ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวปิยะณัฐ นันทการณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF LEARNING BY DESIGN ON BIOLOGY CONCEPTS AND ABILITY IN MAKING MODELS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mrs. Piyanat Nantakarn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of 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 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นางสาวปิยะณัฐ นันทการณ์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยะณัฐ นันทการณ์ : ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF LEARNING BY DESIGN ON BIOLOGY CONCEPTS AND ABILITY IN MAKING MODELS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 152 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ 2) ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยกำหนดให้เป็นกลุ่มทดลองจำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่เป็นปรนัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82 และส่วนที่เป็นอัตนัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 2) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง และ 3) แบบประเมินแบบจำลอง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละ 70.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 3.57 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก

3. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองเท่ากับ 2.59 จัดอยู่ในความสามารถในการสร้างแบบจำลองระดับดีมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต ปิยะณัฐ นันทการณ์
สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ปีการศึกษา 2551

4983720827 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEY WORDS : LEARNING BY DESIGN / BIOLOGY CONCEPTS / ABILITY IN MAKING MODELS

PIYANAT NANTAKARN : EFFECTS OF LEARNING BY DESIGN ON BIOLOGY CONCEPTS AND ABILITY IN MAKING MODELS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.PIMPAN DACHAKUPT, Ph.D., 152 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this research were to 1) study biology concepts of students learning through learning by design, 2) study ability in making models of students learning through learning by design. The sample was one classroom of tenth grade level of Bunyawat Witthayalai School in first semester of academic year 2008; the experimental group with 36 students. The research instruments were 1) biology concepts test had 2 sections; objective test section had reliability was 0.82 and subjective test section had reliability was 0.75 2) process of making models evaluation form, and 3) models evaluation form. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean of percentage, and standard deviation.

The research finding were summarized as follows:

1. The student learned through learning by design had mean of percentage score of biology concepts was 70.62 that higher than 70 percent which was the criterion score of this research.

2. The student learned through learning by design had mean score of process of making models was 3.57 which was rated ability in making models as excellence.

3. The student learned through learning by design had mean score of models was 2.59 which was rated ability in making models as excellence.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Curriculum, Instruction, and Education Technology Student's Signature Piyanat Nantakarn

Field of Study Science Education Thesis Advisor's Signature

Academic Year 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษา อบรมสั่งสอน ตลอดจนคำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการวิจัย และการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะคีรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัยตลอดจนคณาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาช่วยเหลือ และให้โอกาสในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วง และขอบใจนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจในการประกอบวิชาชีพต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ชาย และน้องสาวที่ให้ความรัก ความห่วงใยและเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านสำหรับการวิจัยในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ และขอขอบคุณบุคคลอันเป็นที่รัก พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีให้กันเสมอมา

ปิยะณัฐ นันทการณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 7

สมมติฐานการวิจัย..... 7

ขอบเขตการวิจัย..... 8

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 9

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 12

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 73

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 93

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 97

สรุปผลการวิจัย..... 97

อภิปรายผล..... 98

ข้อเสนอแนะ..... 101

รายการอ้างอิง..... 102

ภาคผนวก..... 111

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 112

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 115

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 129

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 140

ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ..... 145

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 152

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตารางวิเคราะห์เนื้อหาของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำแนกตามลักษณะของมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	76
2	รายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง.....	79
3	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 4 ระดับ ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง.....	80
4	สัดส่วนความสำคัญที่คิดเป็นน้ำหนักร้อยละของรายการประเมินแบบจำลอง	82
5	เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 3 ระดับ ในการประเมินแบบจำลอง.....	83
6	เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	85
7	ผลงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติ และแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง.....	89
8	เกณฑ์การประเมินผลมโนทัศน์ทางชีววิทยา.....	92
9	เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง.....	92
10	เกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในการประเมินแบบจำลอง.....	92
11	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ.....	93
12	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง และระดับความสามารถของนักเรียนระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ.....	94
13	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของคะแนนแบบจำลอง คะแนนของแบบจำลองคิดตามสัดส่วนน้ำหนักในแต่ละรายการประเมิน และระดับความสามารถของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	95
14	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา.....	141

ตารางที่ **หน้า**

15 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา..... 142

16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง..... 146

17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบประเมินแบบจำลอง..... 147

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แบบจำลองทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด.....	44
2	แบบจำลอง DNA.....	44
3	การถ่ายทอดอิเล็คตรอนของ light-harvesting pigment-protein complexes.	45
4	กลไกการทำงานของ glucocorticoid receptor.....	45
5	แบบจำลอง weather distribution ของ Norwegian cyclone.....	45
6	แบบจำลองรถทำจากไม้ และแบบจำลองสะพาน.....	48
7	แบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเคลื่อนที่ลง (frictionless plane)	49
8	แบบจำลองระบบโดดเดี่ยว (isolate system)	49
9	แบบจำลองอะตอมของแก๊สแบบลูกบิลเลียต ของ John Dalton.....	50
10	แบบจำลอง liquid drop ของนิวเคลียส.....	50
11	แบบจำลอง liquid drop ของนิวเคลียสในอะตอมของ uranium-235.....	50
12	แบบจำลองอะตอมของ Bohr.....	52
13	การกระจายตัวของ Mediterranean Gecko.....	52
14	แบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภค (Model of consumer behavior)	52
15	แบบจำลองระบบสุริยะ.....	53
16	สมการ The Black-Scholes ของ stock market.....	53
17	หุ่นจำลองแบบทรงภายนอกของผีเสื้อ.....	54
18	หุ่นจำลองบ้านเรือน.....	55
19	หุ่นจำลองแบบผ่าซีกเพื่อแสดงลักษณะภายในของไต.....	55
20	หุ่นจำลองของสมอง.....	55
21	หุ่นจำลองสาธิตการลากรถโดยใช้พื้นเอียง (inclined plane)	56
22	หุ่นจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ.....	57
23	หุ่นจำลองสำหรับทดสอบรูปร่างภายนอกของอาคาร.....	57
24	หุ่นจำลองกล่องถ่ายรูปขนาดเท่าของจริง.....	58
25	หุ่นจำลองสำหรับการทดสอบแรงชนกระแทกของรถยนต์.....	58
26	หุ่นจำลองแสดงรูปทรงภายนอกของแมลงปอ.....	58
27	หุ่นจำลองมนุษย์เท่าของจริงใช้ศึกษาส่วนประกอบอวัยวะภายใน.....	59
28	หุ่นจำลองแบบขยายสัดส่วนของหัวใจ.....	59

ภาพที่ **หน้า**

29 หุ่นจำลองแบบผ่าซีกของหัวใจแสดงให้เห็นโครงสร้างภายใน..... 60

30 หุ่นจำลองแบบแยกส่วนประกอบของหัวใจ..... 60

31 หุ่นจำลองของกลไกที่เคลื่อนไหวทำงานได้..... 60

32 หุ่นจำลองเลียนแบบของจริงของเรือ Enterprise..... 61

33 ชุดฝึกหัดขับรถยนต์เสมือน (Drive Stimulator) 61

34 รูปแบบการวิจัยแบบ One group posttest only design 73

35 โครงสร้างของหัวใจ..... 135

36 วงจรไหลเวียนเลือด..... 138

37 เส้นเลือดชนิดต่าง ๆ..... 139

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนผัง

แผนผัง		หน้า
1	กระบวนการพัฒนาของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ.....	14
2	วัฏจักรการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (The Learning By Design Cycle).....	22
3	ผังแนวคิดรูปตัววีการทดลองของ Von Helmont's.....	39
4	แบบทดสอบรูปภาพ (An image-based test item)……..	40
5	20 คำถามของ Wandersee (Twenty Question (20-Q) Model).....	40
6	แบบจำลองผลกระทบของโรงงานสกัดทองคำต่อสิ่งแวดล้อม.....	46
7	ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ของอวัยวะภาพใน (visceral sensitivity)……..	46
8	ความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผลระหว่างสติปัญญาของเด็ก สถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมของพ่อแม่ และสภาพแวดล้อมทางการศึกษาในครอบครัว……..	46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญกราฟ

กราฟ		หน้า
1	แสดงสมดุลทางการตลาด (Market Equilibrium).....	49

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสังคมแห่งความรู้ (knowledge-based society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดี และช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา พัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 2) ดังนั้น การศึกษาวิทยาศาสตร์จึงเป็นกลไกสำคัญที่ส่งเสริมให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติรอบตัวอย่างมีเหตุผล ทั้งยังก่อให้เกิดการคิดค้นนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตประจำวันและการพัฒนาประเทศ

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสภาพปัญหาการศึกษาวิทยาศาสตร์จากผลประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (academic achievement) ได้แก่ การประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) พบว่าตั้งแต่ PISA 2000, 2003 และ 2006 นักเรียนไทยส่วนใหญ่ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 500 คะแนนซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD โดยได้ 421 432 และ 429 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งจัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549: 61-79) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบคะแนนทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (O-Net) วิชาวิทยาศาสตร์ ระหว่างปีการศึกษา 2548-2549 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่าได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 34.01 และ 34.88 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวแม้จะสูงขึ้น แต่ยังต่ำกว่าร้อยละ 50 และถือว่าจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2551: online) เช่นเดียวกับผลการสอบวัดคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (National Test) ในด้านการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป (General Achievement Test: GAT) วิชาชีววิทยาระหว่างปีการศึกษา 2546 – 2547 ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยเพียงร้อยละ 36.38 และ 41.86 ตามลำดับ ซึ่งยังต่ำกว่า

ร้อยละ 50 และถือว่าจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำเช่นกัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551: online) นอกจากนี้ จากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548: 2) พบว่านักเรียนยังขาดกระบวนการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถพัฒนาวิธีคิดและวิเคราะห์แบบมีเหตุผล

จากสภาพปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการศึกษายังไม่มีการเตรียมพร้อมอย่างเพียงพอสำหรับเด็กไทยในอนาคต ในอันที่จะใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อชีวิตการทำงานและการศึกษาต่อในระดับสูง และยังบ่งชี้เป็นนัยไปถึงความสามารถในการแข่งขันของชาติในอนาคตอีกด้วย เพราะคุณภาพของการศึกษาเป็นตัวชี้วัดศักยภาพของการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ระบบการศึกษาจึงจำเป็นต้องได้รับการดูแลจากทุกฝ่ายเพื่อยกระดับอย่างเร่งด่วน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) ซึ่งวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิดของนักเรียน การเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมหรือจัดประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ดีให้กับนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเองหรือให้นักเรียนได้เสาะแสวงหา ค้นคว้าและสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเองจะสามารถพัฒนาสติปัญญาและความคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) ที่นักเรียนต้องสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นจะเก็บเป็นข้อมูลในสมองได้อย่างยาวนาน (กรมวิชาการ, 2546: 215, 218)

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาประการหนึ่งได้กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 3) เป้าหมายดังกล่าวแสดงจุดมุ่งหมายที่ต้องการสอนให้ผู้เรียนเกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (scientific knowledge) ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ กฎ หลักการ และทฤษฎี โดยในส่วนของมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดซึ่งเป็นประเภทหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2537:40-41) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จึงหมายถึง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทาง

ธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายสถานการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นความคิดสำคัญของวิทยาศาสตร์ และถือว่าเป็นส่วนประกอบของสติปัญญาจากประสบการณ์หนึ่ง ไปยังอีกประสบการณ์หนึ่ง (Jacobson และ Bergman, 1991: 120-130) โดยในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ก่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นต้องจัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (process of science) รวมทั้งให้เกิดทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นไปใช้สร้างประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 3)

เมื่อพิจารณาปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาชีววิทยาของประเทศข้างต้น พบว่าปัญหายังจำเป็นที่ต้องได้รับการแก้ไข ดังจะเห็นว่ามีการศึกษาวิจัยที่นำรูปแบบ วิธีสอนและเทคนิคการสอนต่างๆ มาพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางชีววิทยาของผู้เรียนอย่างหลากหลาย ซึ่งรูปแบบ วิธีสอนและเทคนิคการสอนที่พบ ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีสรรคนิยม (Calik, 2006; ชุติมา รอดสุด, 2550) การสอนโดยใช้วิธีสืบสอบ (Thompson, 2007) การใช้วงจรการเรียนรู้แบบ 5Es (MacKenzie, 2007; Ray, 2008) การสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ (Lawson, 2001) การสอนโดยใช้วิธีอุปมาอุปมัย (analogy) (Hutchison และ Padgett, 2007) เทคนิคการใช้ mind mapping (Mona, 2007) การสร้างผังมโนทัศน์ผสมผสานกับวงจรการเรียนรู้ (Odum และ Kelly, 2001) การสร้างแบบจำลอง (Ross et al., 2006) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีการนำรูปแบบ วิธีสอนและเทคนิคการสอนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางชีววิทยาเป็นจำนวนมาก แต่พบว่ารูปแบบ วิธีสอนและเทคนิคการสอนดังกล่าวไม่ได้เน้นความสำคัญของการพัฒนามโนทัศน์ควบคู่ไปกับการแก้ปัญหา การทำโครงงานหรือสร้างผลงาน รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน ซึ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสนใจนำการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยา เนื่องจากเห็นความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการออกแบบที่หลากหลาย

การสร้างหรือประดิษฐ์ เป็นภาระงานที่ได้จากการออกแบบและสร้างชิ้นงานในรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งการสร้างแบบจำลองนั้นเป็นภาระงานหนึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 102-105) การให้ความสำคัญกับแบบจำลอง

และการสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเหล่านั้น รวมทั้งส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การเรียนรู้แบบรวมพลังส่งเสริมความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ก่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Leager, 2007:50-52) แบบจำลองมีความสำคัญและมีส่วนช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ให้เกิดความสะดวกยิ่งขึ้น ดังจะเห็นว่าแบบจำลองเป็นหัวใจสำคัญต่อการเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหลาย ๆ เรื่อง โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าหาความรู้ในการเรียนรู้แบบสืบสอบ แบบจำลองสำคัญที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบจำลองแบบลูกบิลเลียต ซึ่งเป็นการจำลองอะตอมของ Bohr แบบจำลอง double helix ของ DNA ในวิชาชีววิทยา ซึ่งแบบจำลองที่นำมาศึกษาเหล่านี้นักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยเวลาในการสร้าง ทดสอบ เปรียบเทียบและแก้ไขแบบจำลองเหล่านี้จนกลายเป็นเครื่องมือต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อมา (Frigg และ Hartmann, 2006: online) ดังนั้นการนำแบบจำลองเข้าสู่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์และความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ไปสู่การสร้างแบบจำลองในรูปแบบที่หลากหลาย เป็นการเรียนรู้โดยไตร่ตรองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างใกล้ชิด ร่วมกับการมีโอกาสได้อภิปราย การไตร่ตรองและบันทึกข้อสังเกตจากเพื่อน เพื่อให้ได้รับความรู้ความเข้าใจใหม่ ๆ เพื่อวางแผนการสร้างแบบจำลอง (Leager, 2007; Llewellyn, 2002: 51)

การสร้างแบบจำลอง หรือโมเดล (Making Models) เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประเภทผสมผสาน (integrated skills) เป็นการนำเสนอแนวคิดทางกายภาพ วัตถุ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ให้มองเห็นเป็นรูปธรรม สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และแสดงความสัมพันธ์ได้ชัดเจน (Seton Hall University, 2551: online) เช่น การสร้างบ้านพักอาศัยนักออกแบบและวิศวกรจะต้องสร้างแบบจำลอง เพื่อใช้ศึกษาและทดสอบก่อนจะมีการสร้างจริง โดยแบบจำลองมีหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองเชิงรูปธรรม เช่น แบบจำลองสามมิติ ได้แก่ บ้านจำลอง รถจำลอง แบบจำลองเชิงนามธรรม เชิงแนวคิด ได้แก่ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น สมการ แผนภาพเซตของตัวแปร เซตของความสัมพันธ์ ตัวแบบต่าง ๆ แบบจำลองความคิดเชิงทฤษฎีแสดงกระบวนการเชิงสังคม เชิงชีววิทยาหรือเชิงฟิสิกส์ แบบจำลองกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในบริบทที่หลากหลาย โดยทางการศึกษานิยมใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นสิ่งที่ช่วยแสดงสาธิตการสอนสิ่งใหม่ ๆ ให้กับนักเรียนได้ทางหนึ่ง การค้นหาและการสังเกตแบบจำลอง เป็นวิธีการเริ่มต้นที่ดีที่นำไปสู่การเรียนด้วยวิธีสืบสอบ แบบจำลองจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้ (Llewellyn, 2002: 108) และกระบวนการออกแบบเป็นการนำความรู้ไปใช้เพื่อวางแผนการสร้างแบบจำลอง

หากแบบจำลองที่สร้างไม่บรรลุวัตถุประสงค์ ก็จะต้องกลับไปศึกษาเพิ่มเติม แก้ไขปรับปรุงงานเพื่อทำให้แบบจำลองที่สร้างนั้นมีคุณภาพ จึงอาจกล่าวได้ว่าการออกแบบและสร้างแบบจำลองนั้นมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนและการเรียนรู้ที่เกิดจากความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษา และการปฏิรูปการศึกษาของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ดังที่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (The National Research Council) และสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science, AAAs) ได้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวกับการมีปฏิสัมพันธ์กันในโลกธรรมชาติ รวมไปถึงมโนทัศน์ ทฤษฎี และแบบจำลอง โดยการใช้กระบวนการสืบสอบเพื่อไปสู่ความเข้าใจ (Stewart, 2005)

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (Learning By Design, LBD) เป็นแนวการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความสนใจ และเริ่มมีการนำมาใช้ในต่างประเทศ โดยมหาวิทยาลัยในต่างประเทศบางแห่ง เช่น University of Missouri ซึ่งเน้นการออกแบบในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ และ RMIT University ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่เป็นต้นแบบและผู้นำทางการศึกษาแห่งหนึ่งในประเทศออสเตรเลีย ได้ให้ความสนใจตั้งเป็นโครงการศึกษา เนื่องจากเห็นประโยชน์ที่จะสามารถนำไปใช้กับสถานศึกษา ครู นักเรียน รวมทั้งนโยบายการสร้างหลักสูตรซึ่งเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบว่าเป็นการปฏิวัติการเรียนภายใต้ความสัมพันธ์ของมนุษย์ต่อการเรียนรู้ (RMIT University, 2550: online) โดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นการสอนวิทยาศาสตร์แบบทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ (Project–Based Inquiry) พัฒนาขึ้นโดย Janet Kolodner ในปี ค.ศ. 1997 ซึ่งเน้นคุณค่าของการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน การออกแบบที่มีความหลากหลายและการมีส่วนร่วมของเพื่อนนักเรียนด้วยกัน โดยเกิดจากการผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล (case-based reasoning) ซึ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และออกแบบผลงาน กับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (problem-based learning) ซึ่งการเรียนรู้โดยผ่านการแก้ปัญหา

หลักการดำเนินการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ คือ การให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ผ่านการออกแบบผลงาน ซึ่งลำดับขั้นของกิจกรรมการเรียนการสอนของการออกแบบ (design) หรือออกแบบใหม่ (redesign) จะสัมพันธ์กับขั้นตอนของการสำรวจค้นหา เมื่อนักเรียนได้ทำการออกแบบการสำรวจค้นข้อมูลและปฏิบัติการค้นหาแล้ว ก็จะนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ และต่อมาเมื่อค้นพบว่าการวางแผนการออกแบบและสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างยังมีข้อบกพร่องอยู่ ก็จะตระหนักได้ว่าอะไรจำเป็นจะต้องศึกษาเรียนรู้เพิ่มเติมและกลับไปสำรวจค้นหาอีกครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้กลับมาสู่กระบวนการออกแบบและสร้างใหม่อีกครั้งจน

ประสบความสำเร็จ โดยในแต่ละกิจกรรมผู้เรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์จากการออกแบบที่ท้าทาย การเรียนรู้แบบรวมพลัง มีการสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจในงานของตน รวมทั้งการได้รับผลสะท้อนกลับจากเพื่อนและครูในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผลงานออกมามีคุณภาพอีกด้วย ดังที่ Roth et al. (2001 cited in Haury, 2002) กล่าวถึงการเรียนรู้ด้วยการออกแบบว่า เป็นการให้นักเรียนออกแบบบางสิ่งเพื่อการรู้บางสิ่ง หรือสิ่งที่จำเป็นต้องรู้ (need-to-know) โดยกระบวนการออกแบบจะนำไปสู่เป้าหมายนั้น เป็นการเปลี่ยนบริบทของการเรียนรู้ในโรงเรียนแบบปกติ โดยนักเรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นธรรมชาติเหมือนกับการเรียนรู้นอกห้องเรียน

เป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ คือ ให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง พัฒนาทักษะและความเข้าใจที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนโดยใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เน้นส่งเสริมการเรียนรู้แบบรวมพลัง (collaborative learning) และการสื่อสาร รวมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้ในปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยเป้าหมายดังกล่าวเกิดขึ้นจากกระบวนการออกแบบที่ท้าทาย การดำเนินการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล ทำการสรุปและการตัดสินใจจากหลักฐาน รวมทั้งมีโอกาสในการตรวจสอบมโนทัศน์ ค้นพบช่องว่างของความรู้และความสามารถ รู้ว่าจะสามารถนำความรู้และทักษะมาช่วยในการเรียนรู้ได้อย่างไร (Kolodner, 2006) โดยขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจประเด็นปัญหา (understanding) ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล (investigation) ขั้นออกแบบหรือออกแบบใหม่ (design/redesign) และขั้นจัดแสดงผลงานหรือนำเสนอผลงาน (gallery walk/presentation) โดยในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ จัดการห้องเรียนให้เป็นชุมชนนักออกแบบที่นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน กระตุ้นการถามคำถามและเป็นที่ปรึกษา (Kolodner, 2006; Seungyeon, 2007: online) ส่วนนักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ให้คำแนะนำกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ รู้จักทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีความรับผิดชอบในการทำงาน ใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน รู้จักสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ จึงเป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยปฏิบัติภายใต้บริบทของออกแบบและการเรียนรู้แบบรวมพลัง ในการออกแบบจะให้นักเรียนทำซ้ำเพื่อความเข้าใจ โดยผ่านการไตร่ตรอง สะท้อนความคิด และการดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ ได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งนอกจากนักเรียนจะได้รับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แล้ว การเรียนรู้ด้วยการออกแบบยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะการสื่อสารเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในงานของตนเองอีกด้วย (Kolodner, 2002; 2006: 225-231) และการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการสร้างผลงาน หรือแบบจำลองผ่านกระบวนการสืบสอบโดยกระบวนการสำรวจ ค้นหาคำตอบจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

จากสภาพปัญหาการศึกษาวิทยาศาสตร์ แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย และประโยชน์ของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในการสอนวิทยาศาสตร์ในด้านการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งยังสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่อาศัยหลักการทฤษฎี เนื้อหาทางชีววิทยามาประยุกต์ใช้ ผู้จัยจึงมีความน่าสนใจที่จะนำการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

สมมติฐานการวิจัย

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เป็นการสอนวิทยาศาสตร์ที่การเรียนรู้เกิดขึ้นจากการทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ โดยผู้เรียนจะสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการออกแบบผลงาน การเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (constructivism) ของฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) ทฤษฎี social constructivism ของไวก็อทสกี้ (Vygotsky) และทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม (constructionism) (Seungyeon, 2007: online) โดย Kolodner (2002) ได้กล่าวถึงลักษณะที่สำคัญของกระบวนการออกแบบ คือ มีการออกแบบใหม่หรือออกแบบซ้ำ ๆ จนกว่างานจะประสบความสำเร็จ ซึ่งผู้เรียนจะได้กลับไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในประเด็นที่ยังไม่กระจ่างชัดและทำให้ผลงานไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ เป็นการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน รวมทั้งเพื่อให้ทราบมโนทัศน์ที่ยังไม่ได้ศึกษาหรือจำเป็นต้องเรียนรู้และมีโอกาสได้แก้ไขจุดบกพร่อง โดยการกระทำซ้ำดังกล่าวจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะได้ละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้

การสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นจะเกิดขึ้นฝึกทักษะการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลโดยใช้หลักฐานและอธิบายข้อค้นพบอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ มีการเรียนรู้แบบรวมพลัง นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Han และ Bhattacharya (2006) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้ด้วยการออกแบบนั้นเน้นคุณค่าของกระบวนการเรียนรู้และผลงาน ผู้เรียนเรียนรู้ที่จะสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำเสนอผลการเรียนรู้อย่างมีความหมาย โดยเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ คือ การสกัดมโนทัศน์ ทักษะต่าง ๆ จากประสบการณ์ เผชิญหน้ากับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน และความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจะสามารถเชื่อมโยงนำไปสู่การสร้างแบบจำลองได้ ดังเช่นในงานวิจัยของ Hmelo et al. (1997) ที่นำการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจเรื่อง ระบบหายใจของมนุษย์โดยการสร้างแบบจำลองปอด ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ในแนวคิดและระบบที่ซับซ้อนได้ จากเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการกำหนดไว้ว่า ช่วงคะแนนที่แสดงความสามารถระดับดีถึงดีมาก คือร้อยละ 70 ขึ้นไป (กรมวิชาการ, 2535: 24) และเกณฑ์จัดระดับคุณภาพมาตรฐานการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (กรมวิชาการ, 2545)

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. หลังนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการออกแบบ จะมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ทางชีววิทยาสูงกว่าร้อยละ 70

2. หลังนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการออกแบบ จะมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดี

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลำปาง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

2.2 ตัวแปรตาม คือ 1) มโนทัศน์ทางชีววิทยา

2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ เนื้อหาสาระเพิ่มเติมที่สร้างขึ้นในรายวิชาเลือกเสรีชีววิทยาระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ มีเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการทำงาน

ของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ โดยอิงเนื้อหาในแบบเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง ระบบหายใจและระบบหมุนเวียนเลือด เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาแบบทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) **ขั้นทำความเข้าใจประเด็นปัญหา** (understanding) ขั้นกระตุ้นให้เกิดปัญหาหรือข้อสงสัยจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน และเกิดความท้าทายในการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งระบุประเด็นที่ต้องไปศึกษา

