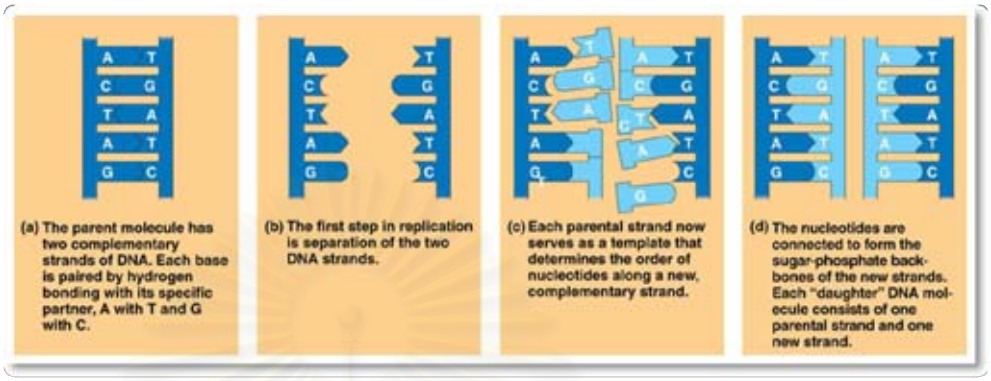
   1) การตัดและเชื่อมต่อสายดีเอ็นเอด้วยยีนที่ต้องการเป็นดีเอ็นเอสายผสมนั้น นักเรียนคิดว่าเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้เลยหรือไม่ เพราะเหตุใด

   (ดีเอ็นเอสายผสมที่สร้างขึ้นไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทันที เพราะมีเพียง 1 โมเลกุล)

   2) ดีเอ็นเอสายผสมที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะตามยีนที่ต้องการได้อย่างไร

(ดีเอ็นเอสายผสมที่มียีนที่ต้องการจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ก็ต่อเมื่อมีวิธีการรักษา ดีเอ็นเอสายผสมให้คงอยู่ และเพิ่มจำนวนให้มีมากพอ)

1.2 ครูแสดงภาพการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)



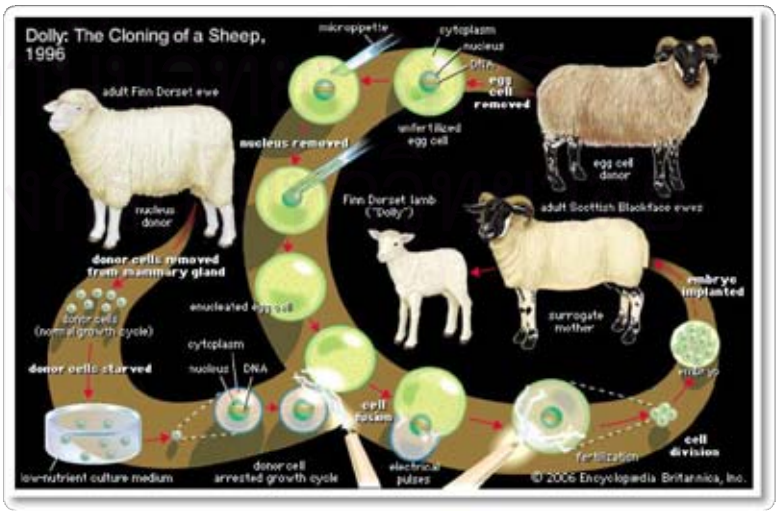
ภาพที่ 1 การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)

จากนั้นทบทวนความรู้เรื่องการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ เพื่อเชื่อมโยงสู่เรื่องการโคลนยีน โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนคิดว่าถ้าดีเอ็นเอมีการสังเคราะห์หรือการจำลองตัวเองเพื่อเพิ่มปริมาณ ยีนบนสายดีเอ็นเอดังกล่าวจะเพิ่มจำนวนด้วยหรือไม่ อย่างไร

(ในกระบวนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอหรือ DNA replication จะมีการสร้างยีนบนดีเอ็นเอสายใหม่จากสายดีเอ็นเอที่เป็นต้นแบบ ดังนั้นหากดีเอ็นเอมีการจำลองตัวเองเพื่อเพิ่มปริมาณ ยีนบนดีเอ็นเอนั้น ๆ ก็ย่อมจะเพิ่มปริมาณขึ้นตามไปด้วย)

2) ครูแสดงภาพการโคลนแกะดอลลี่ให้นักเรียนดู



ภาพที่ 2 การโคลนแกะดอลลี่

จากนั้นถามว่านักเรียนเคยได้ยินคำว่า “การโคลน (cloning)” มาก่อนหรือไม่ จงอธิบายและยกตัวอย่าง

(คำตอบขึ้นอยู่กับความรู้และประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งแนวคำตอบคือ เราได้ยินคำว่า “การโคลน” จากการสร้างลูกแกะชื่อดอลลี่ให้เหมือนกับแม่แกะที่มีอยู่ก่อนทุกประการ ดังนั้น การโคลนจึงหมายถึง กระบวนการสร้างสิ่งที่เหมือนกันโดยสมบูรณ์)