2) **ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล** (investigation) ขั้นออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลและสรุปผลโดยใช้โปสเตอร์

3) **ขั้นออกแบบหรือออกแบบใหม่** (design/redesign) ขั้นดำเนินการออกแบบสรุปแนวทางการออกแบบ เพื่อสร้างแบบจำลอง รวมทั้งการปรับปรุงแก้ไขงานโดยการออกแบบและสร้างใหม่ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ จากนั้นทำการวิเคราะห์แบบจำลองที่สร้าง

4) **ขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน** (gallery walk/presentation) ขั้นนำเสนอแบบจำลองที่สร้าง โดยนำเสนอในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ การทำงาน ลักษณะของแบบจำลอง รวมทั้งหลักการสร้าง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

2. **มโนทัศน์ทางชีววิทยา** หมายถึง การมีความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยาเรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ประเมินโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

1) แบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบข้อคำถามส่วนที่ 1

2) แบบอัตนัย โดยให้อธิบายและวาดภาพประกอบ

3. **ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง** หมายถึง การใช้ความรู้หรือการประยุกต์ใช้

ความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยดำเนินตามขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ประเมินโดยใช้เครื่องมือ 2 ประเภท ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และเป็นแบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) ได้แก่

1) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

2) แบบประเมินแบบจำลอง

4. **นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาลำปาง สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นฉบับไม่มีหน้านี้
NO THIS PAGE IN ORIGINAL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

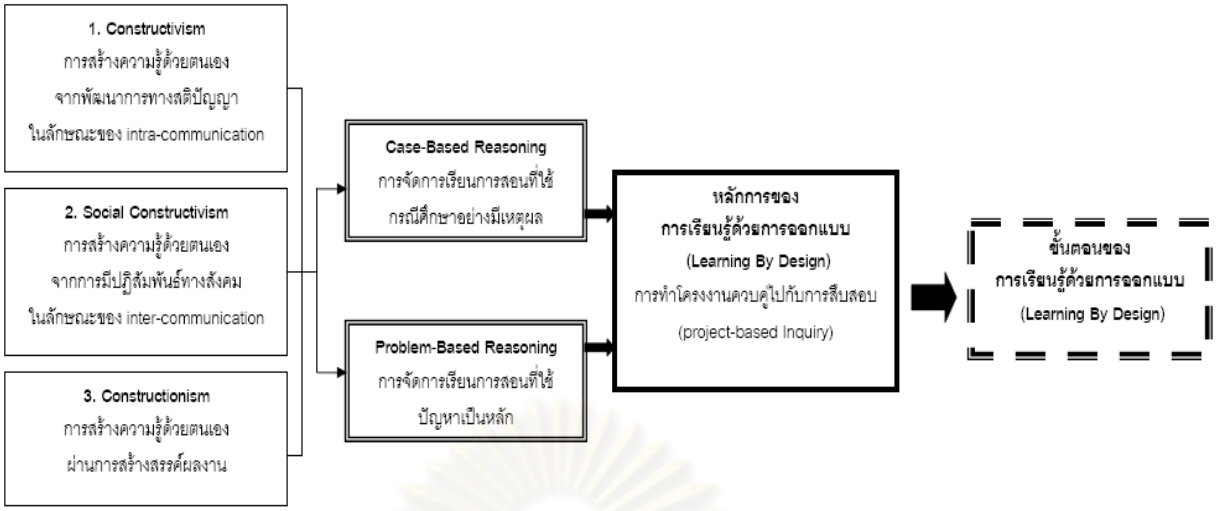
1. การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
    - 1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
    - 1.2 ความหมาย และเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
    - 1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
    - 1.4 บทบาทของครูและนักเรียน
    - 1.5 ข้อดีและข้อจำกัด
2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา
    - 2.1 ความหมายของมโนทัศน์
    - 2.2 ประเภทของมโนทัศน์
    - 2.3 กระบวนการสร้างมโนทัศน์
    - 2.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
    - 3.1 ความหมายของแบบจำลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    - 3.2 ประเภทของแบบจำลอง
    - 3.3 ประเภทของหุ่นจำลอง และการใช้แบบจำลองแบบหุ่นจำลองในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
    - 3.4 การสร้างแบบจำลอง การสร้างหุ่นจำลอง และลักษณะที่ดีของหุ่นจำลอง
    - 3.5 แนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เกิดขึ้นจากการความต้องการของนักการศึกษาในประเทศอเมริกาที่ต้องการปรับปรุงการเรียนรู้ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับหลักการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยนำตัวอย่างของการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design based) ของประเทศอังกฤษคือหลักสูตรการออกแบบและเทคโนโลยี (Design and Technology) มาเป็นตัวอย่างในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ทันกับโลกปัจจุบันที่ก้าวเข้าสู่ประเทศอุตสาหกรรม จึงได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning: DBL) มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยกระบวนการออกแบบจะเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างผลผลิตจากความรู้ใหม่โดยใช้กระบวนการทางสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ (Doppelt et al, 2008: 22) กิจกรรมการออกแบบมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบการแก้ปัญหาจึงขึ้นอยู่กับความเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ และเป็นสิ่งท้าทายที่ทำให้ครูและนักเรียนเกิดการเรียนรู้วัฒนธรรมใหม่ในชั้นเรียนในชั้นเรียน (Kolodner, 2003: 510-511) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน โดยปรับให้สามารถนำไปปฏิบัติในชั้นเรียนได้ชัดเจนขึ้น จึงเกิดเป็นแนวการสอนวิทยาศาสตร์ใหม่ คือ การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (Learning By Design) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ พัฒนาขึ้นโดย Janet Kolodner ในปี ค.ศ. 1996 เป็นแนวการสอนวิทยาศาสตร์แบบทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ (Project-based inquiry approach) โดยมีรากฐานมาจากการการผสมผสานระหว่าง 2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ คือ รูปแบบจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-Based Learning, PBL) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล (Case-Based Reasoning, CBR) ซึ่งทั้งสองรูปแบบนี้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ทฤษฎี Social Constructivism และทฤษฎีคอนสตรักชั่นนิซึม (Constructionism) โดยแสดงกระบวนการพัฒนาของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในแผนผังที่ 1 ดังนี้



แผนผังที่ 1 แสดงกระบวนการพัฒนาของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

โดยรายละเอียดของทฤษฎีสรรคนิยม ทฤษฎี Social Constructivism และทฤษฎีคอนสตรักชั่นนิซึม ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีดังนี้

1) **ทฤษฎีสรรคนิยม** (Constructivism)

ทฤษฎีสรรคนิยม เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนจากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติ โดยพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของนักเรียนจะเกิดขึ้นเมื่อนักเรียนเกิดกระบวนการดูดซึม (assimilation) ประสบการณ์ใหม่ซึ่งเกิดจากการกระตุ้น การสร้างความสนใจหรือจากปัญหาต่างๆ ที่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ จนเกิดเป็นภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) หรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ซึ่งนักเรียนจะพยายามหาค้นหาคำตอบโดยนำแนวคิด ทฤษฎี จากประสบการณ์เดิมของตนมาสร้างคำทำนายหรือตั้งสมมติฐานเพื่อหาทดลองหรือหาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งเมื่อค้นพบคำตอบแล้วประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ จะทำให้นักเรียนจะเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ให้กลับสู่ภาวะสมดุล (equilibrium) แต่หากประสบการณ์ใหม่นั้นตรงกันกับประสบการณ์เดิม ข้อมูลนั้นก็จะถูกดูดซึม (assimilation) เข้าสู่ความเข้าใจใหม่แก่ผู้เรียน (Lleyellyn, 2002: 31 และทิศนา แขมมณี, 2548: 90-94) ดังนั้นกระบวนการเรียนรู้จึงเกิดขึ้นภายในตนเอง หรือเรียกว่าเป็นการเรียนรู้แบบ intra-communication

2) **ทฤษฎี** Social Constructivism

ทฤษฎี Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์เช่นเดียวกับแนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีสรรคนิยมของเพียเจต์ แต่เกิดขึ้นจากมุมมองที่แตกต่างของวีก็อทสกี้ ซึ่งเชื่อว่ามนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมทางสังคมตั้งแต่แรกเกิด และวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ได้แก่ สถาบันทางสังคมต่าง ๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคล นอกเหนือจากกระบวนการทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นในตนเองตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา ดังนั้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างบุคคลมีความสำคัญ ซึ่งจะสามารถช่วยเหลือผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ หรือเรียกว่า “Zone of proximal development” ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) (ทิศนา แขมมณี, 2548: 90-94) ดังนั้น กระบวนการเรียนรู้จึงเป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ภายในสมอง และเป็นกระบวนการทางสังคมอีกด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป หรือเรียกว่าเป็นการเรียนรู้แบบ inter-communication

3) **ทฤษฎีคอนสตรักชั่นนิซึม** (Constructionism)

ทฤษฎีคอนสตรักชั่นนิซึม เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) เช่นเดียวกับทฤษฎีสรรคนิยมและทฤษฎี Social Constructionism พัฒนาโดยศาสตราจารย์ซีมัวร์ แพเพอร์ท (Seymour Papert) แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachustts Institute of Technology) ซึ่งแนวความคิดของทฤษฎีนี้คือ การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยนำความคิด ความรู้ของตนเองสร้างออกมาเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน คือสร้างเป็นชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้จะมีความหมายต่อผู้เรียน จะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่าย และจะสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี นอกจากนั้นความรู้ที่สร้างขึ้นเองนี้ ยังเป็นรากฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ดังนั้นทฤษฎีคอนสตรักชั่นนิซึมมีเอกลักษณ์ในด้านการใช้สื่อเทคโนโลยี วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะสมในการให้ผู้เรียนได้สร้างสาระการเรียนรู้ และผลงานต่าง ๆ ด้วยตนเอง (ทิศนา แขมมณี, 2548) ซึ่งมีความสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบซึ่งนักเรียนจะได้ออกแบบและสร้างผลงานควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์

(Seungyeon, 2007: online) โดยผลงานที่ออกมานั้นจะแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอดคล้องกับผลงานของนักเรียนได้

นอกจากทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานสำคัญแล้ว การเรียนรู้ด้วยการออกแบบยังได้พัฒนาวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยนำรูปแบบการเรียนการสอน การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักมาผสมผสานกัน โดยรายละเอียดของแต่ละรูปแบบการเรียนการสอนและการผสมผสานรูปแบบจนเกิดเป็นการเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล (Case-based Reasoning)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผลนี้ พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษา (Case-based Learning) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนแบบสืบสอบตามทฤษฎีสรรคนิยม (Sale, 2006: 307) การใช้กรณีศึกษาหรือกรณีตัวอย่าง (case) เป็นเทคนิคที่ผู้สอนใช้ในชั้นเรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเป็นพื้นฐานของการอภิปรายเพื่อการพิสูจน์ การประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่จำเพาะ การลอกเลียนแบบแนวทางแก้ปัญหาหรือผสมผสานแนวทางแก้ปัญหาจากกรณีศึกษาในงานที่ได้ศึกษาวิจัยมาแล้ว การสอนโดยใช้กรณีศึกษาจึงเหมาะสำหรับครูที่ต้องการกระตุ้นแนวคิดใหม่ๆ ของผู้เรียน กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ และคิดนอกกรอบ ส่งเสริมการให้กำลังใจกับผู้ที่ปฏิบัติการในภาวะที่เสี่ยง (Lynn, 1999 cited in Sale, 2006: 84 และ86)

หลักการของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาในการจัดการเรียนการสอน มีดังนี้

1. การเรียนรู้จากประสบการณ์เดิม มาช่วยแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ผู้เรียนจะเรียนรู้เพื่อเชื่อมโยงเป้าหมายอย่างมีเหตุผลเพื่อไปสู่เป้าหมายการเรียน ซึ่งการใช้กรณีศึกษาจะให้ผู้เรียนได้ใช้เหตุผล และเรียนดีขึ้นเมื่อดึงเอาเนื้อหาบทเรียน และการเรียนแบบมีส่วนร่วมเพื่อการเข้าถึงกรณีนั้น ๆ และจะต้องอธิบายความล้มเหลว คาดการณ์ความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้นได้
2. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นดีที่สุดเมื่อได้ทดลองปฏิบัติ เพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่สนใจ
3. ประสบการณ์ที่นำมาใช้ และความล้มเหลวจากการนำไปใช้และสิ่งที่คาดหวัง จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ว่าจำเป็นที่จะต้องเรียนอะไรเพิ่มเติม ซึ่งบทเรียนสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น
4. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากกรณีของผู้อื่นและนำมาใช้กับตัวเองได้
5. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ถ้าได้รับผลสะท้อนกลับ (feedback) จะทำให้ตระหนักถึงความผิดพลาดนั้น ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายถึงสาเหตุของความล้มเหลวนั้นได้ว่าเกิดขึ้นจากอะไร และจะทำการแก้ไขได้อย่างไร

การจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีรากฐานมากจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษา แต่เน้นไปที่การใช้กรณีศึกษานั้นอย่างมีเหตุผล โดยสามารถอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้ได้ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล (Case-Based Reasoning, CBR) เป็นแนวการสอนที่พัฒนาขึ้นโดยโรเจอร์ ชาร์ค (Roger Schank) ในปี ค.ศ. 1970 หลักการคือ การแก้ปัญหาโดยนำสถานการณ์เดิมมาใช้ศึกษา อ้างอิงอย่างมีเหตุผล เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาและนำมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ให้ดีขึ้น ซึ่งมีลักษณะเด่นในการสร้างอุปนัย (analogy making) เป็นวิธีการที่กับการสร้างโปรแกรมแก้ปัญหาในคอมพิวเตอร์ (Schank, 1982 cite in Kolodner, 2006)

วัฏจักรการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การให้เป้าหมาย** (Retrieve) เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น จะมีการนำกรณีตัวอย่างจากความทรงจำ ซึ่งตรงกับประเด็นที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น หากต้องการจะผลิตปุ๋ยชีวภาพ ต้องกลับไปศึกษาหลักการ วิธีทำปุ๋ยให้ชัดเจน

2. **การนำกลับมาใช้ใหม่** (Reuse) เป็นแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่เป้าหมาย ซึ่งเกี่ยวกับการดัดแปลงปัญหาที่จำเป็นในสถานการณ์ใหม่ ตัวอย่าง การปรับสูตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

3. **การปรับปรุงแก้ไข** (Revise) ปรับปรุงเมื่อกรณีตัวอย่างเดิมยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ หรือก่อให้เกิดปัญหาเพิ่ม เช่นเมื่อพบปัญหาเกิดขึ้นในการปรับสูตร เช่น ทดลองใช้แล้วปรากฏว่าต้นไม้ตาย จึงหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ซึ่งอาจเป็นการปรับสูตรให้มีอัตราที่เหมาะสมต่อไป

4. **การเก็บรักษา** (Retain) หลังจากแก้ปัญหา ปรับปรุงประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย ทำการเก็บประสบการณ์ที่ได้ในกรณีใหม่นี้ในความทรงจำ ซึ่งอาจเป็นการจดบันทึก และอาจจะพัฒนางานต่อไป

หลักการของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล คือ การให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์ มีการศึกษากรณีเดิมที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ใหม่ และนำความรู้จากกรณีศึกษาหรือกรณีตัวอย่างไปใช้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหากข้อมูลที่นำมาใช้ทำให้เกิดความผิดพลาด ก็จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ข้อผิดพลาด และได้ใช้เหตุผลพิจารณาว่ามีอะไรที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม และมีกระบวนการปรับปรุงแก้ไขอย่างมีเหตุผล การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผลจึงเป็นการใช้กฎอุปนัย (rule-induction algorithms) หรือ machine learning โดยเริ่มต้นจากการให้กรณีตัวอย่างซึ่งเป็นรูปแบบกว้าง ๆ มาใช้หาวิธีการแก้ปัญหาที่ต่างออกไป จากหลักการเหล่านั้น

จึงนำแนวคิดพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผลมาใช้กับการเรียนการสอน โดยเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนด้วยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ซึ่งเน้นที่การออกแบบและการนำประสบการณ์ไปสู่การสร้างเป็นผลิตภัณฑ์การเรียนรู้ ดังนี้

1. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นดีที่สุดจากการได้ทดลองทำในเรื่องที่สนใจ ซึ่งการเรียนรู้ด้วยการออกแบบนั้น การออกแบบจะอยู่บนพื้นฐานสิ่งที่นักเรียนต้องการรู้ และรู้สึกตื่นตัวไปกับการออกแบบที่ท้าทาย

2. การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากประสบการณ์ ซึ่งการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ นักเรียนจะได้ใช้ประสบการณ์การเรียนรู้หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยง การเรียนรู้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นและรู้ว่าควรจะนำบทเรียนเรื่องใดมาช่วยในการแก้ปัญหา

3. ประสบการณ์การนำกรณีศึกษามาใช้เรียนรู้ในอนาคต การให้นักเรียนทำกิจกรรมซ้ำหรือการแก้ไขปรับปรุงในระหว่างการอภิปรายและการค้นหา จะช่วยเติมเต็มความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะต่าง ๆ และมีโอกาสนำเนื้อหาและทักษะที่ได้นั้นนำกลับมาใช้ใหม่

4. นักเรียนได้เรียนรู้กรณีของผู้อื่น เพื่อพัฒนาผลงานของตนเอง การนำเสนองานการออกแบบ นักเรียนจะได้เรียนรู้ แนวคิดใหม่ ๆ ของเพื่อน

5. นักเรียนได้ตระหนักถึงความผิดพลาด และความล้มเหลวที่จะเกิดขึ้น จากการได้รับผลสะท้อนกลับ และสามารถอธิบายได้ว่า ความผิดพลาดและความล้มเหลวนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และควรจะแก้ไขอย่างไร โดยผู้เรียนทั้งชั้นจะได้ร่วมกันแนะนำ

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-Based Learning, PBL)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจ หรือตามความต้องการของผู้เรียน โดยอาจนำผู้เรียนออกไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา จากนั้นให้ฝึกกระบวนการวิเคราะห์ แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม และมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จากนั้นจึงลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและประเมินผล ซึ่งเป็นการศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยผู้สอนจะคอยให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล กระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม และติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียน โดยมีการประเมินผลการเรียนรู้ทั้งทางด้านผลงาน และกระบวนการ (ทิศนา แขมมณี, 2548: 137-138)

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก 10 ขั้นตอน (Barrow, 1986 cited in Greenwald, 2001: online) ซึ่งเป็นพื้นฐานของโรงเรียนแพทย์ ขั้นตอนจะเกี่ยวข้องกับการสร้างความเข้าใจด้วยตัวเองของนักเรียนผ่านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างสร้างสรรค์ ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง

1. ขั้นเผชิญปัญหา (Encounter an ill-defined problem) นักเรียนประสบปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

2. เชื่อมโยงคำถาม (Ask IPF questions) ได้แก่ นักเรียนตั้งคำถามโดยเริ่มจากคำถามว่าสนใจอะไร (What's Interesting here?) ปัญหาคืออะไร (What's Puzzling, curious, problematic?) และสิ่งที่ค้นพบมีความสำคัญอย่างไร (What's important to Find out?)

3. แสวงหาปัญหา (Pursue problem-finding)

4. แผนที่ปัญหาในปัญหาเดิม (Map problem finding; prioritize a problem) นักเรียนศึกษาปัญหาที่พบกับแนวคิดเดิมที่มีอยู่

5. ค้นหาปัญหา (Investigate the problem) นักเรียนสืบค้นข้อมูลที่สอดคล้องกับปัญหาเพื่อหาทางแก้ไข

6. วิเคราะห์ผล (Analyze results) นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา

7. เรียนรู้ซ้ำ (Reiterate learning) นักเรียนนำแนวทางการแก้ปัญหาที่ค้นพบไปปฏิบัติ ซึ่งเป็นกิจกรรมการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อได้รับความเข้าใจใหม่ ซึ่งหากแนวทางการแก้ปัญหายังไม่เหมาะสม จึงทำการสำรวจค้นหาข้อมูลใหม่เพื่อได้แนวทางที่ถูกต้อง

8. สร้างแนวทางแก้ไข และสนับสนุน (Generate solutions and recommendations) นักเรียนย้อนกลับไปดูผลของการแก้ปัญหา โดยกลับไปตรวจสอบขั้นตอนแรกว่าถูกต้องหรือไม่

9. แสดงผล (Communicate the Results) นักเรียนนำเสนอ หรือสื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ

10. ประเมินตนเอง (Conduct self-assessment) นักเรียนประเมินตนเองในด้านต่าง ๆ เช่น ปัญหาที่ค้นพบ การแก้ปัญหา ความรู้ที่ได้รับ ทักษะการทำงานร่วมกันและการแบ่งปันกันภายในกลุ่ม เป็นต้น โดยวิธีประเมินได้แก่ การเขียน journal การใช้ rating scale การสัมภาษณ์ และการประชุมเพื่ออภิปรายร่วมกันระหว่างเพื่อนร่วมงาน

การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลักมาใช้ปฏิบัติในห้องเรียน จะมีการกำหนดลำดับการปฏิบัติในห้องเรียน โดยนักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มศึกษาข้อเท็จจริง ตั้งสมมติฐาน เพื่อสร้างแนวคิดที่นำมาอธิบายและการแก้ปัญหา และประเด็นที่ยังไม่เข้าใจก็ต้องไปเรียนรู้เพิ่มเติม ภายหลังพิจารณากรณีศึกษาด้วยความรู้ที่มีอยู่และทำการค้นคว้าหาข้อมูลแล้ว ก็จะนำมา

สู่กิจกรรมการแก้ปัญหา และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาต่อไปเมื่อได้ประเด็นการเรียนรู้ใหม่เป็นวัฏจักรต่อเนื่อง นอกจากนี้การไตร่ตรองความคิดมีความสำคัญต่อห้องเรียนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่จะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงเป้าหมายของการแก้ปัญหา และนำไปสู่เนื้อหาที่ต้องเรียนรู้ได้ โดยครูจะสอนให้นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของตนเองได้ แต่ละครั้งครูจะระบุมโนทัศน์หรือกระบวนการที่นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้เกิดความชัดเจนในประเด็นต่าง ๆ และนำมาสร้างเป็นผังมโนทัศน์ แผนผังกระบวนการและสร้างคำอธิบายได้ ในกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนอภิปรายประเภทของแหล่งอ้างอิงที่นักเรียนได้ไปสืบค้นในประเด็นต่างๆ อาจได้แก่ จากหนังสือ จากการพูดคุยกับผู้เชี่ยวชาญ หรือจากการสำรวจแนวทางอื่นๆ โดยนักเรียนจะต้องอธิบายการวางแผนการเก็บข้อมูล วิธีการเลือกใช้แหล่งเรียนรู้และการสำรวจค้นหาข้อมูล และเมื่อนักเรียนแก้ปัญหาเสร็จนักเรียนเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาของตนเองกับผู้เชี่ยวชาญอย่างไร แตกต่างกันอย่างไร ซึ่งประเด็นต่างๆ ที่พบนักเรียนจะได้นำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม (Kolodner et al., 2003: 505-507)

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ในทุกขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรมจะช่วยพัฒนาผู้เรียนในด้านกระบวนการแก้ปัญหาและเรียนรู้เนื้อหาไปอย่างคู่ขนาน ซึ่งการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะและเรียนรู้เนื้อหา และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก จึงเป็นการเรียนรู้ภายใต้บริบทของการแก้ปัญหา (Barrow cited in Savin-Baden, 2000)

การสังเคราะห์การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

การสังเคราะห์จนเกิดเป็นการเรียนรู้ด้วยการออกแบบนั้น ได้นำข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผลมาผสมผสานกัน เพื่อให้เกิดห้องเรียนแห่งการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยข้อดีของ 2 การจัดการเรียนรู้ที่นำมาผสมผสานกัน มีดังนี้

1) **การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก** เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกิจกรรมการแก้ปัญหาพร้อมกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ นักเรียนได้แก้ปัญหาและไตร่ตรองประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ ดังนั้นหลักการดังกล่าวจึงมาช่วยในส่วนของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบให้เน้นกระบวนการแก้ปัญหา และการไตร่ตรองประสบการณ์ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการใช้เลือกใช้ประสบการณ์มาใช้อย่างมีเหตุผล โดยประสบการณ์นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในกระบวนการออกแบบผลงาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาอย่างมีเหตุผล จะช่วยเสริมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก โดยทำให้กระบวนการแก้ปัญหานั้นจะต้องกิจกรรมต้องใช้เหตุผล เข้าถึงความรู้จากประสบการณ์เดิม หรือใช้แหล่งข้อมูลที่มี เน้นไตร่ตรองความรู้ ส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้และสภาพแวดล้อมที่ให้ผลสะท้อนกลับแก่กัน

จากการศึกษาที่กล่าวข้างต้น ทำให้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบจึงเป็นการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะผ่านกระบวนการแก้ปัญหา โดยกระบวนการแก้ปัญหานั้นจะเน้นการเลือกใช้ประสบการณ์หรือความรู้มาใช้อย่างมีเหตุผล จากการไตร่ตรองและเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งจะเป็นแนวการสอนที่เน้นความสำคัญของการเรียนรู้จากประสบการณ์ ดังนั้น การเรียนรู้ด้วยการออกแบบนักเรียนจะได้เรียนรู้ในบทเรียนจากการทำโครงงานหรือผลงานควบคู่ไปกับการสืบสอบในสภาพการเรียนรู้ที่เน้นการออกแบบ (Doppelt et.al, 2008: 23-24; Kolodner et.al, 2003)

1.2 ความหมาย และเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (Learning By Design: LBD) หมายถึง แนวการสอนวิทยาศาสตร์แบบทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ (Project –based inquiry) เน้นคุณค่าของการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน ผ่านการออกแบบผลงานที่หลากหลาย และจากการมีส่วนร่วมของเพื่อนนักเรียนด้วยกัน (Kolodner, 2006)

เป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (Kolodner, 2006)

1) เรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างเข้าใจ

2) พัฒนาทักษะ และความเข้าใจที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยใช้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

3) เรียนรู้แบบรวมพลัง (collaborative learning) และการสื่อสาร (communication)

4) เรียนรู้การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การดำเนินการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และทำการสรุป สร้างข้อมูลเพื่อการตัดสินใจจากหลักฐาน และใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning)

5) ช่วยให้ครูสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ และการค้นพบช่องว่างความรู้ของนักเรียน

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในงานวิจัยนี้นั้นได้พัฒนามาจากวัฏจักรการเรียนรู้ด้วยการออกแบบของ Kolodner (The Learning By Design Cycle) (Kolodner, 2006) โดยทำการศึกษาและพัฒนาตามลำดับขั้นตอนดังนี้

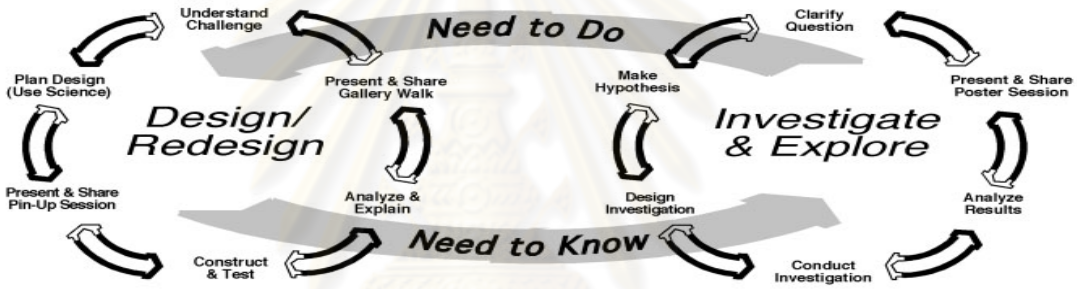
1) ศึกษาวัฏจักรการเรียนรู้ของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

2) ศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนในวัฏจักรการเรียนรู้ที่มีความเชื่อมโยงกัน

3) ศึกษาเอกสาร ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ และงานวิจัยของ Kolodner เกี่ยวกับการนำขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบไปใช้

4) จัดลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

1) วัฏจักรการเรียนรู้ของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ



แผนผังที่ 2 แสดงวัฏจักรการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ (The Learning By Design Cycle) (Kolodner, 2003)

วัฏจักรการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน (Kolodner, 2006) ได้แก่

1. **การออกแบบ (design) และออกแบบใหม่ (redesign)** (วัฏจักรทางซ้ายมือ) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.1 ขั้นท้าทายเพื่อเข้าใจปัญหา (understand Challenge)

1.2 ขั้นดำเนินการออกแบบ (plan design (use science))

1.3 ขั้นประชุมลงข้อสรุปการออกแบบ (pin-up session)

1.4 ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง (construct & test)

1.5 ขั้นวิเคราะห์และอธิบาย (analyze and explain)

1.6 ขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน (gallery walk/presentation)

2. **การค้นคว้าหาความรู้ และการสำรวจค้นหา** (investigation & exploration) (วัฏจักรทางขวามือ) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.1 ขั้นกระจ่างชัดในปัญหา (clarify question)

2.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน (make hypothesis)

2.3 ขั้นออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล (design investigation)

2.4 ขั้นปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล (conduct investigation)

2.5 ขั้นวิเคราะห์ผล (analyze result)

2.6 ขั้นนำเสนอโปสเตอร์ (poster session)

ในแต่ละองค์ประกอบจะมีหลายๆการกระทำ และการได้รับผลสะท้อนกลับในแต่ละกิจกรรม รวมไปถึงการนำเสนอผลงานต่อสาธารณะ มีเป้าหมายเพื่อช่วยให้นักเรียนมีแนวทางในการไตร่ตรองประสบการณ์ เป็นวิธีที่ช่วยบ่งชี้ว่านักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การกระทำได้อย่างไรจึงจะไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งทั้ง 2 องค์ประกอบของวัฏจักรการเรียนรู้นี้ ในแต่ละขั้นตอนนักเรียนสามารถสลับไปมาระหว่างการสำรวจค้นหาและการออกแบบได้

โครงสร้างกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ คือการไตร่ตรองประสบการณ์ความรู้จากเนื้อหาต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการสร้างและออกแบบผลงาน โดยลำดับขั้นของกิจกรรมในวัฏจักรการออกแบบและออกแบบใหม่นั้นจะสัมพันธ์กับวัฏจักรการค้นคว้าหาความรู้และการสำรวจค้นหา โดยกิจกรรมเริ่มต้นที่ขั้นท้าทายเพื่อเข้าใจปัญหา (understand challenge) เพื่อให้นักเรียนได้ทดลองออกแบบจากประสบการณ์เดิม และเมื่อค้นพบว่าการออกแบบยังมีข้อบกพร่องอยู่ ก็จะตระหนักได้ว่าอะไรจำเป็นจะต้องเรียน ก็จะทำการศึกษาสำรวจค้นหา โดยผลจากการสำรวจค้นหา จะกลับมาสู่กระบวนการออกแบบอีกครั้งจนประสบความสำเร็จ ในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมผู้เรียนมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการสื่อสารกัน

2) ความเชื่อมโยงของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนใน 2 วัฏจักรการเรียนรู้

Kolodner (2003) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่มีความเชื่อมโยงกันในวัฏจักรการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ดังนี้

1. ขั้นท้าทายเพื่อเข้าใจปัญหา (understand challenge) ขั้นวิเคราะห์และอธิบาย (analyze and explain) และขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน (gallery walk /presentation) ซึ่งอยู่ในวัฏจักรการออกแบบ (design) และออกแบบใหม่ (redesign) มีความเชื่อมโยงกับวัฏจักรการค้นคว้าหาความรู้ และการสำรวจค้นหา (investigation & exploration) แสดงว่าความรู้ที่ได้จากการสำรวจค้นหามีส่วนสำคัญต่อกระบวนการออกแบบ โดยผู้เรียนต้องใช้ใช้ความรู้ที่ได้จากการ

ค้นคว้ามาทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์และอธิบายประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ในขั้นการจัดแสดงผลงานหรือนำเสนอผลงาน

2. ขั้นวิเคราะห์ผล (analyze result) และขั้นนำเสนอโปสเตอร์ (poster session) ซึ่งอยู่ในวัฏจักรการค้นคว้าหาความรู้ และการสำรวจค้นหา (investigation & exploration) มีความเชื่อมโยงกับวัฏจักรการออกแบบ (design) และออกแบบใหม่ (redesign) แสดงว่าขั้นตอนการสำรวจค้นหามีส่วนสำคัญที่ทำให้การออกแบบประสบความสำเร็จ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปข้อความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า จะทำให้การออกแบบจะตรงตามวัตถุประสงค์

3) การนำขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบไปใช้

จากหลักการดำเนินกิจกรรมใน 2 วัฏจักรการเรียนรู้ จะเห็นว่ากิจกรรมสามารถสลับไปมาระหว่างวัฏจักรการค้นคว้าหาความรู้และการสำรวจค้นหา และวัฏจักรการออกแบบและออกแบบใหม่ได้ และจากการศึกษาเอกสาร แผนการจัดการเรียนรู้ และงานวิจัยของ Kolodner (2003) และ Learning By Design (2009: online) พบว่าขั้นแรกของการเรียนการสอนจะเริ่มจากขั้นท้าทายเพื่อเข้าใจปัญหา (understand challenge) จนกระทั่งถึงขั้นจัดแสดงแบบจำลอง (gallery walk /presentation)

4) ขั้นตอนการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

จากการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยจึงจัดขั้นตอนการเรียนการสอนให้เป็นตามลำดับ โดยจัดกลุ่มขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. **ขั้นทำความเข้าใจในประเด็นปัญหา** (understanding)

1.1 **ขั้นท้าทายในประเด็นปัญหา** (understand challenge)

ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน เพื่อกระตุ้นความสนใจและเกิดปัญหาหรือข้อสงสัย เกิดความท้าทายในการแก้ปัญหา

1.2 **ขั้นกระจ่างชัดในปัญหา** (clarify question) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย

1) **ทำให้สงสัย** (messing about) ครูกระตุ้นความสงสัย ให้เกิดแนวทางแก้ปัญหาจากสื่อการเรียนการสอน อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ หรือตัวอย่างการแก้ปัญหา

2) **ระบุประเด็น** (whiteboarding) ครูและนักเรียนร่วมกันระบุมโนทัศน์ หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้ออกแบบและสร้างผลงาน หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่ต้องไปศึกษาบนกระดาน

2. **ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล** (investigation)

2.1 **ขั้นตั้งสมมติฐาน** (make hypothesis)

นักเรียนศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และมีผลต่อการออกแบบและสร้างชิ้นงานและแนวทางแก้ปัญหา

2.2 **ขั้นออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล** (design investigation)

นักเรียนร่วมกันออกแบบแนวทางการสำรวจข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

2.3 **ขั้นปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล** (conduct investigation)

นักเรียนร่วมกันปฏิบัติการสำรวจข้อมูล โดยพิจารณาเลือกแหล่งข้อมูลที่ให้ข้อมูลอย่างถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือ

2.4 **ขั้นวิเคราะห์ผล** (analyze result)

ครูและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าว่ามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือหรือไม่

2.5 **ขั้นนำเสนอโปสเตอร์** (poster session)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโปสเตอร์สรุปความรู้ที่ได้ไปศึกษา โดยนำเสนอในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอดคล้องกับชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหาที่จะสร้าง

3. **ขั้นออกแบบและออกแบบใหม่** (design/redesign)

3.1 **ขั้นดำเนินการออกแบบ** (plan design)

นักเรียนแต่ละคนลองออกแบบชิ้นงาน หรือแนวทางแก้ปัญหาตามข้อมูลที่ได้ศึกษา จากนั้นแลกเปลี่ยนผลงานการออกแบบกันภายในกลุ่ม และระดมสมองกันเพื่อออกแบบชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

3.2 **ขั้นประชุมลงข้อสรุปการออกแบบ** (pin-up session)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางการออกแบบของกลุ่ม พร้อมอธิบายประกอบเหตุผล โดยมีข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน แล้วรับผลสะท้อนกลับเพื่อการไตร่ตรอง จากเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ที่ร่วมให้คำแนะนำ

3.3 **ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง** (construct & test) นักเรียนดำเนินการสร้างแบบจำลอง จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานนั้นว่าตรงตามวัตถุประสงค์กำหนดไว้หรือไม่ และจดบันทึกข้อมูล เพื่อนำวิเคราะห์และสรุปผล

3.4 **ขั้นออกแบบและสร้างแบบจำลองใหม่** (redesign and reconstruct) ครูชี้ประเด็นที่นักเรียนควรไปศึกษาเพิ่มเติม แล้วให้สร้าง และทดสอบชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหานั้นใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแก้ไขให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3.5 **ขั้นวิเคราะห์และอธิบาย** (analyze and explain) นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอธิบายผลของการสร้างชิ้นงานที่สร้าง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

4. **ขั้นจัดแสดงผลงานหรือนำเสนอผลงาน** (gallery walk/presentation)

นักเรียนร่วมกันจัดแสดงผลงานของแต่ละกลุ่มในรูปแบบของการเดินชมการแสดงผลงาน โดยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอตามประเด็นที่กำหนด ได้แก่ การทำงาน ลักษณะของแบบจำลอง รวมทั้งหลักการสร้าง ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข จากนั้นให้ทุกคนร่วมกันประเมินคุณภาพของชิ้นงานหรือแนวทางแก้ปัญหาของแต่ละกลุ่ม

1.4 บทบาทของครูและนักเรียน

บทบาทครูและบทบาทของนักเรียนเป็นสิ่งที่กำหนดหน้าที่ของแต่ละบุคคลในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ดังมีรายละเอียดดังนี้

บทบาทครู

ในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ครูมีหน้าที่สำคัญในการจัดสภาพการเรียนรู้ให้เป็นชุมชนนักออกแบบ ซึ่ง Kolodner (2006) และ Seungyeon (2007: online) ได้กล่าวถึงบทบาทครูในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบดังนี้

1. อำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ สนับสนุนแหล่งข้อมูล แหล่งเรียนรู้ สื่อการเรียนการสอน รวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้ การสร้างผลงาน และการแสวงหาความรู้ของนักเรียนอย่างอิสระ

2. กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่ม มีความสามัคคีกันภายในกลุ่ม มีความรับผิดชอบในการทำงาน ใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

3. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจในบทเรียน และใช้คำถามชี้แนะแนวทางในการสืบสอบความรู้ของนักเรียน

4. กระตุ้นให้นักเรียนกล้าถามคำถาม แสดงความคิดเห็น และฝึกการอภิปรายในชั้นเรียน

5. จัดสภาพการเรียนรู้ให้เป็นชุมชนนักออกแบบ ที่ต้องมีการระดมสมอง การอภิปรายร่วมกัน เพื่อการออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน

6. ฝึกนักเรียนให้หลักฐาน ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การใช้ศัพท์เทคนิค

7. เปิดใจกว้าง สนับสนุนให้ใช้ความคิดริเริ่มได้อย่างเต็มที่

8. สังเกต พิจารณามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ช่องว่างทางความรู้ของนักเรียน และรีบปรับปรุงแก้ไข

9. ให้คำปรึกษาเพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยช่วยพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ โดยอิงมโนทัศนักเรียนยังไม่เข้าใจ และช่วยพิจารณาว่าแบบจำลองมีข้อบกพร่องหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไขอะไรบ้าง และสิ่งที่ต้องไปศึกษาเพิ่มเติม

บทบาทของนักเรียน

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ นักเรียนต้องเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นบทบาทของนักเรียนที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้นั้นจึงมีความสำคัญในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน ซึ่ง Kolodner (2006) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบดังนี้

1. ใจกว้าง มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็น

2. รู้จักใช้เหตุผลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจ และสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจในผลงานออกแบบของตนได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล

3. รับผิดชอบต่อภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ร่วมกันแก้ปัญหา และนำข้อบกพร่องที่พบมาปรับปรุงแก้ไข และพยายามกลับไปศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง

4. มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ได้แก่ ตั้งใจฟัง ตั้งคำถาม และให้คำแนะนำอย่างเต็มที่ จริงใจ

6) ระดมความคิดเห็น วิเคราะห์จุดบกพร่องในงานของตน

1.5 ข้อดีและข้อจำกัด

การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งการทราบถึงข้อดีจะทำให้สามารถเลือกใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบเพื่อพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม และการทราบถึงข้อจำกัดจะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้ดีขึ้นได้

ข้อดี

Kolodner et al. (2004) และ Roberts (2001) ได้กล่าวถึงข้อดีของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบดังนี้

1) การออกแบบ ทดสอบ อธิบายใหม่ ทำให้นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) การนำเสนอผลงาน และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับผลสะท้อนกลับจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ที่ให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และถามคำถาม จะทำให้นักเรียนได้ฝึกการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย และการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งเป็นการพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์อีกทางหนึ่ง

3) การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการทำงานในวงจรการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการออกแบบ ได้แก่ ทักษะการกำหนดตัวแปร การวัด การสังเกต การจัดกระทำข้อมูล ฯลฯ

4) ฝึกให้นักเรียนนำวิธีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ และฝึกฝนการอภิปรายให้กลายเป็นธรรมชาติของการปฏิบัติในชั้นเรียน

5) การเรียนรู้ด้วยการออกแบบเป็นการเรียนรู้แบบตื่นตัว (active learning) โดยเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติทำโครงงงาน หรือผลงานร่วมไปกับการสืบสอบ ทำให้สามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้ การนำประสบการณ์ไปประยุกต์ใช้ เชื่อมโยงสู่โลกแห่งความเป็นจริงได้ ทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนและเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และคงทน

6) การทำกิจกรรมร่วมกันเป็นทีมและการเรียนรู้แบบรวมพลัง ทำให้นักเรียนได้รับแนวคิดที่หลากหลาย ได้พัฒนาทักษะการสื่อสารระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จทั้งทางด้านความรู้ (academic achievement) และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (non-academic achievements)

ข้อจำกัด

Kolodner et al. (2004) และ Roberts (2001) ได้กล่างถึงข้อจำกัดของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ดังนี้

1. การเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ค่อนข้างยาก ซึ่งครูจะต้องดูแลนักเรียนอย่างใกล้ชิดโดยเฉพาะนักเรียนที่เรียนอ่อนให้เรียนรู้ และปฏิบัติได้ทันเพื่อนที่เรียนเก่งกว่า

2. ในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนต้องให้ความสำคัญกับการไตร่ตรองความรู้ การอภิปรายร่วมกัน รวมทั้งการสร้างสรรค์ผลงาน จึงเป็นการสอนที่ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากเพื่อให้นักเรียนได้รับการพัฒนามโนทัศน์ รวมทั้งทักษะต่างๆ ได้

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา

2.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ เป็นคำที่แปลมาจากคำว่าconcept ในภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ได้มีผู้แปลเป็นภาษาไทยคำอื่น ๆ ในความหมายเดียวกันอีกหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ หรือมโนมติ ซึ่งนักจิตวิทยาการศึกษาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ไว้ดังนี้

Good (1959: 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 2 ประการ คือ

1. แนวคิดที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท

2. แนวคิดทั่วไปหรือนำเสนอเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ

3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

Page และ Thomas (1977: 81) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือความคิดภายในใจของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ที่มาจากกระบวนการจำแนกประเภท”

Jacobsen et al. (1985: 36) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ แนวคิดที่กล่าวถึงการจัดกลุ่มหรือการจำแนกประเภทของสิ่งที่มีลักษณะเหมือนกัน”

Line (2000: 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ การสร้างกลุ่มของความรู้ ซึ่งเกิดจากรวบรวมและการแยกแยะข้อมูลของมนุษย์”

สุวัฒน์ นิยมค้า (2532: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ของสิ่งใด คือ แนวคิดหลัก (main idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน”

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 40-41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งที่หนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น”

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ตามที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาของไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายไว้ พอสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นในจิตใจ โดยเกิดจากการจัดจำแนกประเภท ซึ่งแต่ละคนอาจมีมโนทัศน์ของสิ่งเหล่านั้นได้แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความหมายของมโนทัศน์ที่หลากหลายแนวนี้ แต่ผู้วิจัยได้ยึดตามแนวของธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 40-41) เนื่องจากเป็นความหมายที่สอดคล้องกับการวิจัย

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ทางชีววิทยา

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Klopler (1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล”

Sund และ Trowbridge (1973) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษา สังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (concrete objects) เช่น เซลล์ หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น ทฤษฎีจลน์ของสาร การอุปนัย หรือกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น”

Carin (1989: 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน”

โดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปที่มีวัตถุ กระบวนการต่างๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสมาศึกษาสังเกต จัดจำแนกประเภทและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ โดยความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

ดังนั้นจากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ตามแนวของธีระชัย ปูรณโชติ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยสรุปข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง ความเข้าใจโดยสรุปต่อวัตถุ กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาชีววิทยาที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ แล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งที่ศึกษามาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งๆ นั้น

2.2 ประเภทของมโนทัศน์

นักจิตวิทยา และนักการศึกษาหลายท่าน ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ไว้หลากหลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

Gagne (1970; cited in Nitko, 2007: 209-210) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส คล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า เช่น การได้ยิน เห็น การลิ้มรส ความรู้สึก หรือการได้กลิ่น ได้แก่ ความยาว สีเขียว บ้าน สุนัข ฯลฯ

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concept) เช่น มุมตรงกันข้าม มิตรไมตรี ลุง ฯลฯ

DeCecco (1974: 390) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยง (conjunctive concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมของลักษณะหลายๆ ลักษณะที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน อาทิ การจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มเฉพาะ เช่น สุนัขก็จะต้องกำหนดลักษณะร่วมของคุณค่าที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะ มโนทัศน์ประเภทนี้ง่ายต่อการสอนและการเรียนรู้

2. มโนทัศน์เชิงตรงกันข้าม (disjunctive concepts) คือ คุณค่าของสิ่งที่ที่เหมาะสมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือทั้งสองลักษณะที่ปรากฏอยู่ ตัวอย่างเช่น การสไตร์ (strike) ในกีฬาเบสบอล การยิงจุดโทษในกีฬาฟุตบอล และการวอล์ก (walk) ในกีฬาบาสเกตบอล ซึ่งเป็นพฤติกรรมของนักกีฬาพฤติกรรมหนึ่ง หรือหลายพฤติกรรมที่แสดงออกขณะแข่งขัน

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relational concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมอย่างหนึ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างจำเพาะระหว่างลักษณะ เช่น ระยะทางและทิศทาง เป็นต้น

Jacobsen et al. (1985: 36-38) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ลำดับสูง (superordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับสูงสุด เช่น สัตว์จำพวกนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์เลื้อยคลาน แม้ว่าจะจัดอยู่ในกลุ่มต่างกัน แต่โดยรวมแล้วทั้ง 3 ชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ (animals) เหมือนกัน ซึ่งมโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกัน โดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ จากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุดได้

2. มโนทัศน์ร่วม (coordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน แม้ว่าจะจัดอยู่คนละกลุ่ม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกันอยู่ เช่น เมื่อพิจารณาสัตว์จำพวกนก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์เลื้อยคลานทั้ง 3 กลุ่มนี้ยังมีลักษณะคล้ายกันอยู่

3. มโนทัศน์ลำดับรอง (subordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับรองลงมา เช่น สัตว์จำพวกนก จัดอยู่ในลำดับย่อยของกลุ่มสัตว์ ดังนั้นสัตว์จึงเป็นลำดับรองของสัตว์จำพวกนก

Smith และ Ragan (2005: 80) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากลักษณะทางกายภาพของสิ่งนั้นด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นทางการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส หรือการได้กลิ่น

2. มโนทัศน์เชิงนิยาม (defined concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากสิ่งที่ตรงกับคำนิยามหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งที่มีคนรู้มาก่อน เช่น คำว่า ประชาธิปไตย ลัทธิมาร์กซิส อนาธิปไตย กรดเบส (นักเคมีให้คำนิยามเพื่อบอกระดับของ pH) เป็นต้น

โดยสรุป มโนทัศน์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม คือ มโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส ซึ่งการสังเกตลักษณะของสิ่งนั้นโดยตรง สามารถนำไปสู่การจัดจำแนกโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของลักษณะสำคัญร่วมกันจนเกิดเป็นมโนทัศน์ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม รสเปรี้ยว เสียงดัง สุนัข บ้าน เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส ซึ่งจะแสดงในรูปของคำนิยาม หรือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์อื่นๆ เช่น มุมตรงกันข้าม มิตรไมตรี ประชาธิปไตย ลัทธิมาร์กซิส เป็นต้น

ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้โดยมีรายละเอียดดังนี้

Romey (1968: 117) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุ หรือสถานการณ์นั้นๆ

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlation concepts) เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน เช่น แรงเป็นอำนาจผลักหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ได้

Sund และ Trobridge (1973: 17-18) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) เช่น เซลล์แม่เหล็ก คอลลอยด์ เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต (dynamic process concepts) เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

Lawson (1995: 71-74) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ทำหน้าที่สรุป และรวบรวมคุณสมบัติที่ได้จากการสังเกตของวัตถุ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ บุคคลอื่น ๆ เป็นต้น เหตุการณ์ เช่น การวิ่ง การเล่น เป็นต้น และสถานะ เช่น บน ล่าง ก่อน หลัง เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติและพฤติกรรมของสิ่งต่างๆ ที่ไม่สามารถสังเกตได้ หรือไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่อาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือวิธีการอื่น ๆ เพื่อสามารถอธิบายได้ เช่น โมเลกุลของอะตอม กฎของเมนเดล เป็นต้น

โดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงบรรยาย เป็นการสรุป รวบรวมคุณสมบัติที่ได้จากการสังเกตและแบ่งประเภทของวัตถุ เช่น ความหมายของเซลล์แม่เหล็ก

2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี เป็นการอธิบายคุณสมบัติ กระบวนการทำงานและพฤติกรรมของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เช่น แรงเป็นอำนาจผลักหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ได้ ระยะทางและทิศทาง เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 กระบวนการสร้างมโนทัศน์

การสร้างมโนทัศน์ (concept formation) หมายถึง กระบวนการพัฒนามโนทัศน์ ซึ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างมโนทัศน์ทางการศึกษาที่รู้จักโดยทั่วไป คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (cognitive development) ของเพียเจต์ บรูเนอร์และไวก๊อทสกี้ โดยการสร้างมโนทัศน์เกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (sensorimotor stage) ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (preoperational period) ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (concrete operations) และขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (formal operations stages) (Page และ Thomas, 1977: 81)

อย่างไรก็ตามกระบวนการสร้างมโนทัศน์ แต่ละคนจะใช้วิธีการแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม (สมพงษ์ สิงหะพล, 2531: 117) แต่กระบวนการคิดที่สำคัญของมนุษย์ที่เหมือนกันในการสร้างมโนทัศน์ คือ กระบวนการจัดประเภท (The Process of Categorizing) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ทำให้เข้าใจมโนทัศน์ของสิ่งต่าง ๆ โดยนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้หลากหลาย ดังนี้

Weil และ Joyce (1978: 30) ได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ

1. การสร้างประเภท (category formation) เป็นกิจกรรมแรกที่เกิดขึ้น โดยที่มนุษย์จะสร้างมโนทัศน์ของบางสิ่งก่อนที่จะรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไร ซึ่งกิจกรรมในส่วนนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้า แยกประเภทสิ่งต่าง ๆ เช่น การแบ่งสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้ลักษณะร่วมกันและต่างกัน เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ถือเป็นการก่อรูปมโนทัศน์ขึ้นมา

2. การเกิดมโนทัศน์ (concept attainment) เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนบอกได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งนั้น ๆ คืออะไร โดยใช้วิธีการยกตัวอย่าง และบอกสมบัติพื้นฐานและสมบัติเฉพาะของมโนทัศน์นั้นได้ ซึ่งตัวอย่างที่ผู้เรียนยกมาประกอบนี้ต้องเป็นตัวอย่างที่สร้างขึ้นใหม่ ไม่ได้ยกตามบทเรียน จึงเกิดมโนทัศน์ขึ้นมา

Lapp et al. (1975: 178) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. การระบุหรือเขียนรายการ (Enumeration or listing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยใช้คำถามว่าสังเกตเห็นอะไร ได้ยินอะไรบ้าง

2. การจัดกลุ่ม (Grouping) เป็นขั้นตอนระบุลักษณะทั่วไป โดยใช้คำถามว่าอะไรจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

3. ติดป้าย หรือจัดประเภท (Labeling or Categorizing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นการจำแนกลำดับของสิ่งที่ศึกษาว่าสิ่งใดเป็นหลักสำคัญ และสิ่งใดรองลงมา โดยใช้คำถามว่า เราจะเรียกกลุ่มนี้ว่าอย่างไร อะไรที่เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งนี้อีก (What belongs under what?)