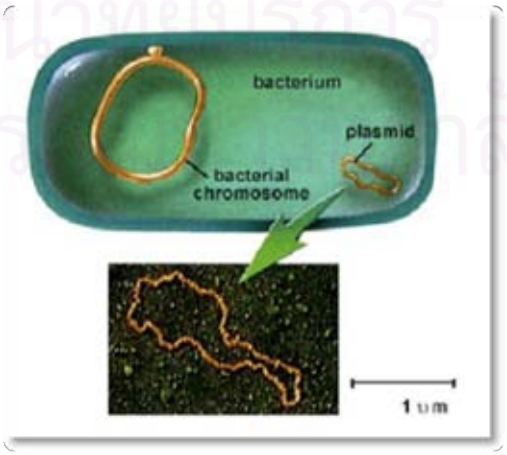
3) ถ้าการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอสายผสมให้มีปริมาณที่มากพอสำหรับการศึกษา เรียกว่าการโคลนดีเอ็นเอ (DNA cloning) เมื่อเราพิจารณาที่ยีนบนดีเอ็นเอ การเพิ่มจำนวนยีนที่เหมือน ๆ กันให้มากพอที่จะศึกษาได้น่าจะเรียกว่าอะไร

(การโคลนยีน: gene cloning)

1.3 ครูกล่าวว่าการโคลนยีนเป็นวิธีการเพิ่มจำนวนยีนที่ต้องการ ภายหลังการตัดและเชื่อมต่อสายดีเอ็นเอในกระบวนการสร้างดีเอ็นเอสายผสม ซึ่งวิธีการหนึ่งที่นิยมกัน คือ การโคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย (cloning a gene in a bacterial plasmid) ซึ่งนักเรียนจะได้ศึกษาในคาบเรียนนี้

2. ขั้นกิจกรรม (35 นาที)

2.1 ครูแสดงภาพพลาสมิดของแบคทีเรียพร้อมกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายประเด็นความรู้พื้นฐานของการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย โดยใช้คำถามต่อไปนี้



ภาพที่ 3 พลาสมิดของแบคทีเรีย

1) พลาสมิด (plasmid) คืออะไร

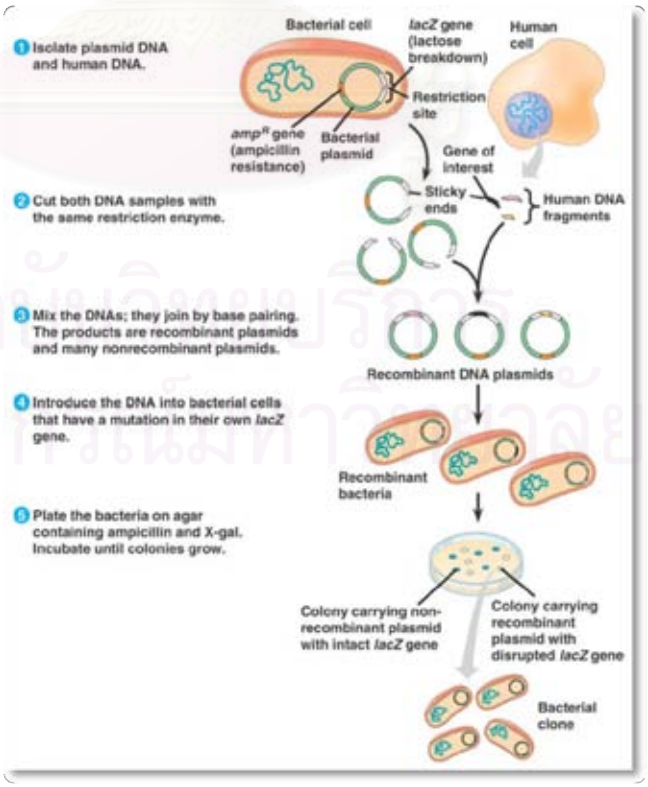
(พลาสมิด คือ ดีเอ็นเอที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวนเกลียวคู่ อยู่นอกโครโมโซม พบในแบคทีเรียหลายชนิด)

2) เพราะเหตุใดจึงอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียในการโคลนยีน

(เพราะพลาสมิดของแบคทีเรียสามารถต่อกับดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการและเพิ่มจำนวนได้โดยการจำลองโมเลกุลในเซลล์แบคทีเรียหลังจากการถ่ายพลาสมิดเข้าสู่เซลล์)

2.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่าพลาสมิดของแบคทีเรียที่เราใช้ต่อกับดีเอ็นเอที่มียีนที่เราต้องการเรียกว่า “ดีเอ็นเอพาหะ (vector DNA)” ส่วนเซลล์แบคทีเรียที่รับพลาสมิดที่เป็นรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอเพื่อการสังเคราะห์เพิ่มจำนวนนั้น เรียกว่า “ผู้รับ (host)”

2.3 ครูให้นักเรียนสืบค้นขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย จากภาพการโคลนดีเอ็นเอในหนังสือเรียนชีววิทยา โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของกิจกรรมให้นักเรียนทราบว่า เพื่อให้นักเรียนทราบขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย



ภาพที่ 4 การโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

2.4 ภายหลังการสืบค้น ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 4-5 คน เพื่อใช้ความรู้จากการสืบค้นทำกิจกรรมที่ 18.1 โคลน DNA เพื่อให้เข้าใจการโคลนดีเอ็นเอและเทคนิคการสร้างดีเอ็นเอสายผสม โดยให้แต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทำกิจกรรมโดยละเอียด จากนั้นให้ตัวแทนกลุ่มออกมารับอุปกรณ์ และเริ่มทำกิจกรรม และหลังจากทำกิจกรรมที่ 18.1 โคลน DNA แล้ว ครูนำนักเรียนอภิปรายหลังทำกิจกรรม โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1) จากกิจกรรม นักเรียนได้ดีเอ็นเอสายผสมในรูปของพลาสมิดที่มีดีเอ็นเอที่ต้องการแทรกอยู่ทั้งหมดกี่วง

(จำนวนของดีเอ็นเอสายผสมขึ้นอยู่กับการหยิบกระดาษของนักเรียน ถ้าหยิบได้กระดาษสีแดงมาต่อกับสีเขียวเป็นวง ก็จะได้ดีเอ็นเอสายผสม 1 โมเลกุล)

2) นักเรียนได้พลาสมิดที่เหมือนเดิมกี่วง

(นับเฉพาะพลาสมิดที่เป็นกระดาษสีเขียวต่อกับสีเขียวเท่านั้น)

3) นักเรียนได้ดีเอ็นเอที่ไม่ใช่พลาสมิดกี่โมเลกุล

(นับเฉพาะพลาสมิดที่เป็นกระดาษสีแดงต่อกับสีแดงเท่านั้น)

4) ถ้ามีแบคทีเรียที่พร้อมรับพลาสมิดเข้าสู่เซลล์จำนวน 10 เซลล์ ถ้าโมเลกุลดีเอ็นเอจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นจะเข้าเซลล์ได้เพียง 1 โมเลกุล แล้วนักเรียนนำเซลล์ที่มีพลาสมิดที่มีดีเอ็นเอที่ต้องการทั้ง 10 โมเลกุลที่สร้างขึ้น ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มียาปฏิชีวนะซึ่งพลาสมิดสีเขียวจะมียีนต้านทานยาปฏิชีวนะอยู่ แบคทีเรีย 1 เซลล์ที่เติบโตได้จะกลายเป็นโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 โคโลนี นักเรียนคิดว่าบนอาหารเลี้ยงเชื้อของนักเรียนจะมีโคโลนีเกิดขึ้นกี่โคโลนี ทุกโคโลนีที่เกิดขึ้นมีส่วนของยีนที่ต้องการ (กระดาษสีแดง) แทรกอยู่หรือไม่

(มี 10 โคโลนี ทุกโคโลนีมีมีแบคทีเรียที่มียีนที่ต้องการอยู่ด้วย เนื่องจากเซลล์แบคทีเรียมียีนต้านทานยาปฏิชีวนะจะใช้ยีนเป็นเครื่องหมาย ซึ่งเซลล์จะสามารถมีชีวิตได้ในอาหารที่มียาปฏิชีวนะ ส่วนเซลล์ที่ไม่มียีนเครื่องหมายนี้จะตาย)

5) นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าโคโลนีใดมีพลาสมิดที่มีส่วนของดีเอ็นเอที่ต้องการแทรกอยู่

(โคโลนีที่มีพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการ ยีนจะแสดงออกโดยการผลิตโปรตีน ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าพลาสมิดที่มียีนที่ต้องการไปแทรกอยู่ในเซลล์)

2.5 ให้นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมลงในสมุดบันทึก จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากยีนที่โคลนโดยถามว่า ยีนที่ได้จากการโคลนจะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

(ยีนที่ได้จากการโคลนจะนำเข้าสู่สิ่งมีชีวิตโดยการถ่ายยีน เมื่อยีนมีการแสดงออกจะทำให้สิ่งมีชีวิตที่ได้รับการถ่ายยีนผลิตสารหรือผลิตโปรตีนตามต้องการได้)

3. ขั้นอภิปรายและสรุปผล (10 นาที)

3.1 ครูกำหนดประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

1) ความหมายของการโคลนยีน

(การโคลนยีน หมายถึง การเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอที่มียีนที่ต้องการให้มากขึ้น วิธีการหนึ่งที่ใช้คือการเพิ่มจำนวนชุดของดีเอ็นเอในพลาสมิดของแบคทีเรีย)

2) ขั้นตอนการโคลนยีนหรือดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

(เริ่มต้นจากแยกพลาสมิดที่จะนำมาใช้เป็นพาหะออกมาจากแบคทีเรีย จากนั้นแทรกสายดีเอ็นเอที่ประกอบด้วยยีนที่ต้องการ แล้วนำพลาสมิดที่เป็นพาหะใส่ในเซลล์ของแบคทีเรีย เมื่อนำเซลล์แบคทีเรียไปเลี้ยง พลาสมิดจะจำลองตัวเองในเซลล์ของแบคทีเรียเพื่อเพิ่มจำนวน ยีนที่ต้องการก็จะเพิ่มขึ้นตามโดยปริยาย)

3) เพราะเหตุใดจึงใช้พลาสมิดที่มียีนต้านสารปฏิชีวนะ และเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารปฏิชีวนะ

(เพื่อความสะดวกต่อการคัดเลือกแบคทีเรียเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป กล่าวคือใช้สารปฏิชีวนะเป็นเครื่องหมายหรือ marker สำหรับแบคทีเรียที่มียีนที่ต้องการ ซึ่งแบคทีเรียนั้นจะมียีนต้านทานสารปฏิชีวนะอยู่ด้วย ทำให้สามารถอยู่รอดบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ส่วนแบคทีเรียที่ไม่มียีนที่ต้องการจะตาย เนื่องจากไม่มียีนต้านทานสารปฏิชีวนะ)