Klausmeier และ Sipple (1980 cited in Crowl et al., 1997: 147) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete) ระดับนี้เป็นระดับต่ำที่สุด การเกิดมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับการพิจารณาวัตถุ

ระดับที่ 2 ระบุลักษณะ (Identity) เป็นระดับที่สูงขึ้นไป ผู้เรียนสามารถจดจำวัตถุได้เมื่อวัตถุไปอยู่ในสถานการณ์ใหม่

ระดับที่ 3 แบ่งประเภท (Classificatory) เป็นระดับที่สูงขึ้นไปจากระดับที่ 2 ซึ่งผู้เรียนสามารถจำแนกประเภทของตัวอย่างหรือวัตถุตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่าตามมโนทัศน์ที่ได้ระบุลักษณะเอาไว้

ระดับที่ 4 จัดระเบียบ (Formal) เป็นระดับที่สูงที่สุดของการเกิดมโนทัศน์ นักเรียนจะถึงระดับนี้ต่อเมื่อใช้ภาษาเรียกมโนทัศน์ บอกรายละเอียดของลักษณะเฉพาะ และความแตกต่างของตัวอย่างที่อยู่ในมโนทัศน์นั้นและไม่เป็นตัวอย่างได้

Arends (1998: 299) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. นำเสนอตัวอย่างสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่ โดยตัวอย่างที่ดีจะต้องชัดเจนสามารถบอกได้ว่าอะไรใช่ตัวอย่าง หรือไม่ใช่ตัวอย่าง

2. กระตุ้นให้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของมโนทัศน์นั้น และให้เหตุผลในการคาดเดานั้น โดยครูจะคอยถามคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดได้ตรงจุดที่ต้องการ และให้นักเรียนเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง

3. เมื่อนักเรียนเริ่มมองเห็นมโนทัศน์ ให้เขียนชื่อมโนทัศน์นั้นพร้อมรายละเอียดกระบวนการที่ใช้ระบุสิ่งนั้น ก่อนเรียนนักเรียนอาจจะเดา แต่ครูจำเป็นที่จะต้องนำเสนอสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างจนกระทั่งนักเรียนจำแนกได้อย่างชัดเจนและรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไรชื่อว่าอะไร

4. ครูตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนได้โดยเพิ่มตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ แล้วถามนักเรียนต่อว่าเพราะเหตุใดสิ่งนั้นจึงใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง และให้นักเรียนลองยกตัวอย่างสิ่งที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างด้วยตนเอง

โดยสรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. สังเกตตัวอย่างโดยใช้ประสาทสัมผัส

2. เปรียบเทียบรายละเอียดโดยใช้ลักษณะร่วมกัน และต่างกัน เพื่อจำแนกประเภทสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่าง

3. จัดกลุ่ม ให้รายละเอียดในสามารถบอกลักษณะเฉพาะของตัวอย่างแต่ละประเภท

4. เชื่อมโยงลักษณะเฉพาะกับตัวอย่างอื่น ๆ

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างมโนทัศน์

การสร้างมโนทัศน์ของนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเรียนรู้มโนทัศน์อย่างมีประสิทธิภาพ (วิยะดา ระวังสุข, 2545: 11-12) ได้แก่

1. สิ่งเร้า ถ้าสิ่งเร้ามีความชัดเจนสมบูรณ์ จะช่วยให้บุคคลสามารถแยกแยะความคล้ายคลึงและแตกต่างของวัตถุสิ่งของที่พบใหม่ เพื่อจัดให้อยู่รวมหมวดหมู่ หรือแยกออกจากกันได้สะดวกขึ้น

2. ความสามารถในการรับรู้ ตีความหมายและการบันทึกความจำ บุคคลที่สามารถรับรู้และตีความหมายได้รวดเร็ว จำได้แม่นยำ จะสามารถสร้างมโนทัศน์ได้เร็ว ลักษณะของบุคคลที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับประเด็นนี้ได้ ดังนี้

2.1 อายุเด็กมีความไวต่อการรับรู้ และจดจำได้ดีกว่าผู้ใหญ่ เพราะเซลล์ประสาทอยู่ในระยะที่กำลังเจริญเติบโต

2.2 ประสบการณ์ ผู้ใหญ่มีประสบการณ์มากกว่าเด็ก สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ให้เกิดมโนทัศน์ได้ง่ายกว่าเด็ก

3. ความสามารถในการจำแนกแยกแยะเหตุการณ์หรือสิ่งเร้า บุคคลที่มีระดับสติปัญญาสูงมีความเฉลียวฉลาดย่อมมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้รวดเร็วกว่า

4. ความสามารถในการสร้างจินตนาการ บุคคลที่มีความสามารถในการสร้างจินตนาการได้ดีจะสามารถสร้างมโนทัศน์ได้ง่าย เพราะของบางสิ่งเป็นนามธรรมไม่อาจมองเห็นได้

5. ความสามารถในการใช้ภาษา บุคคลที่มีความสามารถทางภาษาดี จะสามารถสื่อสารมโนทัศน์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

ลักษณะบุคคลที่เกิดมโนทัศน์

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนจำเป็นต้องตรวจสอบมโนทัศน์ของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือเกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่ ซึ่งผู้สอนสามารถพิจารณาจากลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ได้ดังนี้

นาตยา ปิลันธนานนท์ (2542: 14) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ว่าจะสามารถกระทำการดังต่อไปนี้ได้

1. สามารถบอก ระบุ เรียกชื่อ มโนทัศน์นั้นได้
2. สามารถคัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้
3. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้

4. สามารถอธิบาย สรุปความหมายของมโนทัศน์นั้น จากความรู้ ความเข้าใจของตน และด้วยภาษาพูดของตนเอง

2.4 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

การประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะประเมินจากพฤติกรรมที่ต้องการวัดในด้านความจำและความเข้าใจโดยสรุป ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดมโนทัศน์ดังนี้

Odum และ Kelly (2001: 616-635) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2. สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) คือ

1.1 ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

1.2 ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน

3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

Cruickshank et al. (1995: 308-312) ได้เสนอประเภทของแบบวัด 2 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

1. แบบวัดที่สร้างการตอบสนองเอง (created Response Items) ได้แก่ แบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกคำตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา (cognitive level) องค์ความรู้ที่มีและมโนทัศน์ของนักเรียนได้

2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Items) ได้แก่ แบบเลือกตอบแบบจับคู่ แบบถูก-ผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อย และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

Jacobsen et al. (1985: 280-283) ได้เสนอแนวทางพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ สรุปได้ดังนี้

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

3. ให้นักเรียนเลือกวงกลมหรือขีดเส้นใต้สิ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

4. ให้นำคำศัพท์เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ เช่น ให้นำคำว่า rock ซึ่งเป็นคำนามมาแต่งเป็นประโยค โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

Jenkin และ Deno (1971 cited in Nitko, 2007: 205) ได้เสนอแนวทางการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ไว้ 4 วิธี ดังนี้

1. กำหนดให้นักเรียนเขียนคำนิยาม (definition) ของมโนทัศน์

2. กำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์

3. กำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่าง และสิ่งใดที่ไม่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์

4. กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์ เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์

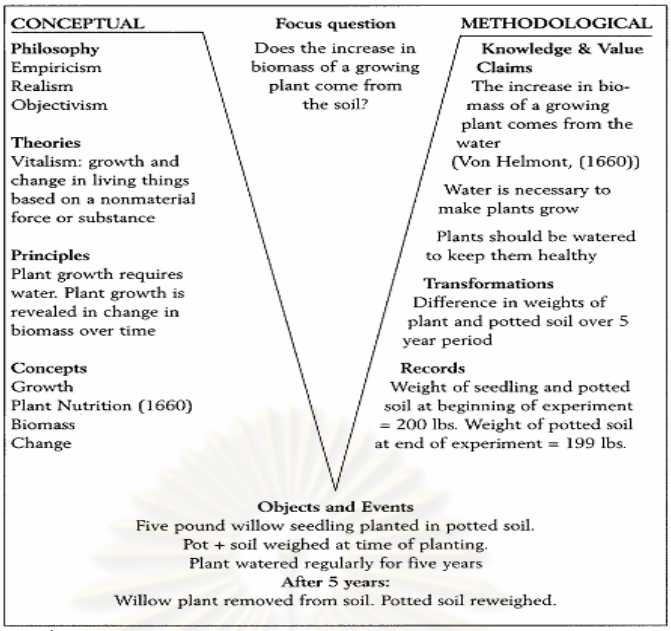
Mintzes et al. (2001: 119-123) ได้เสนอแนวทางการประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ทางชีววิทยา 8 วิธี ดังนี้

1. ผังมโนทัศน์ (Concept maps)

ผังมโนทัศน์ ใช้ประเมินการสรุปความรู้หลักของเรื่องนั้น ๆ ในผัง มโนทัศน์จะนำเสนอส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือ มโนทัศน์ที่สำคัญ และความเชื่อมโยงของมโนทัศน์

2. ผังแนวคิดรูปตัววี (V diagrams)

ผังแนวคิดรูปตัววี ใช้ประเมินการเรียนรู้ การสร้างความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยในการเรียนการสอน ผู้สอนจะเริ่มต้นประเมินโดยใช้ผังมโนทัศน์ก่อน และประเมินกระบวนการโดยใช้ผังแนวคิดรูปตัววี หลังจากเสร็จภาระงานซึ่งช่วยนักเรียนให้เข้าใจธรรมชาติของการค้นพบปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากการออกแบบการสืบค้นข้อมูล ดังแผนผังที่ 3



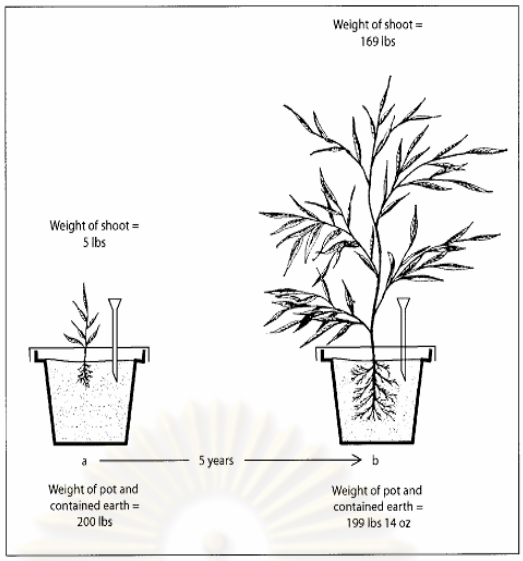
แผนผังที่ 3 แสดงผังแนวคิดรูปตัววีการทดลองของ Von Helmont's

3. โปรแกรม SemNet (SemNet software)

โปรแกรม SemNet ใช้ประเมินความเชื่อมโยงของมโนทัศน์ที่ศึกษา เป็นเครื่องมือที่ให้นักเรียนนำเสนอความรู้โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เรียกว่า "SemNet" ซึ่งพัฒนาโดย Kathleen Fisher จากมหาวิทยาลัย San Diego เป็น Macintosh-based program ที่สร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนทำการระบุมโนทัศน์ที่สำคัญ ๆ ในการเรียน และแสดงความเชื่อมโยงของมโนทัศน์เหล่านั้น โดยโปรแกรม SemNet ได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบนานาชาติในปัจจุบันและในอนาคต ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการเรียนในชั้นเรียน และมีประสิทธิภาพในการประเมินชั้นเรียนสูง (The SemNet program สามารถเข้าไปที่ http://trumpet.sdsu.edu/semnet.html.)

4. แบบทดสอบรูปภาพ (image-based test items)

แบบทดสอบรูปภาพ ใช้ประเมินการนำเสนอกราฟฟิก รูปภาพที่หลากหลาย พัฒนาจากงานวิจัยของ Wandersee จากมหาวิทยาลัย Louisiana ซึ่งเกิดจากการตระหนักว่าสาขาชีววิทยา รวมทั้งสาขาอื่นๆ สามารถนำเสนอความรู้โดยใช้รูปภาพ ซึ่งเชื่อว่าเป็นหลักฐานความเข้าใจของนักเรียนได้ ดังนั้นการประเมินรูปภาพจะประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อีกทางหนึ่ง โดยให้นักเรียนเลือกรูปที่แสดงออกถึงความเข้าใจในหัวข้อทางชีววิทยา ซึ่ง Wandersee ได้สร้างแบบประเมินเรียกว่า 20 คำถาม (Twenty Question (20-Q) Model) โดยคำถามแต่ละข้อจะเป็นการติดตามความเข้าใจจากภาพที่นำมา ดังแผนผังที่ 4 และ 5



แผนผังที่ 4 แสดงแบบทดสอบรูปภาพ (An image-based test item)

- Describe this event biologically…
- Give the function(s) of this/these structure(s)…
- Provide the next step in this process…
- How else could this event be explained biologically…
- Predict what will happen next…
- What evidence do you see that suggests…
- What is the limiting factor in this process…
- What biological principle is operating here…
- If we didn't have or couldn't use…what could we use instead…
- What is the connection between…
- In the past, how was this event explained by scientists…
- On what basis do you suspect this organism is a…
- Biologically, this organism is related to…
- How would you go about measuring…
- Make a biological estimation how long it would take for…
- What is the concept a biologist would use here…
- Ask an important question about this photograph…
- What would a …graph of this event look like…
- Design a device to monitor an important variable in this environment…
- Apply what you read in your last assignment to this photo…

แผนผังที่ 5 แสดง 20 คำถามของ Wandersee (Twenty Question (20-Q) Model)

5. การสัมภาษณ์ทางการแพทย์ (clinical interviews)

การสัมภาษณ์ทางการแพทย์ ใช้ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์รวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ทางการแพทย์ (clinical interview) เป็นการสอบถามเพื่อสืบความเข้าใจ และวิธีการคิดของแต่ละคนในกิจกรรมที่ได้มีส่วนร่วม หัวข้อ หรือมโนทัศน์ต่างๆ พัฒนาโดย Piaget ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยให้ครูเข้าใจปัญหาของแต่ละคนได้ชัดเจนขึ้น เทคนิคนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยจะใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 5-10 นาที ได้ทั้งแบบตัวต่อตัว หรือเป็นแบบกลุ่มขนาดเล็ก ซึ่งการสัมภาษณ์นี้จะเป็นการประเมินแบบ formative assessment อย่างก็ตามผลการประเมินขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้สัมภาษณ์ด้วย

6. แฟ้มสะสมผลงาน (portfolios)

แฟ้มสะสมผลงาน ใช้ประเมินความเข้าใจของนักเรียน โดยดูจากแฟ้มสะสมผลงานซึ่งเป็นหลักฐานที่แสดงถึงความเข้าใจ และหลักฐานการสร้างความรู้ของนักเรียน เนื่องจากเป็นการประเมินผลการปฏิบัติในชั้นเรียน ซึ่งรวบรวมจากกิจกรรมนอกสถานที่ งานศิลปะ รูปภาพ เพลง กลอน ผังมโนทัศน์ แผนผังวี flow charts กระดาษจดบันทึก ฯลฯ

7. การเขียน (written product)

การเขียน ใช้ประเมินความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการใช้เหตุผล และการศึกษาค้นคว้าของนักเรียนได้ เนื่องจากการประเมินการเขียน เช่น การเขียนรายงาน การเขียนบันทึก ฯลฯ เนื่องจากการเขียนเป็นการแสดงออกถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

8. แบบวัดการปฏิบัติการ (performance measures)

แบบวัดการปฏิบัติการ ใช้ประเมินความรู้และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ของนักเรียน โดยเป็นการประเมินการปฏิบัติทดลองเป็นฐาน (laboratory-based) เนื่องจากเห็นความสำคัญของการปฏิบัติที่มีผลต่อความเข้าใจของนักเรียน โดยการประเมินการปฏิบัติจึงเป็นการประเมินทั้งโครงสร้างและหน้าที่ เช่น การใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และการออกแบบการทดลอง และการแปลผลข้อมูล ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เพื่อวางแผนและแปลผลให้ผู้อื่นเข้าใจได้

Nehm et al. (2008) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน เรื่อง natural selection โดยใช้แบบทดสอบปลายเปิด (open-response test) และการสัมภาษณ์ (oral interview)

โดยสรุปแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ได้แก่

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยชนิดตอบสั้นและตอบยาว

2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format)

3. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก (alternative reason) ในตอนที่หนึ่ง

4. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

5. ใช้แบบสัมภาษณ์

6. ใช้แบบประเมินผลงาน เช่น ผังมโนทัศน์ แผนผังรูปวี การเขียน การอธิบายรูปภาพ

7. ใช้แบบสังเกตปฏิบัติการทดลอง

8. ใช้แบบวัดมโนทัศน์จากการใช้ ICT

3. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3.1 ความหมายของแบบจำลอง และแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลอง เป็นคำที่แปลภาษาอังกฤษจากคำว่า Model ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลภาษาไทยตามสาขาวิชา และลักษณะของนำเสนออย่างหลากหลายโดยใช้คำว่า โมเดล แบบจำลอง หุ่นจำลอง รูปแบบ ต้นแบบ ตุ๊กตา แบบแผน วงจร ตัวแบบ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำว่าแบบจำลอง ไว้ดังนี้

Schuring (1977: 3) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง “แนวคิด (ideas) ภาพ (image) มโนทัศน์ (concepts) ตรรกะ (analogies) และการพรรณนาทางคณิตศาสตร์ (mathematical description)”

National Science Education Standard (cited in Baumann et al., 2007: 4) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง “ร่างแบบแผน หรือโครงสร้างซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุจริง เหตุการณ์ หรือเหตุการณ์ในชั้นเรียน และมีประสิทธิภาพในการอธิบาย”

Good (1959: 350) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง “แบบจำลองหรือสิ่งที่มีรูปทรงสามมิติ และสิ่งที่แสดงกระบวนการ”

Frigg และ Hartmann (2006: online) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า หมายถึง “สื่อที่เป็นวัสดุ (physical objects) วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น โครงสร้างของทฤษฎี ภาพร่าง สมดุลสมการ หรือการผสมผสานกัน”

โดยสรุป แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับโลก ได้แก่ ทฤษฎี กฎ มโนทัศน์ กระบวนการ แนวคิด และหลักการทำงานต่าง ๆ ของระบบโดยนำเสนอในรูปแบบต่างๆ เช่น วัสดุทรง 3 มิติ ภาพร่าง สมการ เป็นต้น

ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือ Scientific model มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

National Center for Mathematics and Science (2002: online) ได้กล่าวถึงความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า หมายถึง แนวคิด หรือการสร้างแนวคิดที่อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้อง

MUSE (2002: online) ได้กล่าวถึงความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า หมายถึง แนวคิดง่าย ๆ ที่ช่วยสร้างคำอธิบาย (create explanations) ในสิ่งที่เราคิดเกี่ยวกับการทำงานของโลก (world works)

โดยสรุป แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างคำอธิบาย หรือแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้เห็นเป็นรูปธรรม

3.2 ประเภทของแบบจำลอง

ในปัจจุบัน แบบจำลองหรือโมเดล ได้เข้ามามีบทบาทในการวิจัยและทำวิทยานิพนธ์ของนิสิตนักศึกษาเพิ่มมากขึ้น โดยใช้คำว่า รูปแบบ ต้นแบบ ตุ๊กตา แบบจำลอง แบบแผน วงจร แบบ ซึ่งก่อให้เกิดความสับสนและเข้าใจผิด ดังนั้น การทำความเข้าใจว่าโมเดล คืออะไร หมายถึงอะไร มีลักษณะอย่างไร มีกี่ประเภทจึงมีความสำคัญ (อุทุมพร จามรมาน, 2541) แบบจำลองนั้น อาจจะแยกออกได้หลายประเภทตามความมุ่งหมายของแบบจำลองนั้น ๆ ซึ่งจะแบ่งประเภทให้เด็ดขาดนั้นได้ยาก เนื่องจากแต่ละประเภทมีความเกี่ยวกันเหลื่อมล้ำกัน

Keeves (1997 อ้างถึงใน อุทุมพร จามรมาน, 2541: 23-35; ทิศนา แขมมณี, 2548: 220-221) ได้จำแนกแบบจำลอง หรือเรียกว่า โมเดลที่อยู่ในขอบข่ายการวิจัยออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogue Models) ความคิดที่แสดงออกในลักษณะของการเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ อย่างน้อย 2 สิ่งขึ้นไป แบบจำลองที่ใช้หลักตรรกเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น ก ชอบ ข ข ชอบ ค ดังนั้น ก จึงชอบ ค ด้วย หรือทฤษฎี ก เกี่ยวข้องกับทฤษฎี ข ทฤษฎี ข เกี่ยวข้องกับทฤษฎี ค ดังนั้น ทฤษฎี ก จึงเกี่ยวข้องกับทฤษฎี ค ด้วย เป็นต้น แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ สังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์

2. แบบจำลองเชิงภาษา (Semantic Models) ความคิดที่แสดงออกผ่านทางการใช้ภาษา (พูดและเขียน) ดังนั้น แบบจำลองนี้จึงขึ้นอยู่กับความชัดเจนของภาษาที่บรรยาย และวิธีบรรยาย ตัวอย่างเช่น โมเดลที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ในโรงเรียนเกี่ยวข้องกับตัวแปร 5 ตัว โดยที่ 3 ตัวเป็นตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน และอีก 2 ตัวแปรเป็นเงื่อนไขภายนอก ตัวแปรที่เกี่ยวกับนักเรียนแต่ละคน

ได้แก่ 1) ความถนัด (เวลาที่ใช้ในการเรียนภายใต้การเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด) 2) ความสามารถในการเข้าใจสิ่งที่ครูสอน และ 3) ความมุมานะบากบั่น (เวลาที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนการสอนของนักเรียน) ส่วนเงื่อนไขภายนอก ได้แก่ 1) โอกาส (เวลาที่ให้กับการเรียนรู้) และ 2) คุณภาพของการเรียนการสอน

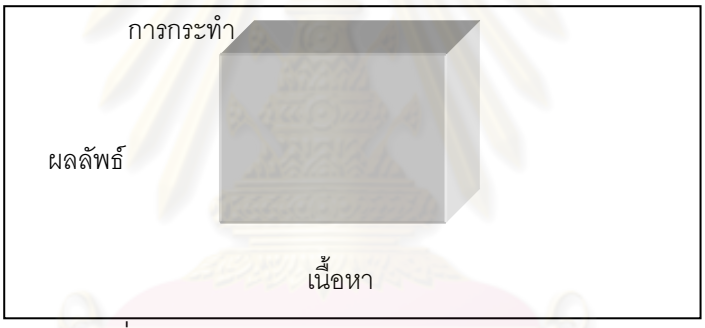
เนื่องจากการวัดตัวแปรอิงเวลาเป็นหลัก ดังนั้น จึงสามารถวัดตัวแปร และตรวจสอบโมเดลด้วยวิธีการทางสถิติได้ ดังนี้

ปริมาณการเรียนรู้ = เวลาที่ใช้จริง/เวลาที่จำเป็นต้องใช้

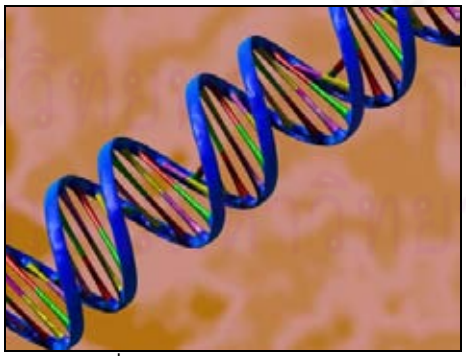
Degree of learning = f (time actually spent/time needed)

แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์

3. แบบจำลองเชิงแผนผัง (Schematic Models) แบบจำลองที่ใช้แผนภูมิ หรือแผนที่ ตลอดจนความเชื่อมโยงกันเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น แบบจำลองทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (1967) ในภาพที่ 1 ซึ่งแสดงด้วย กล่อง 3 มิติ มิติที่หนึ่ง คือ เนื้อหา มิติที่สอง คือ การจัดกระทำ และมิติที่สาม คือ ผลลัพธ์ และแสดงในภาพที่ 2-5 และแผนผังที่ 6-7

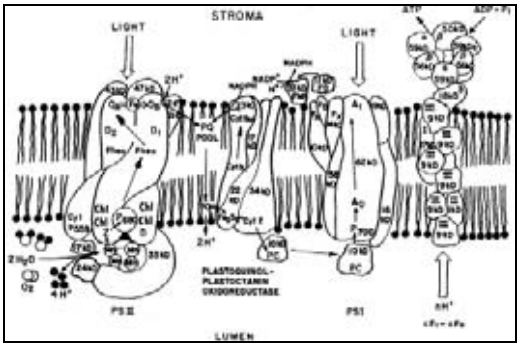


ภาพที่ 1 แสดงแบบจำลองทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด



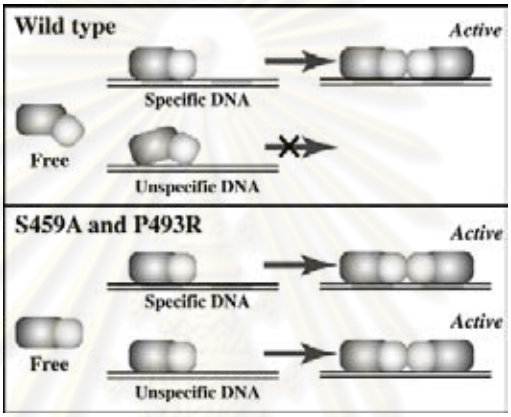
ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลอง DNA

(แหล่งที่มา http://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/255352)



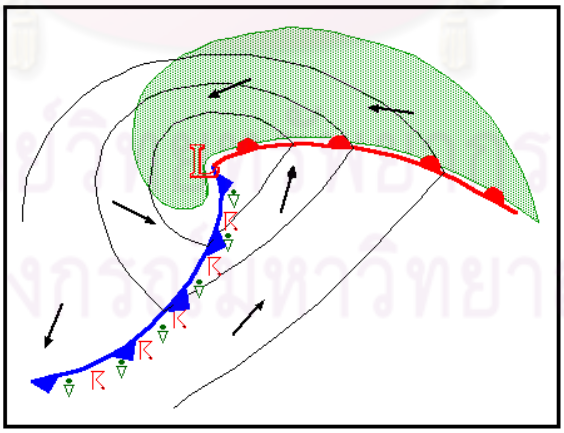
ภาพที่ 3 แสดงการถ่ายทอดอิเล็คตรอนของ light-harvesting pigment-protein complexes

(แหล่งที่มา http://electrochem.cwru.edu/ed/encycl/art-p01-plants.htm)



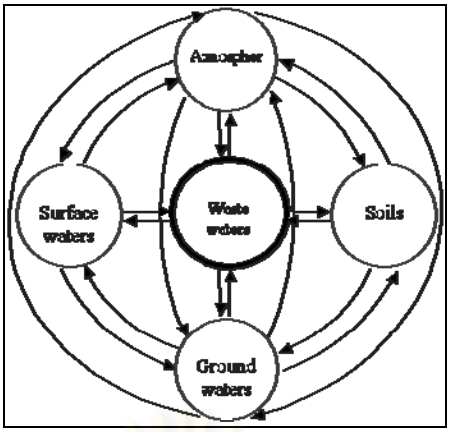
ภาพที่ 4 แสดงกลไกการทำงานของ glucocorticoid receptor

(แหล่งที่มา http://www.nmr.chem.uu.nl/~abonvin/research.html)



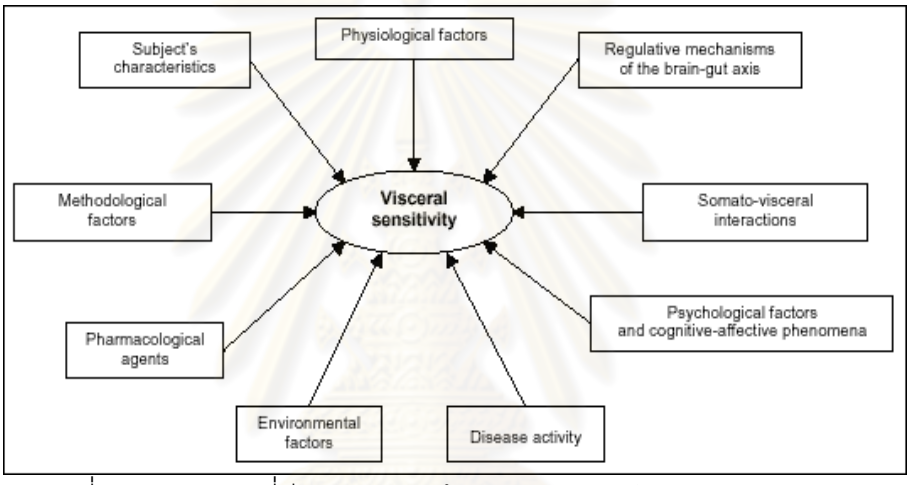
ภาพที่ 5 แสดงแบบจำลอง weather distribution ของ Norwegian cyclone

(แหล่งที่มา http://www.cimms.ou.edu/~doswell/Conference_papers/WAF86/Diagnosis.html)



แผนผังที่ 6 แสดงแบบจำลองผลกระทบของโรงงานสกัดทองคำต่อสิ่งแวดล้อม

(แหล่งที่มา http://ecocentre.am/labs/biogeochemistry.htm)



แผนผังที่ 7 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการรับรู้ของอวัยวะภาพใน (visceral sensitivity)

(แหล่งที่มา http://www.jpp.krakow.pl/journal/archive/1203_s4/articles/05_article.html)

4. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) ความคิดที่แสดงออกผ่านทางสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งส่วนมากจะเกิดขึ้นหลังจากได้รูปแบบเชิงภาษาแล้ว แบบจำลองที่เขียนความสัมพันธ์ในรูปสูตร หรือสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่น The confluence Model ของ Zajouc และคณะ (1979) เกี่ยวกับลำดับที่เกิดของเด็ก พบว่า ขนาดของครอบครัวเกี่ยวข้องกับสติปัญญาของเด็ก โดยผ่านสิ่งแวดล้อมของครอบครัว ตัวแปรที่เกี่ยวข้องคือ ขนาดของครอบครัว ระดับการศึกษาของพ่อแม่ สภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการศึกษาในครอบครัว แหล่งที่เสริมการอ่าน การเป็นลูกคนโต คนกลาง คนเล็ก สมการที่พัฒนา คือ

$$M_{ij\,(t)} = M_{ij\,(t-1)} + \alpha_i + \lambda_j$$

โดยที่ M คือ Mental Maturity

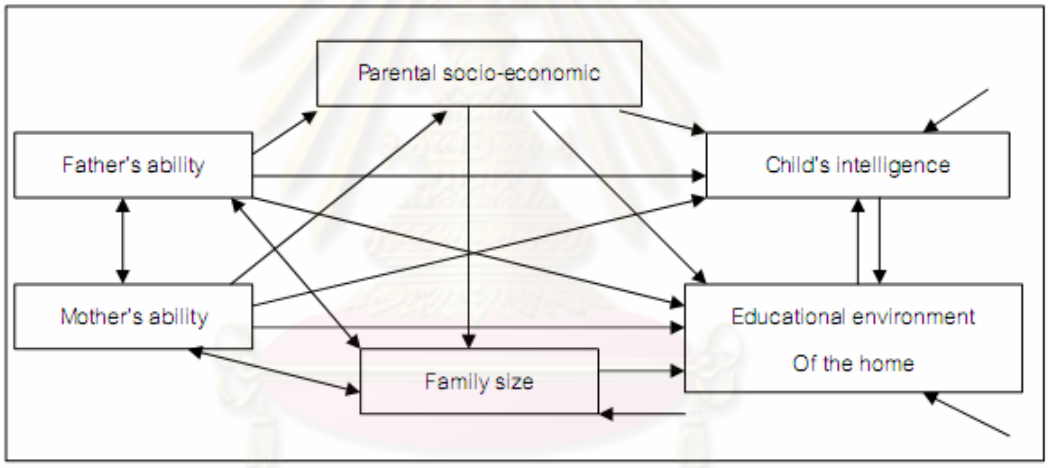
t คือ ลำดับการเกิดของเด็ก

j คือ ครอบครัว

$\propto, \lambda$ คือ สภาพแวดล้อมของเด็ก

แบบจำลองนี้ให้ประโยชน์ในการระบุความสัมพันธ์ของความสามารถทางสมองกับลำดับที่เกิดและสภาพการเลี้ยงดูในบ้าน และใช้ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนตามลำดับที่เกิดของนักเรียน

5. แบบจำลองเชิงสาเหตุ (Causal Models) ความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของสถานการณ์/ปัญหาใด ๆ แบบจำลองลักษณะนี้ใช้กันมากทางด้านศึกษาศาสตร์ แบบจำลองประเภทนี้ได้มีการพัฒนาเทคนิคทางสถิติ ตลอดจนโปรแกรมคอมพิวเตอร์รองรับการตรวจสอบซึ่งเริ่มได้รับความสนใจในช่วงหลัง ค.ศ. 1970 และเพิ่มความสำคัญแก่วงการวิจัยมากขึ้น เช่น Path Analysis, LISREL ตัวอย่างเช่น แบบจำลองสภาพแวดล้อมทางบ้านแสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผล ระหว่างสติปัญญาของเด็ก สถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมของพ่อแม่ และสภาพแวดล้อมทางการศึกษาในครอบครัว สามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



แผนผังที่ 8 แสดงความสัมพันธ์เชิงเหตุ-ผลระหว่างสติปัญญาของเด็ก สถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมของพ่อแม่ และสภาพแวดล้อมทางการศึกษาในครอบครัว

Krajcik (1999: 119) แบ่งจำลองออกแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. Physical models แบบจำลองที่นำเสนอทางกายภาพจากวัสดุต่างๆ

2. Conceptual models แบบจำลองแนวคิดหรือมโนทัศน์

3. Mathematical models แบบจำลองเชิงนามธรรม ซึ่งใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (mathematical language)

Frigg และ Hartmann (2006: online) ได้จำแนกประเภทแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ตามรูปแบบการนำเสนอ ได้แก่

1. แบบจำลองนำเสนอปรากฏการณ์ (models of phenomena)

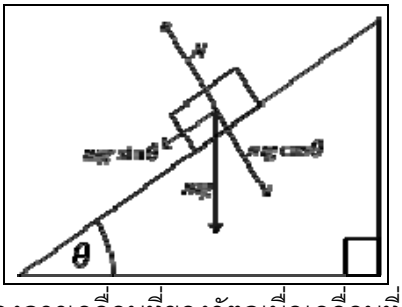
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากนำเสนอปรากฏการณ์ ซึ่งแสดงประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ (scientific point) ให้เห็นภาพที่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น แบบจำลอง billiard ball ของแก๊ส แบบจำลองอะตอมของ Bohr แบบจำลอง DNA (the double helix model of DNA) แบบจำลองสะพาน (the scale model of a bridge), แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ (the Mundell-Fleming model of an open economy) หรือแบบจำลองบรรยากาศของ Lorenz (Lorenz model of the atmosphere) โดยแบบจำลองประเภทนี้แบ่งได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบบจำลองมาตราส่วน (scale models) เป็นแบบจำลองพื้นฐานซึ่งคัดลอกจากเป้าหมาย (target system) อาจมีขนาดเล็ก หรือใหญ่กว่าก็ได้ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองรถทำจากไม้ หรือแบบจำลองสะพาน ดังภาพ แบบจำลองประเภทนี้เป็นรูปจำลองที่เหมือนจริง หรือสะท้อนภาพของเป้าหมาย เรียกอีกอย่างว่า แบบจำลองเหมือนจริง (true models) ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 แสดงแบบจำลองรถทำจากไม้ และแบบจำลองสะพาน

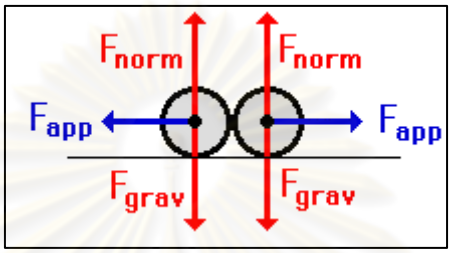
(แหล่งที่มา http://www.harborfreight.com/cpi/ctaf/Displayitem.taf?itemnumber=90142 และ http://www.searchamateur.com/product/The-Young-Engineers-Bridge-Kit.htm ตามลำดับ)

2) แบบจำลองแนวคิด (idealized models) เป็นแบบจำลองที่นำเสนอสิ่งที่ซับซ้อนให้ดูง่ายขึ้น เช่น สูตรของการทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเคลื่อนที่ลง (frictionless plane) ระบบโดดเดี่ยว (isolated systems) สมดุลทางการตลาด (market equilibrium) ดังภาพ รวมทั้งจุดมวล (point masses) ความเร็วแสง (infinite velocities) เป็นต้น ดังภาพที่ 7-8



ภาพที่ 7 แสดงแบบจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อเคลื่อนที่ลง (frictionless plane)

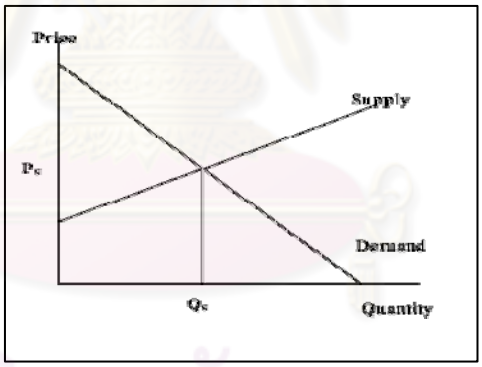
(แหล่งที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Frictionless_plane)



ภาพที่ 8 แสดงแบบจำลองระบบโดดเดี่ยว (isolate system)

การชนกันของวัตถุโดยไม่มีอิทธิพลของแรงภายนอกมากระทำ

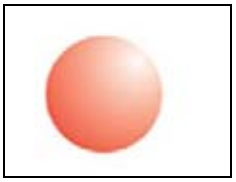
(แหล่งที่มา http://www.glenbrook.k12.il.us/GBSSCI/PHYS/Class/momentum/u4l2c.html)



กราฟที่ 1 แสดงสมดุลทางการตลาด (Market Equilibrium)

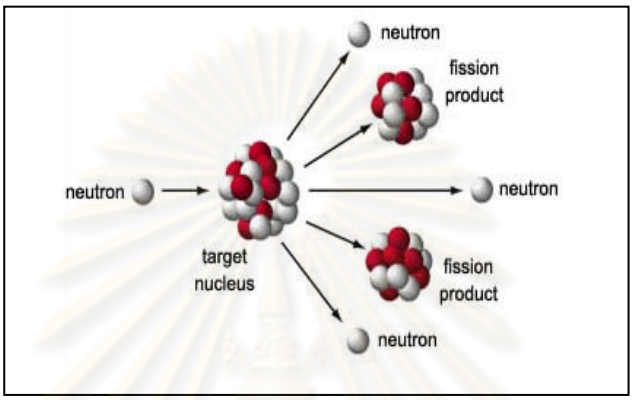
(แหล่งที่มา http://www.stanford.edu/group/FRI/indonesia/courses/manuals/multimarket/Output/chapt1.html)

3) แบบจำลองเปรียบเทียบ (analogical models) เป็นแบบจำลองเปรียบเทียบปรากฏการณ์การเปรียบเทียบอยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่เหมือนหรือคล้ายกันของความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ระบบ จากข้อเท็จจริงคุณสมบัติของวัตถุหรือระบบนั้น เช่น การเปรียบเทียบโลกและดวงจันทร์โดยพิจารณาจากขนาด ความแข็ง รูปร่างทรงกลม การได้รับความร้อนกับแสงสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ แรงโน้มถ่วง ตัวอย่างแบบจำลอง เช่น แบบจำลองอะตอมของแก๊สแบบลูกบิลเลียต (the billiard ball model of a gas), แบบจำลอง liquid drop ของ nucleus ดังภาพที่ 9-10



ภาพที่ 9 แสดงแบบจำลองอะตอมของแก๊สแบบลูกบิลเลียต ของ John Dalton

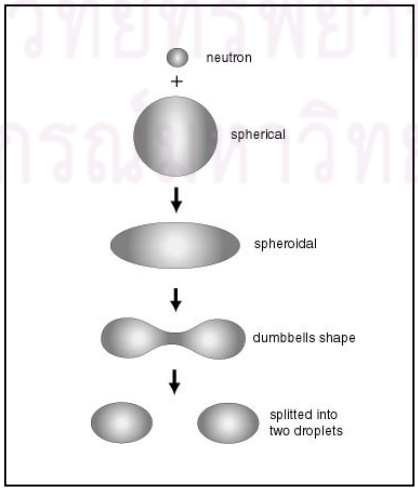
(แหล่งที่มา http://kimia.upi.edu/utama/bahanajar/kuliah_web/2007/Vika%20Susanti/dalton.html)



ภาพที่ 10 แสดงแบบจำลอง liquid drop ของนิวเคลียส

(แหล่งที่มา http://www.splung.com/content/sid/5/page/fission)

4) แบบจำลองปรากฏการณ์ (phenomenological models) เป็นแบบจำลองที่บ่งชี้ความแตกต่าง ความสัมพันธ์ ทิศทาง ทั้งสิ่งที่สังเกตได้และกลไกภายใน แบบจำลองนี้ได้มาจากทฤษฎีหลักการ และกฎที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี เช่น แบบจำลอง liquid drop ของนิวเคลียสในอะตอม (liquid drop model of the atomic nucleus) นำเสนอภาพของนิวเคลียสในปรากฏการณ์ liquid drop และรายละเอียดต่างๆ เช่น แรงตึงผิว (surface tension) และประจุ เป็นต้น รวมไปถึงทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ hydrodynamics และ electrodynamics ดังรูปที่ 11



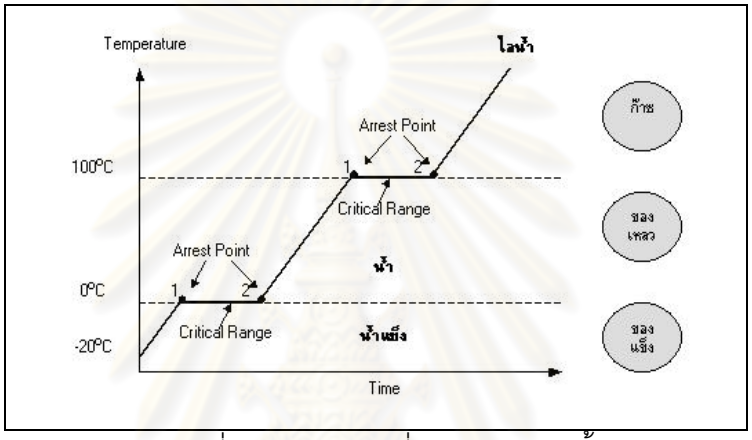
ภาพที่ 11 แสดงแบบจำลอง liquid drop ของนิวเคลียสในอะตอมของ uranium-235

(แหล่งที่มา http://www.kutl.kyushu-u.ac.jp/seminar/MicroWorld3_E/3Part3_E/3P33_E/nuclear_fission_E.htm)

อย่างไรก็ตามการจำแนกประเภทแบบจำลองตามรูปแบบการนำเสนอยังไม่ชัดเจนนัก เช่น แบบจำลองแนวคิด ยังมีบางส่วนที่ซ้อนกับแบบจำลองเปรียบเทียบ

2. แบบจำลองนำเสนอข้อมูล (models of data)

เป็นแบบจำลองแสดงข้อมูลดิบที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่ถูกต้องและได้รับการแก้ไข โดยลากเส้น smooth curve กะประมาณความคลาดเคลื่อน ผ่านจุดที่บันทึก (set of points) ปรับลดขนาดของข้อมูลเพื่อให้ได้สัดส่วนที่เหมาะสม (data reduction) และ curve fitting แบบจำลองข้อมูลมีบทบาทในการยืนยันทฤษฎี เนื่องจากข้อมูลที่ได้มาจะสามารถทำนายเปรียบเทียบกับทฤษฎีได้ ดังกราฟที่ 2



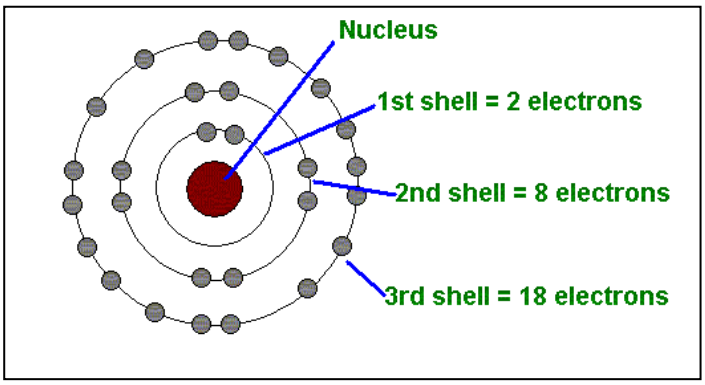
กราฟที่ 2 แสดงการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

(แหล่งที่มา http://www.nrru.ac.th/preelearning/jirawath/info9.htm)

นอกจากนี้ Frigg และ Hartmann (2006: online) ยังได้จำแนกประเภทของแบบจำลองตามรูปแบบที่นำเสนอออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

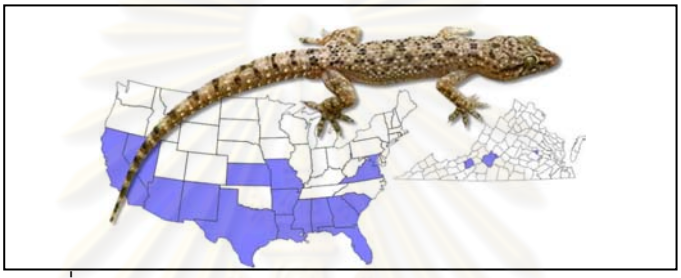
1. แบบจำลองวัตถุ (Physical objects) เป็นแบบจำลองหรือสื่อที่เป็นวัสดุ หรือเรียกอีกอย่างว่า ‘material models’ ตัวอย่างเช่น แบบจำลองสะพานไม้ แบบจำลองเรือ แบบจำลองวงจรไฟฟ้าของระบบประสาท แบบจำลอง DNA ของ Watson และ Crick และใน life sciences มีแบบจำลองอวัยวะต่าง ๆ เพื่อศึกษา

2. แบบจำลองประดิษฐ์ (Fictional objects) เป็นแบบจำลองที่ไม่เป็นแบบจำลองจากวัสดุ เป็นแบบจำลองภายในใจของนักวิทยาศาสตร์ (scientist’s mind) มากกว่าการศึกษาจากห้องปฏิบัติการ และเห็นรูปร่าง และการทำการทดลองขึ้นอยู่กับหน้าที่การทำงานที่แสดงให้เห็นการนำเสนอหน้าที่ เป็นลักษณะของแบบจำลองกลไก (mechanical models) เช่น แบบจำลองอะตอมของ Bohr (Bohr model of the atom) frictionless pendulum, ความหลากหลายทางพันธุกรรม (isolated populations) ดังภาพที่ 12-13



ภาพที่ 12 แสดงแบบจำลองอะตอมของ Bohr

(แหล่งที่มา http://www.green-planet-solar-energy.com/atom-2.html)



ภาพที่ 13 แสดงการกระจายตัวของ Mediterranean Gecko (*Hemidactylus turcicus*) ในรัฐ Virginia

(แหล่งที่มา http://fwie.fw.vt.edu/VHS/reptiles/lizards/mediterranean-gecko/mediterranean_gecko.htm)

3. แบบจำลองโครงสร้างทฤษฎี (Set-theoretic structures) เป็นแบบจำลองแสดงภาพความสัมพันธ์ (semantic view) ของทฤษฎี เช่น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical models) ดังภาพที่ 14

$$\max U(x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

subject to:

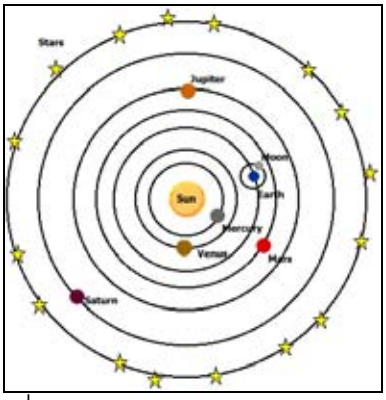
$$\sum_{i=1}^{n} p_i x_i \leq M.$$

$$x_i \geq 0 \quad \forall i \in \{1, 2, \ldots, n\}$$

ภาพที่ 14 แสดงแบบจำลองพฤติกรรมผู้บริโภค (Model of consumer behavior)

(แหล่งที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_model)

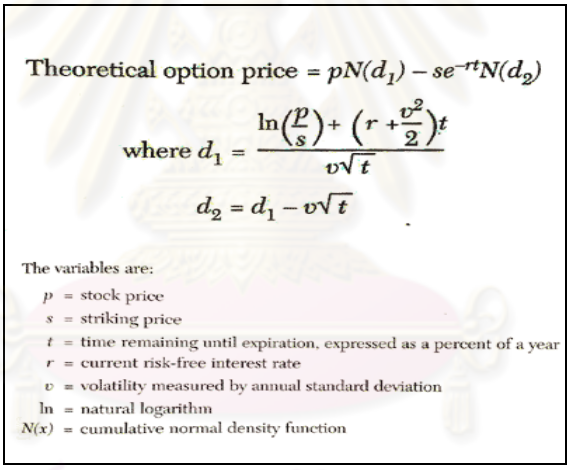
4. แบบจำลองพรรณนา (Descriptions) เป็นแบบจำลองที่แสดงในรูปของการพรรณนารูปร่างลักษณะที่แสดงในหนังสือหรือตำรา เพื่อนำเสนอรายละเอียดความสัมพันธ์กันในระบบ ดังนั้นภาษาที่ใช้จึงมีผลต่อการอธิบายแบบจำลอง เช่น แบบจำลองระบบสุริยะ อธิบายได้ว่าประกอบด้วยการโคจรเป็นรูปวงรีของดาวเคราะห์รอบวัตถุมวลขนาดใหญ่ (big mass) ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แสดงแบบจำลองระบบสุริยะ

(แหล่งที่มา http://www.thebahamasweekly.com/publish/the-cosmos-doctor-david-sands/Strange_New_Worlds_Part_3_printer.shtml)

5. แบบจำลองสมการ (Equations) เป็นแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเราเรียกเคยชินว่า เป็นสมการในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สมการทางเศรษฐศาสตร์ เช่น สมการการตลาด Black-Scholes model หรือสมการระบบเศรษฐศาสตร์แบบเปิด Mundell-Fleming model ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงสมการ The Black-Scholes ของ stock market

(แหล่งที่มา http://www.theoptionsguide.com/black-scholes.aspx)

โดยสรุป แบบจำลองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามรูปแบบการนำเสนอ ได้แก่

1. Physical models เป็นแบบจำลองที่นำเสนอแบบ 3 มิติ เพื่อแสดงแนวคิดภายในให้ออกมาเป็นรูปธรรม โดยใช้วัสดุต่างๆ เช่น หุ่นจำลอง

2. Conceptual models เป็นแบบจำลองที่นำเสนอแนวคิด ซึ่งสามารถแสดงปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ของระบบได้หลายรูปแบบ เช่น รูปภาพ แผนภาพ แผนผัง กราฟ การพรรณนา เป็นต้น

3. Mathematic models เป็นแบบจำลองที่ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ หลักตรรกะ ซึ่งแสดงโดยใช้สมการ

3.3 ประเภทของหุ่นจำลอง

จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่าแบบจำลองนั้นเป็นคำที่แสดงถึงลักษณะของแบบจำลองได้หลายรูปแบบ โดยแบบจำลองจะมีลักษณะแตกต่างกันทั้งในแต่ละสาขาวิชา รูปแบบการนำเสนอ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองแบบ 3 มิติ จัดเป็นแบบจำลองประเภท physical model โดยหุ่นจำลองจะสร้างจากวัสดุต่าง ๆ ซึ่งสามารถเรียกว่าแบบจำลองหรือหุ่นจำลองได้ เนื่องจากการทำหุ่นจำลองช่วยให้นักเรียนได้นำจินตนาการมาสร้างสรรค์เป็นรูปร่าง จึงช่วยให้เกิดความเข้าใจปรากฏอย่างชัดเจนในสภาพแวดล้อม และยังสามารถจับต้องสัมผัสได้ (นวลน้อย บุญวงษ์, 2542: 207) เพื่อนำไปสู่การพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ดังนั้นจึงได้ศึกษาประเภทของหุ่นจำลองดังนี้