3.2 ครูแนะนำแหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม และเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยในเรื่องที่เกี่ยวข้อง จากนั้นให้นักเรียนสรุปการเรียนรู้ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียเป็น ผังมโนทัศน์ลงในสมุดบันทึกและนำส่งท้ายคาบเรียน เพื่อการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต่อไป

อุปกรณ์และสื่อการเรียนรู้

1. หนังสือแบบเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 โดยกรมวิชาการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ (overhead projector)
3. แผ่นภาพโปร่งแสง
   3.1 ภาพการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)
   3.2 ภาพการโคลนแกะดอลลี่
   3.3 ภาพพลาสมิดของแบคทีเรีย
   3.4 ภาพขั้นตอนการโคลนดีเอ็นเอโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย

แหล่งการเรียนรู้

1. เอกสารประกอบการศึกษาค้นคว้า

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2550). **BIOTECHNOLOGY เทคโนโลยีชีวภาพสำหรับโลกยุคใหม่.** กรุงเทพมหานคร. ฐานการพิมพ์.

สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2546). **หลักพันธุศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร. สมาคมพันธุศาสตร์แห่งประเทศไทย.

โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. (2547). **ชีววิทยา 3.** กรุงเทพมหานคร. ด่านสุทธาการพิมพ์.

Biggs, A., Kapicka, C. and Lundgren, L. (1998). **Biology: The Dynamic of Life.** United States of America. McGraw-Hill.

Campbell, N. A. and Reece, J. B. (2002). **Biology.** 6th ed. California. Benjamin Cummings Publishing.

Freeman, S. (2002). **Biological Science.** United States of America. Prentice-Hall.

Hartwell, L. et al. (2000). **Genetics.** United States of America. McGraw-Hill.

Lewis, R. (2003). **Human Genetics.** 5th ed. United States of America. McGraw-Hill.

Postlethwait, J. H. and Hopson, J. H. (1995). **The Nature of Life.** 3rd ed. United States of America. McGraw-Hill.

Starr, C. and Taggart, R. (2001). **Cell Biology and Genetics.** United States of America. Von Hoffmann Press.

2. เว็บไซต์เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรม

http://ats.doit.wisc.edu/biology/g/bt/bt.htm

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์ในการประเมิน
การสังเกตการตอบคำถาม และการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและอภิปรายในชั้นเรียน	แบบประเมินการตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียน	นักเรียนตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมอภิปรายในชั้นเรียนโดยเฉลี่ยมากกว่าระดับปานกลาง
การทดสอบความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย	แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย	นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการเรียนชีววิทยา เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย มากกว่าร้อยละ 70
	แบบประเมินผังมโนทัศน์ เรื่อง การโคลนยีนโดยอาศัย พลาสมิดของแบคทีเรีย	นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ได้ถูกต้องมากกว่าร้อยละ 70

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

   <u>ตอนที่ 1</u> คือแบบวัดแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก จำนวน 16 ข้อ ซึ่งมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก คือ ก. ข. ค. และ ง. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แนบมากับแบบวัด

   <u>ตอนที่ 2</u> คือแบบวัดแบบเขียนตอบสั้น มีจำนวน 4 ข้อ ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อโดยเขียนตอบในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ถูกต้องสมบูรณ์
2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้พิจารณาคะแนนโดยใช้เกณฑ์ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน ดังนั้น แบบวัดฉบับนี้จึงมีคะแนนเต็มคิดเป็น 20 คะแนน
3. กรุณาอย่าทำเครื่องหมาย สัญลักษณ์ หรือขีดเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบวัด
4. โปรดส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกจากห้องสอบ
5. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 30 นาที

.....

ขอให้นักเรียนที่ตั้งใจเรียนทุกคนโชคดีในการสอบ

.....

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

1. ข้อใดสามารถสังเกตได้โดยตรงโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า

ก. เสียงของคลื่นวิทยุ

ข. ลักษณะของผิวกระดาษ

ค. การเคลื่อนที่ของโลก

ง. การสังเคราะห์ด้วยแสง

2. นักวิทยาศาสตร์ทดลองใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ A ในการย่อยสลายคราบน้ำมันที่รั่วไหลจากเรือเดินสมุทร โดยใช้จุลินทรีย์ในจำนวนที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลาย ปรากฏผลดังตาราง

จำนวน (ล้านตัว)	1.4	1.9	3.5	5.2	7.4	8.6	9.8
ความสามารถในการย่อยสลาย (ร้อยละ)	4.8	6.1	7.4	8.1	7.8	5.2	2.7

ถ้านักวิทยาศาสตร์ใช้จุลินทรีย์ A ในการย่อยสลายคราบน้ำมันจำนวน 7 ล้านตัว ความสามารถในการย่อยสลายจะมีค่าเท่าใด

ก. ร้อยละ 6.8 ข. ร้อยละ 7.1 ค. ร้อยละ 7.4 ง. ร้อยละ 7.9

3. นักสิ่งแวดล้อมได้ทำการสำรวจเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของนกยูงไทยอันเนื่องมาจากการรบกวนของมนุษย์และการอพยพย้ายถิ่น ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จ.อุทัยธานี โดยเก็บข้อมูลประชากรนกยูงไทยในพื้นที่เป็นเวลา 4 ปี ดังแสดงในตาราง