สมพงษ์ ศิริเจริญ และคณะ, 2505 (อ้างถึงใน นิภา สุโขธนัง. 2516: 81-85) ได้แบ่งประเภทของหุ่นจำลองออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. หุ่นจำลองทรงภายนอก (Solid Model) แสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้ความเข้าใจโดยทั่วไป รายละเอียดต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หุ่นแบบนี้ย้ำหนักในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี หรือพื้นผิวลวดลาย มาตราส่วนอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้ ดังภาพที่ 17

ภาพที่ 17 แสดงหุ่นจำลองแบบทรงภายนอกของผีเสื้อ

(แหล่งที่มา http://www.solidsmack.com/chik-fil-a-3d-insect-engineer-butterfly/2008-12-02/)

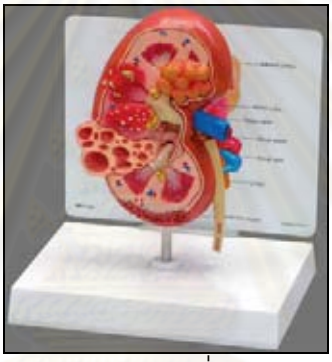
2. หุ่นจำลองเท่าของจริง (Exact Model) แสดงขนาด รูปร่าง รายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ พวกนี้ใช้แทนของจริงที่หากได้ยากหรือราคาแพง หรือเสียง่าย แตกง่าย แต่ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนเข้าใจรายละเอียดทุกอย่าง ให้เข้าใจว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น หุ่นจำลองของสมองมนุษย์ หุ่นจำลองชนิดเนื้อหมูต่างๆ

3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged or Reduced Model) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หุ่นจำลองแบบมาตราส่วน แสดงโดยย่อหรือขยายให้เล็กหรือใหญ่ เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดและความสัมพันธ์ของของจริงได้ง่าย เช่น หุ่นจำลองของโครงบ้าน หุ่นจำลองของหู หรือหุ่นจำลองของไต ดังภาพที่ 18

ภาพที่ 18 แสดงหุ่นจำลองบ้านเรือน

(แหล่งที่มา http://www.bawins.com/page1.asp)

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut- Away Model) แสดงให้เห็นภายในโดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็น ส่วนมากมักแสดงลักษณะภายในให้เห็นว่าส่วนต่าง ๆประกอบกันอย่างไร จึงเกิดเป็นสิ่งนั้น ๆขึ้น เช่น หุ่นตัดให้เห็นส่วนต่างๆ ภายในฟัน ดังภาพที่ 19



รูปที่ 19 แสดงหุ่นจำลองแบบผ่าซีกเพื่อแสดงลักษณะภายในของไต

(แหล่งที่มา http://www.kappamedical.com/images/GPI/326Kidney.jpg)

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Building – Up Model) แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้น แต่ภายในสิ่งนั้นประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วน ๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้ช่วยให้เข้าใจหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ เช่น หุ่นแสดงปริมาตร หุ่นแสดงอวัยวะภายในของร่างกายมนุษย์ หุ่นจำลองของหัวใจ ปอด ไต เป็นต้น ดังภาพที่ 20

รูปที่ 20 แสดงหุ่นจำลองของสมอง สามารถสร้างเท่าของจริง หรือให้ขยายใหญ่กว่าของจริงก็ได้

(แหล่งที่มา http://www.kappamedical.com/internal_organs.htm)

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวทำงานของวัตถุหรือเครื่องจักร หรือเครื่องใช้ ส่วนสำคัญภายนอกยังคงไว้ พวกนี้เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่ของสิ่งนั้น เช่นภาพตามข้างล่าง ดังภาพที่ 21

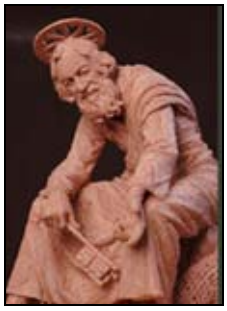
รูปที่ 21 แสดงหุ่นจำลองสาธิตการลากรถโดยใช้พื้นเอียง (inclined plane)

(แหล่งที่มา http://www.crusadereducation.com/models.php)

7. หุ่นจำลองล้อแบบ (Mock-ups) แสดงให้เห็นส่วนที่สำคัญ โดยจะตัดส่วนไม่สำคัญออกหรือเป็นแบบจำลองที่ปฏิบัติงานได้ มักมีขนาดเท่ากับของจริงที่ออกแบบไว้ให้เหมาะสมแก่การฝึกหัดหรือการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น ระบบการทำงานของไฟฟ้าในเครื่องบิน ห้องฝึกหัดขับรถยนต์ ระบบการจราจร การต่อแผงทางไฟและฟิวส์ ของล้อแบบมักนิยมใช้ในโรงเรียนอนุบาล และในวงการฝึกหัดในทางอุตสาหกรรมและในวงการค้า ช่วยทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าเสมือนกับได้อยู่ในประสบการณ์ที่เป็นจริง เป็นเครื่องช่วยรวมความตั้งใจ ความสนใจของผู้เรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจบทเรียนได้โดยชัดเจนมากที่สุด

สาคร คันธโชติ (2546: 26-27) จำแนกหุ่นจำลองออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

1. หุ่นจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ (Clay studies) หุ่นจำลองชนิดนี้ที่ทำขึ้นโดยนักออกแบบ โดยขนาดสัดส่วนไม่จำกัดว่าจะใหญ่กว่า เล็กกว่าหรือทำเท่ากับขนาดของจริงก็ได้ ใช้ทดสอบหารายละเอียดของรูปแบบ เช่น หารายละเอียดเกี่ยวกับส่วนโค้ง ส่วนเว้า ขนาด เป็นต้น ซึ่งทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการร่างแบบ วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองอาจจะใช้ดินเหนียว ดินน้ำมัน ไม้ ปูนปลาสเตอร์ พลาสติกหรือวัสดุอื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมและสามารถทำงานได้สะดวกในการทำหุ่นจำลอง ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ขนาดมาตราส่วนก็ได้ ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 แสดงหุ่นจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ

(แหล่งที่มา http://studio23sculpture.com/Page_4_Portfolio.html)

2. หุ่นจำลองสำหรับทดสอบรูปร่างภายนอกของแบบ (Scale models) หุ่นจำลองชนิดนี้ปกติจะทำขึ้นมีขนาดเล็กกว่าของจริง แต่ถ้าหากว่ารูปแบบมีขนาดเล็กอาจจะทำเท่าขนาดของจริงหรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ ในการทำหุ่นจำลองชนิดนี้ต้องทำให้มีขนาดสัดส่วนที่แน่นอน นักออกแบบจะทำหุ่นจำลองเองในระหว่างทำการร่างแบบเพื่อหารูปร่างภายนอกก็ได้ วัสดุที่ใช้ทำแบบจำลองอาจจะใช้วัสดุเหมือนกับการทำหุ่นจำลองสำหรับหารายละเอียดของรูปแบบ ดังภาพที่ 23

รูปที่ 23 แสดงหุ่นจำลองสำหรับทดสอบรูปร่างภายนอกของอาคาร

(แหล่งที่มา http://www.howardmodels.com/architectural-models-07/AquaVista/index.html)

3. หุ่นจำลองขนาดเท่าของจริง (Mock up) หุ่นจำลองชนิดนี้ทำขึ้นมีขนาดเท่าของจริง เพื่อหาขนาดสัดส่วนและรูปร่างขั้นสุดท้าย หรือใช้แสดงประกอบกับแบบสุดท้าย โดยพยายามเลียนแบบรูปร่างและสีสันให้คล้ายของจริงที่จะทำการสร้างหรือผลิตมากที่สุด วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองนั้น จะใช้วัสดุอะไรก็ได้เห็นว่าเหมาะสมในการสร้างได้ง่ายและสะดวก ดังภาพที่ 24

ภาพที่ 24 แสดงหุ่นจำลองกล่องถ่ายรูปขนาดเท่าของจริง

(แหล่งที่มา http://www.rytterfalk.com/category/how-to/)

4. หุ่นจำลองสำหรับการทดสอบ (Prototype) หุ่นจำลองชนิดนี้ผู้สร้างต้องมีความชำนาญสูง การใช้วัสดุและขนาดสัดส่วนเหมือนของจริงทุกประการ สามารถใช้งานได้จริงตามแบบที่ได้ทำการออกแบบและเขียนแบบทุกประการ หุ่นจำลองชนิดนี้ทำขึ้นเพื่อหาจุดบกพร่องของแบบ และทำการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการสร้างหรือผลิตจริง ดังภาพที่ 25

ภาพที่ 25 แสดงหุ่นจำลองสำหรับการทดสอบแรงชนกระแทกของรถยนต์

(แหล่งที่มา http://blog.wired.com/cars/2007/02/)

สาคร คันธโชติ, 2546: 32-34 ได้แบ่งประเภทของหุ่นจำลองออกเป็น 7 ประเภทตามลักษณะที่ใช้นำเสนอและแสดง ดังนี้

1. หุ่นจำลองแสดงรูปทรงภายนอก เป็นแบบที่แสดงรูปทรงภายนอกเท่านั้น เช่น หุ่นจำลองแมลง หุ่นจำลองคน หุ่นจำลองผลไม้ หุ่นจำลองรถยนต์ หุ่นจำลองเครื่องเรือน หุ่นจำลองเครื่องปั้นดินเผา หุ่นจำลองประติมากรรม หุ่นจำลองอาคารสำนักงาน เป็นต้น ดังภาพที่ 26

ภาพที่ 26 แสดงหุ่นจำลองแสดงรูปทรงภายนอกของแมลงปอ

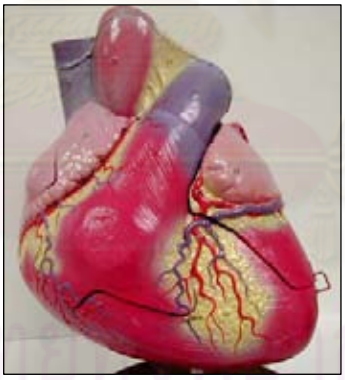
(แหล่งที่มา http://storeforknowledge.com/Hidden-Kingdom-Dragonfly-Insect-Toy-Model-P4112C209.aspx)

2. หุ่นจำลองเท่าของจริง เป็นหุ่นจำลองที่มีขนาดและรายละเอียดเท่าของจริงทุกประการ เช่นหุ่นจำลองผลไม้ หุ่นจำลองเก้าอี้ หุ่นจำลองการสตัฟฟ์นก หุ่นจำลองโทรศัพท์มือถือ หุ่นจำลองหุ่นมนุษย์ หุ่นจำลองรถยนต์ เป็นต้น ดังภาพที่ 27

ภาพที่ 27 แสดงหุ่นจำลองมนุษย์เท่าของจริงใช้ศึกษาส่วนประกอบอวัยวะภายใน

(แหล่งที่มา http://www.voxel-man.de/3d-navigator/inner_organs/)

3. หุ่นจำลองแบบย่อหรือขยาย เป็นหุ่นจำลองที่ย่อหรือขยายแบบจากสัดส่วนเท่าของจริงทุกประการ เช่น การย่อหรือขยายสัดส่วนของมนุษย์ การย่อหรือขยายรูปหัวใจ การย่อหรือขยายงานเครื่องเรือน เป็นต้น ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 แสดงหุ่นจำลองแบบขยายสัดส่วนของหัวใจ

(แหล่งที่มา http://faculty.washington.edu/kepeter/119/images/heart_model.htm)

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก เป็นหุ่นจำลองที่แสดงให้เห็นภาพหรือรูปร่างภายใน โดยการตัดพื้นผิวบางส่วนออก เช่น ผ่าฝาผนังให้เห็นฉนวนกันความร้อนหรือท่อน้ำเครื่องยนต์ผ่าซีกให้เห็นชิ้นส่วนภายใน ต้นไม้ผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะของเนื้อไม้ ฟันผ่าซีกเพื่อศึกษาลักษณะภายในอุปกรณ์แยกชิ้นส่วนเพื่อให้เห็นรายละเอียด ดังภาพที่ 29

ภาพที่ 29 แสดงหุ่นจำลองแบบผ่าซีกของหัวใจแสดงให้เห็นโครงสร้างภายใน

(แหล่งที่มา http://www.gwc.maricopa.edu/class/bio202/cyberheart/hartint_.htm)

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน เป็นหุ่นจำลองที่แสดงให้เห็นชิ้นส่วนบางส่วนหรือชิ้นส่วนของแบบทั้งหมดโดยแยกถอดประกอบได้ เช่น หุ่นจำลองส่วนประกอบของร่างกายมนุษย์ หุ่นจำลองเครื่องยนต์ ชิ้นส่วนประกอบของเรือน เป็นต้น ดังภาพที่ 30

ภาพที่ 30 แสดงหุ่นจำลองแบบแยกส่วนประกอบของหัวใจ

(แหล่งที่มา http://www.uoftbookstore.com/online/merchant.ihtml?id=45208&step=2)

6.หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ เป็นหุ่นจำลองที่แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวในการทำงานของแบบนั้น ๆ ได้ เช่น หุ่นจำลองเครื่องปั่นฝ้าย หุ่นจำลองเครื่องจักรไอน้ำ หุ่นจำลองการทำงานของกลไก หุ่นจำลองจักรเย็บผ้า เป็นต้น ดังภาพที่ 31

ภาพที่ 31 แสดงหุ่นจำลองของกลไกที่เคลื่อนไหวทำงานได้

(แหล่งที่มา http://homeappliance.manualsonline.com/ex/thread/view/idThread/1136862)

7. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง เป็นหุ่นจำลองที่สร้างเลียนแบบของจริง ซึ่งเป็นการสร้างหุ่นจำลองและแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือนของจริง เช่น หุ่นจำลองรถยนต์ที่ใช้ขับอยู่กับที่ หุ่นจำลองเรือ หุ่นจำลองเครื่องบิน หุ่นจำลองรถจักรยาน เป็นต้น ดังภาพภาพที่ 32-35

รูปที่ 32 แสดงหุ่นจำลองเลียนแบบของจริงของเรือ Enterprise

(แหล่งที่มา http://www.supplierlist.com/product_view/shipmodel/4480/100207/San_Juan_Nepomuceno_Ship_Model.htm)

ภาพที่ 33 แสดงชุดฝึกหัดขับรถยนต์เสมือน (Drive Stimulator) ช่วยสอนขับรถ โดยผู้ฝึกจะรู้สึกเสมือนว่ากำลังขับรถอยู่บนถนนจริงๆ

(แหล่งที่มา http://www.busnews.com.au/index.cfm?storyid=33120&cp=displaystory)

โดยสรุป หุ่นจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ตามลักษณะการนำเสนอ ได้แก่

1. หุ่นจำลองแสดงรูปทรงภายนอก แสดงรูปร่างหรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้นมาตราส่วนอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้

2. หุ่นจำลองเท่าของจริง แสดงขนาด รูปร่าง รายละเอียดทุกอย่างเท่าของจริงทุกประการ

3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อหรือหุ่นจำลองแบบมาตราส่วน แสดงโดยย่อหรือขยายแบบจากสัดส่วนเท่าของจริงทุกประการ

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก แสดงให้เห็นโครงสร้างภายในโดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็น

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน แสดงให้เห็นชิ้นส่วนบางส่วนหรือชิ้นส่วนของแบบทั้งหมด โดยแยกถอดประกอบได้

6.หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวในการทำงานของแบบนั้น ๆ ได้

7. หุ่นจำลองล้อแบบหรือเลียนแบบของจริง แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือนของจริง

การใช้หุ่นจำลองในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

แบบจำลองได้ถูกนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนของครู ซึ่งหุ่นจำลองที่นำมาใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์มีหลากหลากชนิด เช่น

1. หุ่นจำลองแบบทรงภายนอก ใช้แสดงแมลงต่างๆ สัตว์ขนาดเล็ก แสดงสมอง ลูกตา หู หัวใจ

2. หุ่นจำลองเท่าของจริง ใช้แสดงทางกายวิภาควิทยา เช่น แสดงลูกตา หัวใจ เป็นต้น

3. หุ่นจำลองแบบย่อหรือขยาย ใช้สอนเรื่องสัตว์เล็กๆ เช่น พารามีเซียม ไฮดรา ใช้สอนการแบ่งเซลล์ แบ่งปรมาณู การจัดรูปปรมาณูเป็นต้น

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก ทางกายวิภาควิทยา ใช้แสดงกระดูก ตา ฟัน ผิวหนัง กล้ามเนื้อ ทางชีววิทยาแสดงลำต้น รากไม้ ใบไม้ เมล็ดพืช ดอกไม้ ทางอื่น ๆเช่น ไฟฟ้า แสดงเซลล์แห้ง แสดงเครื่องยนต์ ฯลฯ

5. หุ่นจำลองแบบแยกถอดส่วนได้ ใช้แสดงส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ ตา หัวใจ ฯลฯ

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ ใช้แสดงเครื่องมือต่าง ๆ ทางความร้อน แสง เสียง ฟิสิกส์ โทรศัพท์ เครื่องยนต์ หูของมนุษย์ ฯลฯ

7. หุ่นจำลองแบบเลียนของจริง ใช้แสดงได้หลายอย่าง เช่น ระบบการย่อยอาหาร เครื่องกังหันไอพ่น การแตกตัวของอะตอม ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เป็นต้น

3.4 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง (Model Making) สามารถใช้เขียนเป็นภาษาอังกฤษโดยใช้คำว่า Model Building และ Modelling

การสร้างหุ่นจำลอง

การสร้างแบบจำลองแบบ 3 มิติ หรือหุ่นจำลองสามารถทำได้หลายวิธีตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด และตามความเหมาะสม ซึ่งหลักการในการสร้างหุ่นจำลองทุกแบบ และเทคนิคในการสร้างหุ่นจำลอง ดังนี้ (นิภา สุโขธนัง, 2516: 90-94)

1. รวบรวมวัสดุที่จะเป็นสิ่งอ้างอิง เช่น รูปภาพจากนิตยสาร แผนภูมิ และตำราหนังสือคู่มือต่าง ๆ

2. ตัดสินใจใช้มาตราส่วนที่ถูกต้องที่สุด ทุกสัดส่วนของหุ่นจำลองต้องเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กับของจริง เช่น ถ้าจะขยายเป็น 4 เท่าของของจริง ก็ต้องขยายส่วนต่าง ๆ เป็น 4 เท่าหมดทุกส่วน

3. ต้องยึดหลักตามความถูกต้องบางประการเหล่านี้

ก. ถ้าสัดส่วนของของจริงสองอย่างไม่เหมือนกันทุกอย่าง ในการทำเราพยายามทำให้ถูกต้องพอที่เด็กดูได้แล้วจะเข้าใจทันทีว่า มันคืออะไร

ข. ถ้าใช้ภาพถ่ายเป็นแบบ ต้องระลึกถึงว่า รูปภาพนั้นจะมีด้านหนึ่งที่อยู่ลับสายตา ผิดไปจากของจริงเราต้องแก้ไข

ค. ถ้าของนั้นเล็กหรือใหญ่เกินไป เราไม่สามารถจะวัดสัดส่วนของส่วนต่าง ๆ ให้ละเอียดได้ เราอาจใช้ภาพถ่ายแทนได้เช่น แมลง หรือภูเขาไฟ เป็นต้น เราจำเป็นต้องใช้ภาพถ่ายหรือภาพเขียนเป็นแบบ

ง. เขียนภาพให้ได้จริง ๆ ในการเขียนรูปเราต้องมองดูวัตถุนั้นในรูปเรขาคณิต รายละเอียดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หลักของ Perspective ต้องนำมาใช้ด้วย

จ. เลือกวัสดุที่ใช้ทำให้เหมาะสม

เทคนิคในการสร้างหุ่นจำลอง

การสร้างหุ่นจำลอง สามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ได้หลากหลายประเภท ตามความเหมาะสม เช่น ลักษณะการใช้งาน งบประมาณ ความชำนาญของผู้สร้าง เป็นต้น โดยเทคนิคที่ใช้ในวัสดุแต่ละประเภท ได้แก่

1) **กระดาษ** อาจใช้พับเป็นรูปเรขาคณิตต่างๆ ได้ เช่น พับเป็นมุมต่างๆ หรือเป็นรูปทรงต่างๆ เป็นต้น

กระดาษแข็ง อาจใช้เป็นส่วนหนึ่งของหุ่นที่ทำด้วยดินเหนียวได้ การพับกระดาษแจ็งให้ดีนั้นทำได้โดยใช้มีดกรีมเป็นร่องเสียก่อน ถ้าต้องการให้เคลื่อนไหวได้ ก็อาจจะเจาะและติดตาไก่ไว้เพื่อให้หมุนได้

2) **ไม้** อาจใช้ประโยชน์ในการทำหุ่นหลายๆ แบบ การเลือกใช้ไม้ทำหุ่นนั้นควรจะใช้ไม้เนื้ออ่อน เครื่องมือที่ใช้ควรจะมีหลายๆ ประเภท เช่น เลื่อยเจาะ เลื่อยตัด เลื่อยผ่า เลื่อยฉลุ เป็นต้น

3) **โลหะ** อาจใช้ทำหุ่นจำลองบางอย่าง เช่น หุ่นจำลองเครื่องจักร เครื่องใช้ ซึ่งจะให้เห็นการเคลื่อนไหวแล้ว และเพื่อความคงทน ควรจะใช้โลหะ โลหะที่ใช้นั้นควรเป็นโลหะอ่อน เช่น ทองแดง ทองเหลือง หรืออะลูมิเนียม แผ่นทองเหลืองอาจจะซื้อได้ตามร้านเครื่องยนต์ทั่วไป เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลองด้วยโลหะนั้น มักจะมีสิ่งต่อไปนี้ คือ คีมหนีบตัดตาปู เจาะตะไบ เครื่องบัดกรี

4) **ดินเหนียว** อาจใช้ทำหุ่นจำลองได้หลายอย่าง เช่น รูปทรงเรขาคณิต ที่อยู่อาศัยทางประวัติศาสตร์ อนุสาวรีย์ สัตว์ ดินเหนียวที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ

1. ดินเหนียวที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย สามารถจะขุดมาเก็บแช่น้ำไว้ที่โรงเรียนได้ เมื่อปั้นเป็นรูปแล้วควรจะตากไว้ในร่ม เพื่อไม่ให้แตกระแหง เมื่อแห้งแล้วจึงนำไปเผาไฟ การเผานั้นถ้าใช้ฟางข้าวเป็นดีที่สุด

2. ดินน้ำมัน เป็นดินเหนียวประดิษฐ์ มีขายตามร้านทั่วไปที่ขายเครื่องปั้นและเครื่องเขียน ถ้าจะให้ถาวรคงทนทนก็ทาแซลเล็คเสีย

5) **ปูนปลาสเตอร์** ปูนปลาสเตอร์มีขายทั่วไปตามร้านเครื่องปั้นและเครื่องเขียน หรือหล่อแบบต่าง ๆ ปูนปลาสเตอร์ใช้ทำหุ่นจำลองชนิดผ่าซีกได้ดีที่สุด

การผสมปลาสเตอร์ ทำได้โดยโรยปลาสเตอร์ลงในน้ำที่ใส่ไว้ในภาชนะจนกระทั่งจมและลอยขึ้นมาถึงระดับน้ำพอดี ปล่อยทิ้งไว้สัก 5 นาทีแล้วจึงคนให้ทั่ว

การหล่อทำได้ง่าย เทปูนปลาสเตอร์ลงในแบบ ผนังของแบบต้องฉาบด้วยขี้ผึ้งพาราฟิน (หรือน้ำมันมะพร้าวก็ได้) ปล่อยไว้สักวัน หรือสองวันก็จะแกะออก แล้วลงมือตกแต่ง หรือวาดรูปลงบนปลาสเตอร์ การวาดรูปทำได้โดยใช้การลอกด้วยกระดาษคาร์บอน ตกแต่งส่วนต่าง ๆ จะเห็นส่วนต่าง ๆ แตกต่างกันก็ลงด้วยหมึกสีหรือสีน้ำมัน

6) **เปเปอร์มาเช่** (Paper Mache') เหมาะสำหรับทำหุ่นจำลองแบบทรวดทรงภายนอก เพื่อแสดงให้เห็นถึงพื้นผิวลวดลาย นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ในการสร้างหุ่นกระบอกได้ด้วย การทำเราก็ทำง่าย ๆ ดังนี้

1. ผสมแป้งเปียก การฉาบแป้งเปียกนั้นทำได้ 2 วิธี คือ ถ้าใช้แป้งสำลี ก็ผสมลงกับน้ำเย็นได้เลยทีเดียว ถ้าใช้แป้งมันเช่นแป้งมันสำปะหลัง การผสมก็ต้องผสมด้วยน้ำร้อน การผสมแป้งแบบที่ไม่ให้เป็นก้อนทำได้ดังนี้ ผสมแป้งกับน้ำเย็นก่อน แล้วจึงนำไปเทลงในน้ำร้อนซึ่งเดือด แล้วคนให้ทั่วโดยเร็ว ก็จะได้แป้งเปียกเหลว ๆเป็นยาง

2. ฉีกกระดาษหนังสือพิมพ์เป็นชิ้นเล็กๆ เอาแช่ลงในแป้งเปียก

3. เอากระดาษหนังสือพิมพ์ที่แช่แป้งเปียกแล้วไปพันหุ่นรอบ ๆ หุ่นจำลองซึ่งเตรียมไว้แล้ว หุ่นแบบนี้ทำด้วยดินเหนียวธรรมดา การพันก็พันให้ทั่วหลายๆ ชั้นเพื่อความคงทน ทิ้งไว้ให้แห้งหลายๆ วัน แล้วผ่าออกจากหุ่นแบบ เราก็จะได้หุ่นจำลองที่ทำด้วยเปเปอร์มาเช่