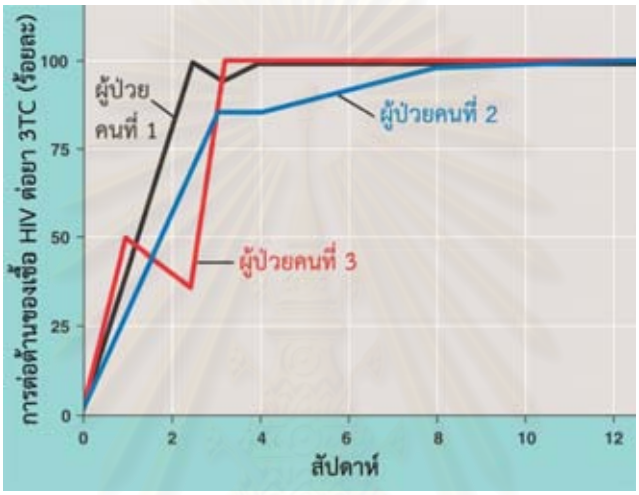
ปีที่	**จำนวนนกยูงโดยประมาณ (ตัว)**
1	97
2	85
3	73
4	61

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

หากไม่มีมาตรการป้องกันหรือมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี ประชากร นกยูงไทย น่าจะมีจำนวนประมาณกี่ตัว

ก. 47 ตัว ข. 48 ตัว ค. 49 ตัว ง. 50 ตัว

4. นักชีววิทยาได้ทำการทดลองที่เกี่ยวกับการต้านทานยา 3TC ซึ่งเป็นยาที่ใช้รักษาโรค AIDS ในผู้ป่วย 3 ราย โดยได้ผลสรุปหลังจากการทดลองเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ดังแสดงในกราฟ



จากข้อมูลในกราฟ เมื่อเวลาผ่านไป 14 สัปดาห์ อัตราการต้านทานยาของไวรัสชนิดนี้จะมีค่าเท่าใด

ก. ร้อยละ 50

ข. ร้อยละ 80

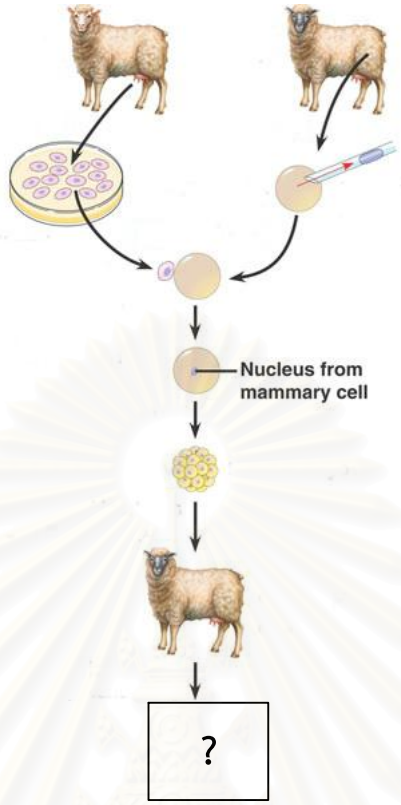
ค. ร้อยละ 100

ง. ไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

5. จากภาพที่กำหนดให้ ลูกแกะที่เกิดขึ้นจากการโคลนจะมีลักษณะอย่างไร



ก. ใบหน้าสีขาว ขนสีขาว

ข. ใบหน้าสีขาว ขนสีน้ำตาล

ค. ใบหน้าสีน้ำตาล ขนสีขาว

ง. ใบหน้าสีน้ำตาล ขนสีน้ำตาล

6. ข้อใด<u>ไม่ใช่</u>สมมติฐานที่สนับสนุนแนวคิดวิวัฒนาการโดยการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาร์ลส์ ดาร์วิน

ก. โลกเกิดมานานมีอายุหลายพันล้านปี และมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป

ข. ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหินชั้นล่างมีอายุมากกว่าซากที่พบในหินชั้นบนในบริเวณเดียวกัน

ค. รยางค์คู่หน้าของวาฬ ขาหน้าของซาลาแมนเดอร์ ปีกค้างคาว และแขนของคน มีความคล้ายคลึงกันทางกายวิภาค

ง. อวัยวะส่วนใดที่มีการใช้งานมากในการดำรงชีวิตจะมีขนาดใหญ่และแข็งแรงขึ้น ขณะที่อวัยวะที่ไม่ค่อยได้ใช้งานจะอ่อนแอและเสื่อมลงไป

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

7. ข้อใดคือการคาดคะเนผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากการพัฒนาสิ่งมีชีวิตดัดแปลงทางพันธุกรรม (GMOs) ที่เหมาะสมที่สุด

A. อาจเกิดเชื้อโรคสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่ดื้อยาปฏิชีวนะ

B. อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากมียีนของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อยู่ด้วย