7) **เรซิ่น** (resins) หรือโพลีเอสเตอร์เรซิ่นเป็นพลาสติกชนิดหนึ่ง ปกติจะอยู่ในรูปของเหลวข้นเหนียวเหมือนน้ำมันเครื่อง มีกลิ่นฉุน สามารถหล่อเป็นรูปต่างๆได้ตามแบบพิมพ์ โดยจะผสมกับเคมีบางอย่างเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวและเมื่อแข็งตัวแล้วจะไม่สามารถกลับคืนให้เหลวได้อีก ปัจจุบันเรซิ่นนิยมใช้กันแพร่หลายมากทั้งในงานไฟเบอร์กลาส สินค้ากิ๊ฟชอป ตุ๊กตา เครื่องประดับ กระดุม ฯลฯ วิธีการทำดังนี้

<u>วัสดุอุปกรณ์</u>

ส่วนแม่พิมพ์

1. ยางซิลิโคน มีลักษณะเหลวข้นเหมือนกาว เมื่อเติมตัวทำให้แข็งลงไป จะทำให้แข็งตัวคล้ายยาง แต่มีคุณสมบัติเหนือกว่ายางธรรมชาติคือ รักษารูปทรงได้ดีกว่า ทนความร้อนได้สูงกว่า จึงเหมาะสมที่จะนำมาทำแม่พิมพ์

2. ตัวทำแข็งยางซิลิโคน ลักษณะเหลวใส ใช้ใส่ในซิลิโคนเพื่อให้ซิลิโคนแข็งตัว

ส่วนประกอบของการหล่อเรซิ่น

1. โพลีเอสเตอร์เรซิ่น สำหรับเบอร์ที่นิยมใช้ในงานหล่อต่างๆ จะใช้เบอร์ PC-600-8

2. ตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา ใช้ผสมกับเรซิ่นเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัว มีลักษณะเป็นของเหลวสีม่วง บางทีเรียกว่า ตัวม่วง เมื่อผสมลงในเรซิ่นทำให้เรซิ่นมีสีออกชมพูอ่อนๆ ใส่ลงไปเพียง 0.2-0.5%ก็พอ อาจทำการผสมไว้ก่อนเมื่อจะใช้งานก็เพียงนำมาผสมตัวทำให้แข็งได้เลย

3. ตัวทำให้แข็ง (Hardener) ใช้ผสมเรซิ่น เพื่อให้เรซิ่นแข็งตัว มีลักษณะเหลวใสมีกลิ่นฉุน ใช้ในปริมาณ 1-2 % ของเรซิ่น

ส่วนประกอบเสริมอื่นๆ

- ผงทัลคัม เป็นผงสีขาวเหมือนแป้งเด็ก ใช้ผสมกรณีไม่ต้องการให้เนื้อเรซิ่นใส เมื่อผสมลงไปทำให้เรซิ่นทึบแสง เบาขึ้น แล้วยังเป็นการเพิ่มเนื้อเรซิ่นอีกด้วย ปกติจะใช้ไม่เกินครึ่งหนึ่งของเรซิ่น

- สีผสมเรซิ่น กรณีต้องการเรซิ่นสีต่างๆ มีลักษณะเหลวข้นเหมือนจาระบี หรืออาจใช้สีน้ำมันธรรมดาก็ได้

- ภาชนะผสม ไม้กวน และอาซีโตนหรือ ทินเนอร์ไว้ล้างอุปกรณ์

ลักษณะที่ดีของหุ่นจำลอง

การสร้างหุ่นจำลอง หรือการนำหุ่นจำลองไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์รับรู้ (sensory experience) ที่ดี ลักษณะของหุ่นจำลองที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ (Wittich และ Schuller, 1957: 173-177)

1. หุ่นจำลองเป็นวัสดุสามมิติ ซึ่งมีทั้งความกว้าง ความสูง ความลึกและความหนาใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด

2. หุ่นจำลองอาจมีขนาดเล็กกว่า หรือใหญ่กว่าของจริงก็ได้ เพื่อให้สังเกตเห็นได้ชัดเจน เช่น การใช้แบบจำลองลูกโลก ช่วยทำให้นักเรียนเรียนเกิดความเข้าใจได้โดยง่ายในระยะเวลาอันสั้น โดยปกติแล้วหุ่นจำลองควรมีขนาดใหญ่พอที่จะเห็นกันได้ทั่วถึงทั้งห้อง แต่ก็มีปัญหาบ่อย ๆ เกี่ยวกับการเก็บรักษา ดังนั้นเราจึงมักเห็นแบบจำลองในรูปลักษณะที่เล็กกว่าที่ควรจะเป็น

3. หุ่นจำลองทำให้เห็นลักษณะภายในของวัตถุที่เราไม่สามารถเห็นได้จากของจริง ตัวอย่างเช่น หุ่นจำลองของฟันมนุษย์ภายใน เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องจักรไอน้ำ เครื่องยนต์ ยิ่งเป็นหุ่นจำลองที่เคลื่อนไหวได้และผ่าซีกแสดงให้เห็นภายใน ยิ่งจะทำให้เข้าใจการทำงานของมันมากขึ้น

4. หุ่นจำลองตัดทอนสิ่งที่ไม่จำเป็นออก เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่สับสนยุ่งเหยิง เช่น ส่วนย่อยต่างๆ ของสายอากาศรับคลื่นจากระยะไกล วิทยุ หลอดทดลองต่าง ๆ ส่วนจำเป็นต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ในรถยนต์ แต่ถ้าได้เห็นแบบจำลอง ทำให้หุ่นจำลองสำเร็จรูปมาอธิบายให้เข้าใจได้ง่ายเข้า

5. หุ่นจำลองสามารถใช้สีและพื้นผิวแบบต่าง ๆ เพื่อย้ำให้เห็นส่วนสำคัญ ๆ ได้ ซึ่งสี ช่วยเน้นให้เห็นส่วนที่สำคัญ ๆ ได้เด่นชัด และช่วยเพิ่มความเข้าใจหน้าที่หรือการทำงานของมัน นอกจากนี้สียังช่วยเพิ่มความสะดุดตาและดึงดูดความสนใจได้มากกว่า ทำให้ดูเหมือนจริง

6. หุ่นจำลองที่ดีนั้นต้องสามารถถอดส่วนประกอบออกหรือประกอบกันเข้าไปใหม่ได้ เห็นส่วนประกอบแต่ละชิ้นได้ชัดเจน เข้าใจการทำงานที่สัมพันธ์กันได้ดี

7. หุ่นจำลองควรจะผลิตขึ้นในชั้นเรียนได้ การให้นักเรียนสร้างหุ่นจำลองขึ้นในชั้นเรียนมีประโยชน์ต่อการสอนอย่างมาก ซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องยุ่งยากและมีราคาแพง หลายชนิดอาจจะทำจากกระดาษ กระดาษอัด เศษไม้ ขวด เป็นต้น เช่น ภูเขาไฟระเบิดอาจสร้างด้วยปูนปลาสเตอร์ ใช้แอมโมเนียมได้คลอไรด์ผงเป็นเชื้อเพลิง เมื่อทำให้เกิดการลุกไหม้ จะค่อยๆ พ่นควันและเถ้าถ่านออกมาทีละน้อย ๆ เป็นการทำให้ผู้เรียนได้เห็นกระบวนการที่สมบูรณ์ หรืออาจจะเป็นหุ่นจำลองของจรวดที่เคลื่อนที่ได้ เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน เครื่องวัดความเร็ว และวัดทิศทางของกระแสลม เครื่องกังหันไอน้ำ และหีบแสดงการพาความร้อนของอากาศ เป็นต้น

3.5 แนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง เป็นภาระงานที่ผู้เรียนปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การปฏิบัติภาระงานและการประเมินการทำภาระงานต้องทำไปด้วยกัน ซึ่งแนวทางการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองมีดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 18, 102-103) ได้กล่าวถึงแนวทางการประเมินกระบวนการเรียนรู้แบบมาตรระดับหรือมาตราส่วนประมาณค่าไว้ว่า “เป็นแบบบันทึกผลการประเมินที่มีหัวข้อการประเมินทั้งการปฏิบัติและผลงาน โดยมีพฤติกรรมชี้บ่งให้สังเกตได้ บันทึกระดับคุณภาพตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป ด้วยเกณฑ์บอกถึงปริมาณและคุณภาพอย่างชัดเจน”

และได้แบ่งการประเมินการทำภาระงานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ โดยใช้เกณฑ์การประเมินของภาระงานนั้นๆ ซึ่งสามารถประเมินได้ 2 แบบคือ

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนภาระงานชิ้นเดียวหรือหลายชนิดที่ต้องการสรุปผลการประเมินเฉพาะจุดประสงค์หลักหรือประเด็นสำคัญของงานเท่านั้น ซึ่งการให้คะแนนจะกำหนดรายการประเมินส่วนที่สำคัญ ๆ ของภาระงาน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย การประเมินเพื่อพัฒนาภาระงานที่ผู้เรียนปฏิบัติให้ดำเนินไปจนบรรลุจุดประสงค์ โดยการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของชิ้นงานนั้น กระทำเป็นระยะๆ และนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานส่วนที่ต่อจากช่วงนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อให้ผลงานที่ทำสำเร็จ มีคุณภาพตามเกณฑ์หรือสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

Lantz et al. (2004: 60) ได้สร้างแบบประเมินการสร้างแบบจำลองแบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี (great) ใช้ได้ (O.K.) และควรปรับปรุง (Needs Work) โดยให้นักเรียนและครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1. แบบจำลองแสดงข้อมูลที่ถูกต้องหรือไม่
2. แบบจำลองแสดงออกถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้อย่างชัดเจน
3. แบบจำลองเข้าใจง่าย
4. แบบจำลองมีสัดส่วนเหมาะสม สะอาดและเรียบร้อย

Enger และ Yager (2001: 63, 67) ได้กล่าวถึงการประเมินโดยใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) ว่าสามารถใช้ประเมินการปฏิบัติกิจกรรม เหตุการณ์ การพัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียนได้ โดยการประเมินแบบจำลองสามารถใช้รูบริกส์ได้ แบ่งระดับคะแนนออกเป็น 5 ระดับ รายการประเมินแบบจำลองมีดังนี้

1. การคิดอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และแสดงแนวคิดอย่างสร้างสรรค์
2. การนำเสนอ ได้แก่ การใช้ภาษา ศิลปะ ความเข้าใจมโนทัศน์
3. การแสดงผลงาน ได้แก่ การแสดงออก การใช้เทคโนโลยี ศิลปะ

โดยสรุป ในการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นทั้งภาระงานที่ต้องมีการปฏิบัติและการสร้างผลงานนั้น สามารถใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) ได้ โดยควรเป็นการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย เนื่องจากการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของชิ้นงานนั้นซึ่งมีหลายองค์ประกอบ และสามารถแบ่งระดับคะแนนออกได้ตั้งแต่ 2-5 ระดับ รายการประเมินแบบจำลอง เช่น

1. เนื้อหาสาระ ข้อมูลแสดงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ชัดเจน และเข้าใจ
2. ความชัดเจนในการนำเสนอ
3. รูปแบบการนำเสนอ
4. ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางชีววิทยา

งานวิจัยในประเทศ

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหาและต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 60 คนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) มาตรวัดเมตาคอกนิชันในการอ่าน 2) มาตรวัดเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา และ 3) แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิกชันในการอ่าน และการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนการทดลองและกลุ่มควบคุม และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ชุติมา รอดสุด (2550) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 94 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยจัดการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ 47 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 47 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละสูงกว่ากว่าร้อยละ 70 โดยสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาเฉลี่ยร้อยละสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

งานวิจัยต่างประเทศ

Lawson และ Worsnop (1992: 89) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการเกิดมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 107 คน ในวิชาชีววิทยา เรื่อง วิวัฒนาการและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลกับการเกิดมโนทัศน์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

Calik (2006: 257) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์จากการจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เรื่อง การสลายตัวของแก๊สในของเหลว โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 44 คน จาก 2 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และ 2) แบบสอบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์มีความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง การสลายตัวของแก๊สในของเหลวสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ และด้านความจำระยะยาวระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์กับกลุ่มที่เรียนแบบปกติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

Odum และ Kelly (2001: 615) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการบรรยาย วิธีการสร้างผังมโนทัศน์ วงจรการเรียนรู้ และวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยาจำนวน 4 ห้องเรียน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลองตามวิธีการสอน 4 วิธี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสร้างผังมโนทัศน์และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การแพร่และออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการบรรยาย

Brock (2000) ได้จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนออกแบบ สร้างและนำเสนอการทำงานของหัวใจเทียม เพื่อศึกษาการทำงานของหัวใจ โดยแบบจำลองที่สร้างไม่จำเป็นต้องเหมือนหัวใจจริง แต่นักเรียนต้องแสดงให้เห็นการทำงานของหัวใจห้องบนและห้องล่างโดยอธิบายจากการไหลของของเหลวในทิศทางที่ถูกต้อง ซึ่งผลการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนมีความเข้าใจลักษณะการบีบตัวของของเหลวหัวใจทิศทางเดียวในระบบปิดจากแบบจำลองหัวใจที่สร้างขึ้น

Abell et al. (2002) ได้จัดตัวอย่างกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อการเรียนรู้แนวทางการสอนวิทยาศาสตร์เรื่องดวงจันทร์ให้กับนักศึกษาครูในสาขาประถมศึกษาปีที่ 1-4 โดยกิจกรรมการเรียนการสอน นักศึกษาทำการสังเกตดวงจันทร์ 1 เดือนและบันทึกการสังเกต แนวคิดการสะท้อนการเรียนรู้ลงในคอมพิวเตอร์ และจะจัดวิธีการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ ได้แก่ การแบ่งปันข้อมูลและการสร้างปฏิทินดวงจันทร์ในกลุ่ม การอภิปรายและแก้ปัญหาปริศนาจากดวงจันทร์ (moon puzzlers) การสร้างเรื่องราววิทยาศาสตร์ (science stories) และการสร้างแบบจำลองดวงจันทร์ ซึ่งการสร้างแบบจำลองดวงจันทร์นี้ได้นำเสนอในลักษณะเป็นภาพวาด 2 มิติ และแบบจำลองแบบ 3 มิติ ซึ่งพบว่าแบบจำลองช่วยทำให้นักศึกษาเข้าใจทฤษฎีเกี่ยวกับดวงจันทร์ ได้แก่ ปรากฏการณ์การณ์ข้างขึ้นข้างแรม การขึ้นและตกของดวงจันทร์ได้ชัดเจนชึ้น นอกจากนี้ยังช่วยตอบคำถามที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ โดยสร้างแบบจำลองจากลูกบอลที่มีขนาดแตกต่างกันแทนโลก ดวงอาทิตย์ และดวงจนทร์จากนั้นใช้ไฟฉายส่องวัตถุดูการเคลื่อนที่ของดวงดาวดังกล่าว ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความแม่นยำในมโนทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์การณ์ข้างขึ้นข้างแรม และการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์มากขึ้น

Pringle (2004) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนเรื่องอะตอม หรือโครงสร้างอะตอมของ Bohr โดยการสร้างแบบจำลองใน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย พบว่าการสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนเกี่ยวกับส่วนประกอบของอะตอม แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองแบบสามมิติ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างของอะตอม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นมโนทัศน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ต่อไป

Demetrikopoulos et al. (2006) ได้ศึกษาโครงการที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองสมอง เพื่อศึกษาส่วนต่าง ๆ ของสมอง ขนาดของโครงสร้างสมองส่วนต่าง ๆ ของสมองสัตว์แต่ละชนิด เช่น สมองแมวกับสุนัข ลิงชิมแพนซีกับมนุษย์ สัตว์กินพืชกับสัตว์กินเนื้อ เป็นต้น และให้นักเรียนทำนายและอธิบายความสัมพันธ์ของโครงสร้างสมองกับพฤติกรรมของสัตว์ และความสัมพันธ์ของโครงสร้างกับการทำงานของสมอง ผลการประเมินความ

เข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และประเมินมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนพบว่า โครงการศึกษาสมองโดยใช้แบบจำลองทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในโครงสร้างของสมองของสัตว์ชนิดต่างๆ และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของโครงสร้างสมองกับพฤติกรรม สิ่งแวดล้อมที่อยู่อาศัย การกินอาหารได้

Littlejohn (2007) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใบไม้ แบบจำลองเซลล์พืช และแบบจำลองเซลล์สัตว์ เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืช และการหายใจระดับเซลล์ ภายหลังการสอนพบว่านักเรียนได้คะแนนความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องการสังเคราะห์แสงของพืชกับการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจนเนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนให้เห็นเป็นรูปธรรมได้

Bettac (1997) ได้จัดกิจกรรมโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนเกรด 7 โดยให้ออกแบบรถประจำทางแห่งอนาคตที่มีความปลอดภัย เพื่อส่งเสริมการทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ซึ่งนำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ โดยประเมินการใช้งานวิจัย ประเมินแฟ้มสะสมผลงาน แบบประเมินตนเอง และประเมินผลโดยวิศวกร

Hmelo et al. (1997) ได้จัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบเพื่อศึกษาเรื่อง ระบบหายใจของมนุษย์ โดยให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลอง ภายหลังจากการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวพบว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องปอด รวมทั้งระบบที่ซับซ้อนของปอดสูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยสรุปพบว่า

1. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือชีววิทยาในประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการและเทคนิคต่างๆ กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีปกติ เช่น การเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย การจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ การจัดเรียนการสอนโดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน รวมทั้งเทคนิคการใช้ผังมโนทัศน์ เป็นต้น

2. การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือชีววิทยาในประเทศยังไม่มีการจัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยต่างประเทศที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยในการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านสร้างแบบจำลองจำนวนมาก และนำมาใช้หลายสาขาวิชา

3. การเรียนรู้ด้วยการออกแบบเริ่มมีการนำมาใช้ในต่างประเทศ โดยนำมาใช้พัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

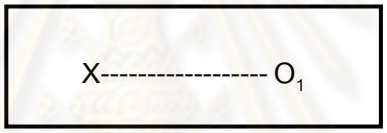
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) มีรูปแบบการวิจัยแบบ One group posttest only design คือ มีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียวที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เพื่อการเรียนรู้มโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลอง (post-test) (Campbell and Stanley, 1963) ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบ One group posttest only design



X	หมายถึง	การสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ
O_1	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

การวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตภาคเหนือสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลำปาง เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

1) การเลือกโรงเรียน

ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปางเป็นสถานศึกษาสำหรับการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนสหศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 อีกทั้งผู้อำนวยการและคณาจารย์ในโรงเรียนให้การสนับสนุน ร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้เกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ลงทะเบียนรายวิชาเลือกเสรี ว4025 ชีววิทยาระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ซึ่งมีความสนใจในรายวิชา จากนั้นคัดเลือกนักเรียนที่มีระดับพื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใกล้เคียงกันโดยพิจารณาจากผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้นักเรียนจำนวน 36 คน จัดการเรียนการสอนจำนวน 1 ห้อง เป็นคาบติดกัน 2 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที

3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

3.1 **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล** มี 2 ประเภท ได้แก่

3.1.1 แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

3.1.2 แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยมีเครื่องมือจำนวน 2 ฉบับ ได้แก่

1) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

2) แบบประเมินแบบจำลอง

3.2 **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** ได้แก่

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่ใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

รายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีดังนี้

1. **แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา** เป็นแบบวัดความรู้ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจจำนวน 1 ฉบับ ซึ่งใช้เก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน (posttest) โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1.1 ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1.2 ศึกษาหลักสูตร และคู่มือการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่ต้องการวัด และศึกษาเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมิลผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาตามวิธีการของ Odum และ Kelly (2001) โดยปรับส่วนที่เป็นเหตุผลในการเลือกคำตอบให้เป็นแบบอัตนัยเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความเข้าใจของตนจากการเขียนอธิบายและคิดหาเหตุผลในการตอบคำถาม ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องนั้นอย่างไร (คชานน สุวรรณพันธ์, 2543: 86) และการให้นักเรียนเขียนเหตุผลประกอบในการเลือกคำตอบนั้น จะช่วยลดการเดาคำตอบของนักเรียนได้ (โสภาพรรณ แสงศัพท์, 2538: 26) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาจึงประกอบด้วย 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 แบบวัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา ส่วนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 โดยให้ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้นักเรียนได้ศึกษาและปฏิบัติการออกแบบและสร้างแบบจำลอง ได้แก่ โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ โดยมีรูปภาพและสถานการณ์เพื่อวิเคราะห์ข้อคำถามได้ชัดเจนขึ้น และสามารถเขียนตอบแสดงเหตุผลที่เลือกคำตอบข้อจากมโนทัศน์ที่มีในเรื่องนั้น ๆ

ตอนที่ 2 แบบวัดแบบอัตนัยแบบความเรียง ข้อคำถามจะให้นักเรียนเขียนอธิบายความหมายของโครงสร้างต่าง ๆ และกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ โดยให้วาดภาพประกอบการอธิบาย

1.3 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบที่ต้องการวัด เพื่อกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ จากนั้นจึงสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาให้สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์ โดยตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำแนกตามลักษณะของมโนทัศน์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้/เนื้อหา	ลักษณะของมโนทัศน์		
	ความหมาย	แนวคิดหลัก	รวม (ข้อ)
1. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด			
1.1 โครงสร้างของปอด	6	3	9
1.2 กระบวนการทำงานของปอด	4	7	11
2. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ			
2.1 โครงสร้างของหัวใจ	6	3	9
2.2 กระบวนการทำงานของหัวใจ	4	6	10
2.3 โครงสร้างและกระบวนการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างปอดกับหัวใจ	-	1	1
รวม	20	20	40
คิดเป็นร้อยละ	**50**	**50**	**100**

จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบ แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจที่สร้างขึ้นมีจำนวนทั้งสิ้น 40 ข้อ ซึ่งในแบบวัดได้ให้ความสำคัญกับการให้นักเรียนบอกความหมายและแนวคิดหลักของมโนทัศน์คิดเป็นร้อยละ 50 เท่ากัน เนื่องจากการที่นักเรียนสามารถอธิบาย สรุปความหมายของมโนทัศน์นั้นได้จากความรู้ความเข้าใจและด้วยภาษาของตนเอง รวมทั้งสามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้เป็นการแสดงออกถึงลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ (นาตยา ปิลันธนานนท์, 2542: 14)

1.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อในส่วนปรนัย 4 ตัวเลือก คือ ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหาและส่วนเหตุผลสนับสนุนได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบได้ 0 คะแนน และส่วนอัตนัยชนิดความเรียง เกณฑ์การให้คะแนนพิจารณาจากความถูกต้องและครบถ้วนของการตอบคำถาม

1.5 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจภาษาและความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้

1.6 นำแบบวัดที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

ที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 14) รวมถึงความถูกต้อง เหมาะสมของข้อคำถาม ตัวเลือก ตัวลวงและภาษาที่ใช้ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ปรับภาษาให้กระชับ และเข้าใจง่าย เช่น จาก “ถุงลมแต่ละอันจึงต้องอยู่ชิดกับเส้นเลือดฝอยมาก ๆ เพราะเหตุใด” เป็นคำถามที่ไม่ชัดเจน ทำให้เกิดความสับสน จึงควรแก้เป็น “ถุงลมแต่ละอันจะมีเส้นเลือดฝอยมาห่อหุ้มมากมายเพราะเหตุใด” เป็นต้น

2) การใช้ภาพประกอบ มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ เพิ่มขนาดตัวอักษรของคำบรรยายใต้ภาพให้ใหญ่ขึ้น และขยายภาพให้เห็นองค์ประกอบของหัวใจอย่างชัดเจน

3) การใช้คำศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ เปลี่ยนคำว่า “เส้นเลือด” ให้เป็น “หลอดเลือด” ทั้งหมด เพื่อให้ตรงกับหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแก้ไขการเขียนคำศัพท์บางคำที่ไม่ถูกต้อง

4) การจัดเรียงลำดับข้อสอบแต่ละข้อ มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ควรปรับการลำดับของข้อสอบ ให้เรียงจากลักษณะโครงสร้างของปอดและหัวใจ ก่อนจะไปสู่คำถามเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ และความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานตามลำดับ

1.7 นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบหายใจและระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด

1.8 นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบ ทำการวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Test Analysis Program version 6.63: TAP version 6.63) และค่าความเที่ยงใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson)

ตอนที่ 2 แบบอัตนัย ทำการวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาดัชนีค่าความยาก (P_E) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของ D.R. Whitney และ D.L Sebers (1970 อ้างถึงใน

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543: 199-201) และค่าความเที่ยงใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาค

1.9 พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อมาใช้ในการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่มีระดับค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลวงให้เหมาะสม

1.10 นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่เลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 32 ข้อไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จำนวน 30 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและกลุ่มที่ทดลองใช้ครั้งที่ 1 และนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (TAP version 6.63) และสูตรของ D.R. Whitney และ D.L Sebers ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ พบว่า ได้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจทั้งปรนัยและอัตนัยจัดอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ คือ มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.23-0.77 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.28-0.75 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 15) และค่าความเที่ยงของส่วนแบบปรนัยเท่ากับ 0.82 และแบบอัตนัยเท่ากับ 0.75 จึงได้แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาตามเกณฑ์ที่ต้องการจำนวน 30 ข้อไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

2. **แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง** เป็นแบบวัดความสามารถของนักเรียนในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดให้สร้างขึ้นในระหว่างเรียนและหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ โดยประเมินทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและแบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์ ดังนั้นจึงสร้างแบบประเมิน 2 ฉบับในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองและแบบประเมินแบบจำลอง

2.1 **แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง** ใช้สังเกตระหว่างการทำกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ประเมินจากภาระงานและจากรายงานการสร้างแบบจำลอง โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.1.1 ศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวกับการกระบวนการสร้างแบบจำลอง การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองจากหนังสือการออกแบบทางสถาปัตยกรรม และองค์ประกอบของขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองจากเอกสาร บทความของหน่วยงานและวิชาการต่าง ๆ แล้วนำผลการศึกษามากำหนดรายการประเมิน โดยให้ครอบคลุมกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ได้ศึกษาและขั้นตอนกิจกรรมการเรียน

การสอน โดยสามารถจำแนกได้เป็น 9 ข้อ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ปัญหา 2) การกำหนดวัตถุประสงค์ 3) การตั้งสมมติฐาน 4) การรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 4 ข้อย่อย คือ การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอผลการค้นคว้า 5) การออกแบบการสร้างแบบจำลอง 6) การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง 7) การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองซ้ำ 8) วิเคราะห์แบบจำลอง และ 9) การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน ประกอบด้วย 2 ข้อย่อย คือ การจัดแสดงผลงานและการสรุปผลการเรียนรู้ โดยทุกรายการประเมินมีสัดส่วนน้ำหนักเท่ากันคือร้อยละ 7.7 จากนั้นกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละรายการประเมินแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายการประเมินและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด
1. การวิเคราะห์ปัญหา	แยกแยะองค์ประกอบที่เกี่ยวกับปัญหา เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้ผังวิเคราะห์ปัญหา
2. การกำหนดวัตถุประสงค์	กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา และสอดคล้องกับปัญหาของการสร้างแบบจำลอง
3. การตั้งสมมติฐาน	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับกระบวนการทำงานของอวัยวะ
4. การรวบรวมข้อมูล	วางแผนการสำรวจค้นหารวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ครบถ้วน
4.1 การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล	
4.2 การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล	สำรวจค้นหาข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้อย่างละเอียด เพื่อนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาอธิบายแต่ละเรื่องให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจน และให้เกิดแนวความคิดในการออกแบบ
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	คัดเลือก ใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และสามารถเขียนอ้างอิงได้ถูกต้องตามหลักการเขียนบรรณานุกรม
4.4 การนำเสนอโปสเตอร์	นำเสนอผลการค้นคว้าโดยใช้โปสเตอร์ โดยนำเสนอได้เข้าใจ ชัดเจน และครบตามประเด็นที่กำหนด
5. การออกแบบการสร้างแบบจำลอง	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์
6. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง	ดำเนินการสร้างแบบจำลองตามที่ได้ออกแบบไว้
7. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่	นำข้อมูลภายหลังจากการทดสอบมาทบทวน และสรุปเป็นข้อมูลเพื่อพัฒนางานต่อไป โดยไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม
8. การวิเคราะห์แบบจำลอง	เปรียบเทียบทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และคุณภาพว่าแบบจำลองนั้นตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ และมีข้อบกพร่องที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างไร
9. การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน	นำเสนอผลงานให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยอธิบายข้อความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง และอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน

2.1.3 สร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ระหว่างการจัดกิจกรรมตามขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ โดยใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) (Enger และ Yager, 2001: 63) แบ่งเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองออกเป็น 4 ระดับ ดังแสดงในตาราง ที่ 3 จากนั้นกำหนดรายละเอียดที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามระดับความสามารถในแต่ละรายการประเมิน

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 4 ระดับ ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ระดับความสามารถ	ความหมาย
4	มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ระดับดีมาก
3	มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ระดับดี
2	มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ระดับพอใช้
1	มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ระดับต้องปรับปรุง

2.1.4 จากนั้นนำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.1.4 นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 16) รวมถึงความถูกต้องเหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ปรับปรุง ดังนี้

1.1) จำแนกเกณฑ์การประเมินในแต่ละระดับคะแนนให้ต่างกันอย่างชัดเจน และใช้ภาษาให้กระชับ

1.2) ไม่ใช้คำปฏิเสธซ้อนปฏิเสธเนื่องจากทำให้เกิดความสับสนในการประเมิน

1.3) ปรับแก้ไขในรายการการสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่ จากที่ใช้คำว่า “ได้ทั้งหมด ได้บางส่วน” เป็นการกำหนดค่าร้อยละ โดยได้ทั้งหมด หรือระดับ 4 คะแนน เป็น “ได้ร้อยละ 80-100” ได้บางส่วน เป็น “ได้ร้อยละ 60-70” เป็นต้น

2) การเขียนรายการประเมิน สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ปรับรายการประเมินให้ชัดเจนและสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยในรายการประเมิน “การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล” ให้ระบุว่าจะให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลอะไรบ้างเพื่อให้ง่ายต่อการประเมิน

2.1.5 นำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนในระหว่างเรียนหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด โดยมีครูผู้สอนวิชาชีววิทยาจำนวน 1 ท่านร่วมประเมินเพื่อนำคะแนนที่ได้มาหาค่าความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอนโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’ product-moment correlation coefficient) โดยกำหนดว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ได้จะต้องเท่ากับ 0.7 ขึ้นไปจึงถือว่ามีระดับความสัมพันธ์สูง (เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2550:152) หรือมีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนในระดับสูง ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอนมีค่าเท่ากับ 0.95 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนน

2.1.6 นำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองหาค่าความเที่ยงในการตรวจของผู้วิจัยจากการหาค่าความสอดคล้องระหว่างการตรวจให้คะแนนแบบประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยเว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 2 เดือน จากนั้นนำคะแนนทั้ง 2 ครั้งของผู้วิจัยมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงในการตรวจให้คะแนน โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการตรวจให้คะแนนในระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของผู้วิจัยเท่ากับ 0.98 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงถือว่ามีความเที่ยงในการตรวจให้คะแนน จากนั้นจึงนำแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในภาคผนวก ข)

2.2 **แบบประเมินแบบจำลอง** ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน โดยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.2.1 ศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวกับการประเมินชิ้นงานโครงงานสิ่งประดิษฐ์และแบบจำลอง เช่น การประเมินผลการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) (Enger และ Yager, 2001: 67; Lantz, 2004: 60) คู่มือการประเมินวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การออกแบบเบื้องต้น เป็นต้น

2.2.2 กำหนดรายการประเมิน โดยรายการประเมินสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการและข้อตกลงเบื้องต้นซึ่งได้กำหนดไว้ให้นักเรียนก่อนการออกแบบและสร้างแบบจำลอง ได้แก่

1) วัตถุประสงค์การสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ และใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์

2) ลักษณะของแบบจำลอง คือ แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการหมุนเวียนเลือด รวมทั้งแสดงโครงสร้างที่สำคัญของปอดและหัวใจ

3) หลักการในการสร้างแบบจำลอง คือ ออกแบบและสร้างให้คล้ายกับอวัยวะจริง และเลือกใช้วัสดุที่เหลือใช้หรือไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่เกินงบประมาณที่กำหนด

รายการประเมินจำแนกได้ 5 ข้อ ได้แก่ 1) สาระของแบบจำลองประกอบด้วย 2 ข้อย่อยคือ ด้านโครงสร้างของปอดและกระบวนการทำงานของปอด 2) การเลือกใช้วัสดุ ประกอบด้วย 3 ข้อย่อย คือ ด้านความเหมาะสมของวัสดุ ด้านความคิดสร้างสรรค์และด้านความสวยงาม ประณีต 3) ความน่าสนใจ 4) การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง และ 5) ความคุ้มทุนในการสร้าง โดยกำหนดสัดส่วนความสำคัญคิดเป็นน้ำหนักร้อยละแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนความสำคัญที่คิดเป็นน้ำหนักร้อยละของรายการประเมินแบบจำลอง

รายการประเมิน	น้ำหนัก (ร้อยละ)	
1. สาระของแบบจำลอง		
1.1 ด้านโครงสร้าง	20.0	40
1.2 ด้านกระบวนการทำงาน	20.0	
2. การเลือกใช้วัสดุ		
2.1 ด้านความเหมาะสมของวัสดุ	15.0	35
2.2 ด้านความคิดสร้างสรรค์	15.0	
2.3 ด้านความสวยงาม ประณีต	5.0	
3. ความน่าสนใจ	5.0	
4. การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง	10.0	
5. ความคุ้มทุนในการสร้าง	10.0	
รวม	100.0	

2.2.3 สร้างแบบประเมินแบบจำลองเพื่อใช้ในการประเมินแบบจำลองปอดและหัวใจภายหลังจากนักเรียนสร้างแบบจำลองเสร็จ โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองออกเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 5 จากนั้นกำหนดรายละเอียดที่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการตามระดับความสามารถในแต่ละรายการประเมิน

ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 3 ระดับ ในการประเมินแบบจำลอง

ระดับความสามารถ	ความหมาย
3	มีความสามารถอยู่ระดับดีมาก
2	มีความสามารถอยู่ระดับดี
1	มีความสามารถอยู่ระดับพอใช้

2.2.4 นำแบบประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.2.5 นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (Item Objective Congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 17) รวมถึงความถูกต้อง เหมาะสมของภาษา จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุง ดังนี้

1.1) ปรับแก้ไขการเขียนจำแนกเกณฑ์การประเมินในแต่ละระดับความสามารถเป็นลำดับที่ชัดเจน และใช้ภาษาให้กระชับ

1.2) ไม่ใช้คำปฏิเสธซ้อนกันหลายคำเนื่องจากทำให้เกิดความสับสน

1.3) แก้ไขภาษาในส่วนของรายการประเมินให้สื่อความหมายได้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเปลี่ยนจาก “กระบวนการทำงานของปอด” เป็น “ความถูกต้องของกระบวนการทำงานของปอด”

2) การกำหนดเกณฑ์การประเมิน สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ในรายการประเมินการเลือกใช้วัสดุและงบประมาณที่ใช้ในการสร้าง ควรกำหนดว่าราคาเท่าใดจัดว่าเป็น

ราคาสูง ซึ่งแก้ไขโดย หากวัสดุที่ใช้ราคาต่ำกว่าต้นทุน จัดว่าราคาไม่สูง ราคาสูงกว่าต้นทุนไม่เกินร้อยละ 50 จัดว่าราคาค่อนข้างสูง และราคาสูงกว่าต้นทุนเกินร้อยละ 50 จัดว่าราคาสูง

3) การเพิ่มเติมรายการประเมิน “การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง”

2.2.6 นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขไปให้ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิชาชีววิทยา ในเรื่องระบบหายใจและระบบหมุนเวียนเลือด โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จำนวน 5 ท่าน ประเมินตัวอย่างแบบจำลองหัวใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำคะแนนที่ได้มาหาค่าความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอนโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่ได้จะต้องเท่ากับ 0.7 ขึ้นไปจึงถือว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนในระดับสูง ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอนมีค่าเท่ากับ 0.82 0.87 0.90 และ 0.92 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนน

2.2.7 นำแบบประเมินแบบจำลองหาค่าความเที่ยงจากการหาค่าความสอดคล้องระหว่างการตรวจให้คะแนนของผู้วิจัยในแบบประเมินครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 โดยเว้นระยะห่างกันเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นนำคะแนนทั้ง 2 ครั้งของผู้วิจัยมาทำการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงในการตรวจให้คะแนน โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของผลการตรวจให้คะแนนในระหว่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของผู้วิจัยเท่ากับ 0.98 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงถือว่ามีความเที่ยงในการตรวจให้คะแนน จากนั้นนำแบบประเมินแบบจำลองไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง (แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในภาคผนวก ข)

3.2 **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่ใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ โดยรายละเอียดการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ขอบข่ายของเนื้อหาสาระทางชีววิทยา โดยจะศึกษาจากหนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และหลักสูตรของโรงเรียน เพื่อนำไปพัฒนาเป็นหลักสูตรเพิ่มเติม ในรายวิชา “ว40251 ชีววิทยาระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์” ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ ให้เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3.2.2 นำเนื้อหาสาระ 2 เรื่องดังกล่าวมาวิเคราะห์และวางแผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาวของหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 2 หน่วยคือ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ รวมทั้งหมดเป็นเวลา 32 คาบหรือ 16 สัปดาห์ ใน 1 ภาคการศึกษา โดยใช้เวลาคาบละ 50 นาที ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นของแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนการสอน	จำนวนคาบ
1. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด	1. ขั้นทำความเข้าใจในประเด็นปัญหา (understanding)	2
	2. ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล (investigation)	4
	3. ขั้นออกแบบและออกแบบใหม่ (design/redesign)	8
	4. ขั้นนำเสนอผลงาน (gallery walk/ presentation)	2
	รวม	16
2. โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ	1. ขั้นทำความเข้าใจในประเด็นปัญหา (understanding)	2
	2. ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล (investigation)	4
	3. ขั้นออกแบบและออกแบบใหม่ (design/redesign)	8
	4. ขั้นนำเสนอผลงาน (gallery walk/presentation)	2
	รวม	16
	รวมทั้งสิ้น	**32**

3.2.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 2 แผน ตามเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการสอน โดยวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ โดยศึกษาจากหนังสือ เอกสาร วารสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบและการสอนสร้างแบบจำลอง

3.2.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบเพื่อให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.2.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาในด้านความตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนความเหมาะสมของเนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3.2.6 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข โดยสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ควรปรับปรุง ดังนี้

1.1) เขียนภาษาให้กระชับ

1.2) เขียนคำศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ภาษาอังกฤษภายในวงเล็บ โดยให้พยัญชนะตัวแรกเป็นตัวเขียนเล็ก เช่น อวัยวะ (Organ) เปลี่ยนเป็น อวัยวะ (organ) เป็นต้น

1.3) ใช้คำถามให้ตรงกับสิ่งที่ต้องการคำตอบในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและตรงประเด็น

2) การออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ในขั้นทำให้สงสัย (messing about) ควรปรับให้มีความน่าสนใจเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน โดยให้สังเกตการหายใจเข้าออกว่าผ่านอวัยวะใดบ้าง แล้วจึงนำไปสู่การอภิปรายประกอบภาพ

3) การกำหนดเวลาในขั้นเขียนประเด็นที่ต้องศึกษา (whiteboarding) ควรเพิ่มเวลาจาก 15 นาที เป็น 30 นาที เพื่อให้ขยายเวลาในการรวบรวมมโนทัศน์ได้ถูกต้อง และครบถ้วนยิ่งขึ้น

3.2.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องเวลาที่เหมาะสม

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ หน่วยการเรียนรู้ทั้ง 2 หน่วย ได้แก่ โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ ได้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง และเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นเตรียมก่อนการทดลอง

ดำเนินการก่อนการทดลองโดยใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการเรียนการสอนตามแนวทางการเรียนรู้ด้วยการออกแบบให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

4.1.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนต่าง ๆ

4.1.2 วัตถุประสงค์ และเงื่อนไขในการเรียน ภาระงานที่ต้องทำรวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ในการเรียนที่ระบุในประมวลรายวิชา (course syllabus)

4.1.3 บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 2 หน่วยการเรียนรู้คือหน่วยที่ 1 เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และหน่วยที่ 2 เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ ใช้เวลาหน่วยละ 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที รวมทั้งสิ้นหน่วยการเรียนละ 16 คาบ รวมการสอนใช้เวลาทั้งหมด 36 คาบหรือ 1 ภาคเรียน โดยเริ่มสอนตั้งแต่วันที่ 26 พฤษภาคม 2551 สิ้นสุดวันที่ 8 กันยายน 2551 ในการสอนมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 จัดการเรียนการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ โดยให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายตามแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบในแต่ละสัปดาห์ ซึ่งระหว่างการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนจะทำการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประเมินเป็นรายกลุ่ม

การเรียนการสอนในแต่ละสัปดาห์ผู้เรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจผ่านการออกแบบและสร้างแบบจำลองปอดและหัวใจ โดยผู้เรียนได้ปฏิบัติการสืบสอบ ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มและต่างกลุ่ม โดยจะมีการนำเสนอผลงานเพื่อให้ผู้เรียนได้รับผลสะท้อนกลับจากเพื่อนและครูอย่างสม่ำเสมอ ได้ทำงานร่วมกันเป็นทีม ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ฝึกการวิเคราะห์และคัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ รวมทั้งฝึกฝนการอธิบายโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์มาอ้างอิง โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดประสบการณ์เรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้ไปศึกษาค้นคว้าสู่การสร้างแบบจำลองใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ทบทวนประสบการณ์เดิมและสิ่งที่ได้จากการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อให้เกิดแนวทางในการสร้างสรรค์แบบจำลอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน พบประเด็นสำคัญดังนี้

1) ขั้นตั้งสมมติฐาน พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด ต้องทบทวนวิธีการสมมติฐานเนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ตั้งสมมติฐานไม่ถูกต้อง ซึ่งภายหลังจากทบทวนพบว่านักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบและสร้างแบบจำลองได้ โดยแสดงความสัมพันธ์กันของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ

โครงสร้างของปอดและหัวใจ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีความเห็นว่าในงานวิจัยนี้ขั้นตั้งสมมติฐานไม่มีความจำเป็น เนื่องจากปัญหาที่กำหนดคือการสร้างแบบจำลองให้เหมือนกับอวัยวะจริงเท่านั้น ซึ่งสามารถออกแบบและสร้างได้เลยภายหลังการศึกษาค้นคว้าข้อมูล โดยไม่ต้องทำการคาดคะเนคำตอบที่นำไปสู่การทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างเช่น การทำโครงงาน

2) ขั้นออกแบบแบบจำลอง พบว่า ต้องคอยกระตุ้น และให้แนวทางในการออกแบบแก่นักเรียนบ่อยครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบแบบจำลองปอดเนื่องจากเป็นผลงานชิ้นแรก และนักเรียนยังไม่มีประสบการณ์ในการออกแบบและสร้างแบบจำลอง แต่เมื่อถึงการสร้างแบบจำลองหัวใจ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจวิธีการออกแบบและสร้างแบบจำลองได้ดีขึ้น และยังได้เตรียมพร้อมกับการเรียนโดยไปศึกษาโครงสร้างหัวใจเพิ่มเติม และหาภาพที่มีโครงสร้างของหัวใจชัดเจนมาประกอบการออกแบบในคาบเรียน

3) ขั้นสร้างแบบจำลอง พบว่า ในตอนแรกนักเรียนยังไม่รู้จุดเริ่มต้นว่าควรสร้างแบบจำลองอะไรก่อนหรือหลัง ผู้วิจัยจึงให้ปรึกษาและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด และต่อมาเมื่อถึงการสร้างแบบจำลองหัวใจ พบว่า นักเรียนสามารถทำแบบจำลองได้เอง แต่ยังคงมาขอคำปรึกษาและคำแนะนำทั้งในเวลาและนอกเวลาเรียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัญหาในขั้นการสร้างแบบจำลองพบมากในการสร้างแบบจำลองปอดเนื่องจากเป็นผลงานชิ้นแรก ส่วนแบบจำลองหัวใจนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเองได้ โดยมาปรึกษาและขอคำแนะนำน้อยกว่าครั้งแรกมาก ในการสร้างแบบจำลองพบว่านักเรียนพยายามดัดแปลงเศษวัสดุเหลือใช้มาสร้างแบบจำลองและพยายามแข่งขันกันระหว่างกลุ่มให้ใช้ต้นทุนในการสร้างน้อยที่สุด นอกจากนี้ครูควรใช้คำถามกระตุ้นมโนทัศน์ของนักเรียนในระหว่างการสร้างแบบจำลองอย่างสม่ำเสมอ เช่น โครงสร้างที่นักเรียนกำลังสร้างนั้นคืออะไร มีหน้าที่อะไร ศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้คืออะไร เป็นต้น

4) เวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดให้เท่ากันคือ 16 คาบนั้นยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร จึงควรมีการปรับโดยศึกษาจากความยากเนื้อหาและความซับซ้อนการสร้างแบบจำลองแต่ละชนิดให้มากขึ้น และควรวางแผนเพื่อติดตามผลงานของนักเรียนเป็นระยะในช่วงขั้นสร้างแบบจำลอง

4) จากการสังเกตพฤติกรรมในการเรียนในภาพรวม พบว่า นักเรียนรู้สึกสนุกกับการทำงานกลุ่ม ตั้งใจปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย รู้จักศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม กระตือรือร้นในการเรียน และกล้าซักถามในเรื่องที่ไม่เข้าใจ และเมื่อถึงในขั้นนำเสนอผลงาน ได้แก่ การนำเสนอโปสเตอร์ (poster session) และการจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน (gallery walk/presentation) พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์ผลงานของตนเองได้ว่ามีข้อบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไขอะไร อย่างไร นอกจากนี้ในขั้นนำเสนอแบบจำลองซึ่งผู้วิจัยได้อนุญาตให้นักเรียนจากห้องอื่นเข้ามาดูผลงานของเพื่อนได้ ทำให้นักเรียนภาคภูมิใจในผลงานของตนมากขึ้น ส่วน

นักเรียนสังเกตว่าไม่ชอบหรือรู้สึกเบื่อหน่าย และบางครั้งบ่นว่ายากและทำไม่ได้ ครูจะคอยให้กำลังใจและแนะนำให้พูดคุย ปรึกษาเพื่อน ๆ ในกลุ่ม ทำให้ได้ทำงานร่วมกันและมีความกระตือรือร้นในการสร้างแบบจำลองมากขึ้น ส่วนกลุ่มที่ทำไม่ได้จะคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด ชี้แจงข้อสงสัย โดยเฉพาะในเนื้อหาที่นักเรียนยังไม่เข้าใจและให้ไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้แบบจำลองออกมาถูกต้อง สมบูรณ์มากที่สุดและทำเสร็จตรงตามเวลาที่กำหนด

4.2.2 ภายหลังจบแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลอง

4.3 ขั้นหลังการทดลอง

4.3.1 เมื่อสอนจบทุกหน่วยการเรียนรู้จึงทดสอบนักเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จากนั้นนำผลการทดสอบเฉพาะแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมาหาคะแนนเฉลี่ยร้อยละโดยใช้สถิติ เพื่อต้องการทราบว่านักเรียนที่เรียนตามแนวการสอนดังกล่าวสูงกว่าร้อยละ 70 หรือไม่ ผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละได้เท่ากับ 70.62 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4.3.2 ให้นักเรียนส่งผลงานที่กำหนดให้นักเรียนปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่ ผังระบุปัญหาการสร้างแบบจำลอง ตารางบันทึกการค้นคว้า โปสเตอร์สรุปความรู้ รายงานการสร้างแบบจำลองปอดและหัวใจ และแบบจำลองปอดและหัวใจ เพื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน อภิปราย และสรุปผลการวิจัย ซึ่งผลงานแต่ละชิ้นจะประเมินโดยใช้ประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติ และแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ผลงาน	แบบประเมิน	
	แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง	แบบประเมินแบบจำลอง
1) ผังระบุปัญหาการสร้างแบบจำลอง	✓	
2) ตารางบันทึกการค้นคว้า	✓	
3) โปสเตอร์สรุปความรู้	✓	
4) รายงานการสร้างแบบจำลองปอดและหัวใจ	✓	
5) แบบจำลองปอดและหัวใจ		✓

4.3.3 จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง และแบบประเมินแบบจำลองมาหาคะแนนเฉลี่ยโดยใช้สถิติ เพื่อต้องการทราบว่านักเรียนที่เรียนตามแนวการสอนดังกล่าวมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองจัดอยู่ในระดับดีหรือไม่ ผลปรากฏว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.57 คะแนน ส่วนแบบจำลองได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 คะแนน โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. วิเคราะห์คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และจัดระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. วิเคราะห์คะแนนแบบจำลอง โดยหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และจัดระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่กำหนด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1) สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ในตอนที่ 1 แบบวัดปรนัยคำนวณค่าความยาก (Difficulty) และอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Test Analysis Program version 6.63: TAP version 6.63) ส่วนตอนที่ 2 แบบวัดอัตนัยคำนวณหาดัชนีค่าความยาก (P_E) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้สูตรของ D.R. Whitney และ D.L Sebers (1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543: 199-201) ดังนี้

ดัชนีค่าความยาก (P_E) มีสูตรดังนี้

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D) มีสูตรดังนี้

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

D แทน ดัชนีค่าอำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่ง หรือกลุ่มอ่อน (เฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง)

1.2) สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาในตอนที่ 1 แบบวัดปรนัยคำนวณค่าความเที่ยงโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ส่วนตอนที่ 2 แบบวัดอัตนัยคำนวณค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของครอนบาค จากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 11.0)

1.3) สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองและแบบประเมินแบบจำลอง คำนวณค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson' product-moment correlation coefficient) จากโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS version 11.0)

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1) สถิติที่ใช้วิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 แล้วประเมินผลคะแนนโดยนำค่าเฉลี่ยร้อยละมาเทียบเกณฑ์การประเมินผลของกรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2535) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงเกณฑ์การประเมินผลมโนทัศน์ทางชีววิทยา

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80-100	มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับดีมาก
70-79	มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับดี
60-69	มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง
50-59	มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้
0-49	มีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

2. สถิติที่ใช้วิเคราะห์คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 แล้วประเมินผลคะแนนโดยนำค่าเฉลี่ยมาจัดระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่กำหนด (กรมวิชาการ, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ระดับคะแนน	ระดับความสามารถ	ความหมาย
3.5 ขึ้นไป	4	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก
2.75 - 3.49	3	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดี
1.75 - 2.74	2	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 1.75	1	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับควรปรับปรุง

3. สถิติที่ใช้วิเคราะห์คะแนนแบบจำลอง โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.0 แล้วประเมินผลคะแนนโดยนำค่าเฉลี่ยมาจัดระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่กำหนด (กรมวิชาการ, 2545) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงเกณฑ์การประเมินผลความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในการประเมินแบบจำลอง

ระดับคะแนน	ระดับความสามารถ	ความหมาย
2.5 ขึ้นไป	3	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดีมาก
1.5 - 2.49	2	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดี
0.5 – 1	1	ความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับพอใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตามลำดับสมมติฐานการวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

จากการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ซึ่งมีคะแนนเต็มจากแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจเท่ากับ 35 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

คะแนน	$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
มโนทัศน์เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ	24.72	70.62	4.10

จากตารางที่ 11 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบเท่ากับ 24.72 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.10 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 70.62 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดี

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ ได้แบ่งคะแนนวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. **คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง** จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 4 คะแนน โดยเก็บรวบรวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ปรากฏผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง และระดับความสามารถของนักเรียนระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

รายการประเมิน	โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด		โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ	
	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความสามารถ	คะแนนเฉลี่ย	ระดับความสามารถ
1. การวิเคราะห์ปัญหา	3.69	ดีมาก	3.83	ดีมาก
2. การกำหนดวัตถุประสงค์	3.69	ดีมาก	3.75	ดีมาก
3. การตั้งสมมติฐาน	2.86	ดี	3	ดี