C. อาจมีการถ่ายเทยีนออกสู่สิ่งแวดล้อม ทำให้วัชพืชต้านทานยาปราบวัชพืช

ก. A และ B ข. A และ C ค. B และ C ง. A B และ C

8. นายพฤกษ์ปลูกต้นทานตะวันโดยใช้กระถางขนาดเดียวกันบรรจุดินร่วน ดินทราย และดินเหนียวในปริมาณที่เท่ากันอย่างละใบ จากนั้นหยอดเมล็ดทานตะวันลงไปกระถางละ 10 เมล็ด รดน้ำและวางไว้ในที่มีแสงสว่างเหมือนกัน ข้อใดคือสมมติฐานของการทดลองนี้

ก. จำนวนเมล็ดมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ข. ชนิดของเมล็ดมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค. ชนิดของกระถางมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ง. ชนิดของดินที่ใช้ปลูกมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

9. ถ้านักเรียนต้องการศึกษาว่า ปริมาณแสงแดดมีความสัมพันธ์กับการบานของดอกไม้หรือไม่ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

ก. ถ้าปริมาณแสงแดดมีผลต่อการบานของดอกไม้แล้ว ดอกไม้ที่ถูกแสงแดดน่าจะบานเร็วกว่าดอกไม้ที่ไม่ถูกแสงแดด

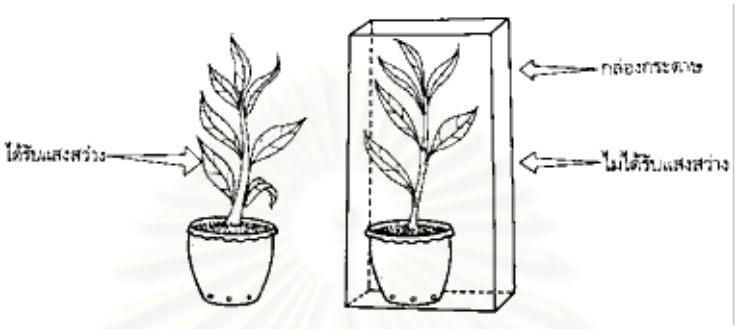
ข. ถ้าปริมาณแสงแดดมีผลต่อการบานของดอกไม้แล้ว ดังนั้นดอกไม้ต่างชนิดที่ถูกแสงปริมาณเท่ากันน่าจะบานเท่ากัน

ค. ถ้าปริมาณแสงแดดมีผลต่อการบานของดอกไม้แล้ว ดอกไม้ที่ถูกแสงแดดมากน่าจะบานเร็วกว่าดอกไม้ที่ถูกแสงแดดน้อย

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

ง. ถ้าปริมาณแสงแดดมีผลต่อการบานของดอกไม้แล้ว ดังนั้นดอกไม้ของเมืองร้อนน่าจะบานเร็วกว่าดอกไม้ของเมืองหนาว

10. นักวิทยาศาสตร์ได้วางแผนเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดัดแปลงพันธุกรรม (GMOs) ดังภาพ



ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมของการทดลองนี้ ตามลำดับ

ก. ชนิดของพืช ความยาวของใบ ชนิดของพืช

ข. ปริมาณแสง ความสูงของพืช ขนาดกระถาง

ค. การได้รับแสง การเจริญเติบโตของพืช ปริมาณน้ำที่รด

ง. ความเข้มแสง การเจริญเติบโตของพืช ระยะเวลาที่ใช้ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพ และวิวัฒนาการ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีข้อสอบจำนวน 53 ข้อ ใช้เกณฑ์ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน ดังนั้น แบบทดสอบฉบับนี้จึงมีคะแนนเต็มคิดเป็น 53 คะแนน
2. ข้อสอบในแบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ซึ่งมีคำตอบให้เลือก 4 ตัวเลือก คือ ก. ข. ค. และ ง. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แนบมากับแบบทดสอบ
3. กรุณาอย่าทำเครื่องหมาย สัญลักษณ์ หรือขีดเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบทดสอบ
4. โปรดส่งแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกจากห้องสอบ
5. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 50 นาที

.....

ขอให้นักเรียนที่ตั้งใจเรียนทุกคนโชคดีในการสอบ

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

1. เอนไซม์ที่ตัดลำดับเบสจำเพาะบนสายดีเอ็นเอ และเอนไซม์ที่เชื่อมต่อสายดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดเข้าด้วยกันในกระบวนการสร้างรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอ (recombinant DNA) คือข้อใดตามลำดับ

ก. reverse transcriptase, restriction enzyme

ข. restriction enzyme, reverse transcriptase

ค. restriction enzyme, ligase

ง. ligase, restriction enzyme

2. ในกระบวนการสร้างดีเอ็นเอสายผสม เมื่อเอนไซม์ตัดจำเพาะตัดโมเลกุลของดีเอ็นเอแล้ว จะได้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่มีลักษณะปลายเป็นแบบสายเดี่ยว (single-stranded ends) ลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญอย่างไร

ก. ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนได้

ข. ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอได้

ค. ทำให้ชิ้นส่วนของดีเอ็นเอสามารถรวมตัวกับดีเอ็นเออีกสายหนึ่งได้ดี

ง. ทำให้เซลล์สร้างเอนไซม์ที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่จะถูกตัดได้ดี

3. ลำดับเบสจำเพาะบนสาย DNA ในข้อใดที่เหมาะสำหรับการทำรีคอมบิแนนท์ดีเอ็นเอมากที่สุด

ก. AAGG TTCC	ข. AGTC TCAG	ค. GGCC CCGG	ง. ACCA TGGT

4. หากเปรียบการสร้างดีเอ็นเอสายผสมกับการสร้างเก้าอี้ไม้แล้ว ดีเอ็นเอไลเกสและเอนไซม์ตัดจำเพาะจะเปรียบได้กับอะไรต่อไปนี้ ตามลำดับ

ก. ค้อน ตะปู

ข. กาว ค้อน

ค. ตะปู เลื่อย

ง. เลื่อย ชิ้นส่วนเก้าอี้

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

5. ข้อจำกัดของเทคนิคพีซีอาร์ที่ไม่สามารถทดแทนการโคลนยีนด้วยพลาสมิดของแบคทีเรียได้คือข้อใด

ก. ใช้เวลาในการเพิ่มจำนวนดีเอ็นเอนานมาก

ข. ต้องทำให้ชิ้นดีเอ็นเอบริสุทธิ์ก่อนเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเป้าหมาย

ค. เอนไซม์บางชนิดไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของดีเอ็นเอที่สร้างขึ้น

ง. ไม่สามารถเพิ่มจำนวนโมเลกุลของดีเอ็นเอที่ต้องการจากตัวอย่างปริมาณน้อยได้

6.

จากแผนภาพแสดงแผ่นอากาโรสเจล (agarose gel) ข้อความใดที่กล่าวถึงการวิเคราะห์ดีเอ็นเอด้วยวิธีเจลอิเล็กทรอโฟริซิสได้ถูกต้อง

ก. A มีประจุบวก

ข. B เคลื่อนที่เข้าหาประจุลบ

ค. A มีขนาดโมเลกุลของดีเอ็นเอใหญ่กว่า B

ง. โมเลกุลของดีเอ็นเอ A เคลื่อนที่ผ่านแผ่นวุ้นได้เร็วกว่า B

7. สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่แสดงถึงการดัดแปลงพันธุกรรม

ก. แตงโมที่ไม่เมล็ด

ข. เซลล์แบคทีเรียที่มียีนอินซูลินของคน

ค. กล้วยไม้ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ง. พุทธรักษาที่กลายพันธุ์จากการฉายรังสีแกมมา

8. การบริโภคอาหารที่ได้จากพืชดัดแปลงพันธุกรรมมีผลอย่างไรกับร่างกายมนุษย์

ก. ทำให้ยีนของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ข. ทำให้ยีนของมนุษย์เปลี่ยนไปเป็นยีนของพืช

ค. ทำให้ยีนเกิดการกลายพันธุ์

ง. ยังไม่พบรายงานว่ามีผลใด ๆ

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

9. ข้อใดไม่จัดเป็นมาตรการป้องกันความปลอดภัยที่อาจเกิดจากเทคโนโลยีชีวภาพ

ก. ส่งเสริมการปลูกพืช GMOs ในสิ่งแวดล้อม

ข. จัดให้มีการกลั่นกรองจากคณะกรรมการชีวจริยธรรม

ค. สร้างความรู้ความเข้าใจเรื่องเทคโนโลยีชีวภาพแก่สาธารณชน

ง. สร้างระบบการจัดการเก็บตัวอย่างและการนำพืช GMOs ไปใช้

10. การศึกษาค้นคว้าเพื่อหายีนและหน้าที่ของยีนควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต ต้องใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ในข้อใดมากที่สุด

ก. การชักนำให้เกิดมิวแทนท์

ข. การใช้ข้อมูลชีวสารสนเทศ

ค. การยับยั้งการทำงานของโปรตีน

ง. การปรับปรุงพันธุ์โดยอาศัยวิธีการโมเลกูลาร์ บรีดดิง

11. นักเรียนจะปฏิบัติตนเพื่ออยู่ร่วมกับเทคโนโลยีชีวภาพอย่างชาญฉลาดได้อย่างไร

ก. ต่อต้านการดัดแปลงพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

ข. ติดตามข่าวสารที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพอยู่เสมอ

ค. หลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ

ง. ยอมรับการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่ระบุบนฉลากว่าผลิตจากพืช GMOs

12. “ในหมู่เกาะที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายคลึงกัน แต่กลับมีสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างกันอาศัยอยู่ด้วย” จากข้อมูลเป็นการศึกษาวิวัฒนาการโดยอาศัยหลักฐานด้านใด

ก. หลักฐานทางชีวภูมิศาสตร์

ข. หลักฐานจากกายวิภาคเปรียบเทียบ

ค. หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

ง. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต

13. การศึกษาการเจริญเติบโตในระยะเอ็มบริโอของสัตว์กลุ่มใดที่พบว่าใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนการเกิดวิวัฒนาการได้

ก. จิ้งจก กบ มนุษย์

ข. ปลา นก กระต่าย

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

ค. แมลง จิ้งจก กระต่าย

ง. แมลง ค้างคาว มนุษย์

14. หลักฐานในข้อใดที่เหมาะสมที่สุดในการบ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดและเป็นข้อมูลสนับสนุนหลักฐานอื่น ๆ ในการศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการ

ก. หลักฐานจากซากดึกดำบรรพ์ของสิ่งมีชีวิต

ข. หลักฐานจากคัพพะวิทยาเปรียบเทียบ

ค. หลักฐานจากกายวิภาคเปรียบเทียบ

ง. หลักฐานด้านชีววิทยาระดับโมเลกุล

15. โครงสร้างของสัตว์คู่ใดจัดเป็น analogous structure

ก. ปีกแมลง - ปีกนก

ข. ปีกนก - ปีกค้างคาว

ค. แขนมนุษย์ - รยางค์คู่หน้าของวาฬ

ง. ช่องเหงือกปลา - หางซาลามานเดอร์

16. สาเหตุในข้อใดที่สามารถทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้

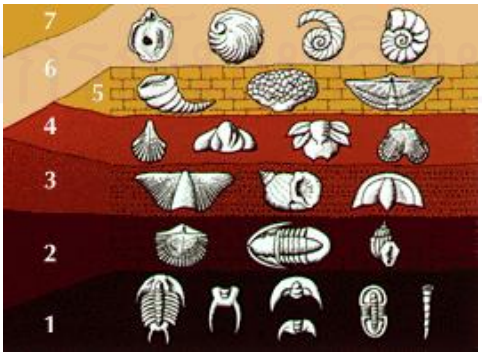
ก. พันธุวิศวกรรมและมิวเทชัน

ข. การโคลนและพันธุวิศวกรรม

ค. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและมิวเทชัน

ง. พันธุวิศวกรรมและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

17. จงพิจารณาภาพต่อไปนี้



© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

ถ้าซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหินหมายเลข 2 3 4 และ 5 หายไป นักเรียนจะสรุปว่าอย่างไร

ก. หอยฝาเดียวมีวิวัฒนาการมายาวนาน

ข. หอยฝาเดียววิวัฒนาการมาจากไทรโลไบท์

ค. หอยฝาเดียววิวัฒนาการมาพร้อมกับไทรโลไบท์

ง. หอบฝาเดียววิวัฒนาการจากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีลักษณะคล้ายกัน

18. "นักชีววิทยาได้ทำการทดลองตัดหางหนูแล้วปล่อยให้หนูที่ถูกตัดหางมีการผสมพันธุ์กัน จากนั้นวัดความยาวของหางหนูรุ่นลูกที่เกิดขึ้น และทดลองเช่นนี้ต่อไปหลาย ๆ รุ่น" จากการทดลองดังกล่าว ผลที่เกิดขึ้นทำให้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในข้อใดไม่สามารถพิสูจน์ได้

ก. law of use and disuse

ข. the principle of geology

ค. theory of natural selection

ง. law of inheritance of acquired characteristic

19. แนวคิดใดที่ ชาร์ลส์ ดาร์วิน ได้จากการศึกษาหนังสือ "The Principle of Geology" ของชาร์ลส์ ไลเอลล์

ก. โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป

ข. โลกเกิดมานานแล้วและมีอายุหลายพันล้านปี

ค. สิ่งมีชีวิตน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้เช่นเดียวกับโลก

ง. สิ่งมีชีวิตบนโลกมีหลายชนิด และมีความแตกต่างกัน

20. แนวคิดในข้อใดของลามาร์กและชาร์ลส์ ดาร์วินที่อธิบายเกี่ยวกับวิวัฒนาการของยีราฟได้สอดคล้องกัน

ก. ในอดีตมีทั้งยีราฟที่คอสั้นและคอยาว

ข. ยีราฟต้องแข่งขันกันหาอาหารในที่สูง

ค. ยีราฟต้องยืดคอยาวเพื่อกินใบไม้จากต้นไม้สูง ๆ

ง. ยีราฟคอยาวสามารถสืบทอดลักษณะไปยังรุ่นลูกได้

© 2007 by Mr. Chainarong Kaewsook. All right reserved.

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.40	0.24
2	0.66	0.20
3	0.44	0.24
4	0.58	0.20
5	0.66	0.28
6	0.50	0.20
7	0.24	0.24
8	0.62	0.52
9	0.36	0.24
10	0.42	0.20
11	0.32	0.32
12	0.58	0.28
13	0.66	0.28
14	0.74	0.28
15	0.30	0.20
16	0.64	0.48
17	0.44	0.48
18	0.70	0.36
19	0.62	0.52
20	0.52	0.32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.53	0.54	21	0.60	0.66
2	0.67	0.75	22	0.37	0.51
3	0.47	0.45	23	0.60	0.84
4	0.43	0.51	24	0.53	0.61
5	0.70	0.63	25	0.27	0.67
6	0.33	0.55	26	0.63	0.48
7	0.60	0.57	27	0.33	0.55
8	0.73	0.59	28	0.50	0.50
9	0.60	0.38	29	0.70	0.63
10	0.50	0.62	30	0.43	0.51
11	0.67	0.78	31	0.47	0.45
12	0.53	0.44	32	0.37	0.59
13	0.40	0.66	33	0.53	0.44
14	0.50	0.62	34	0.47	0.20
15	0.50	0.77	35	0.63	0.82
16	0.43	0.51	36	0.53	0.61
17	0.67	0.49	37	0.60	0.25
18	0.37	0.63	38	0.37	0.51
19	0.63	0.21	39	0.53	0.47
20	0.50	0.77	40	0.60	0.43

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชัยณรงค์ แก้วสุก เกิดเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2527 ที่จังหวัดแพร่ สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา-วิทยาศาสตร์ วิชาเอกชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา ในปีการศึกษา 2549 ระหว่างศึกษาได้รับทุนผู้ช่วยสอนประจำปีการศึกษา 2549 จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย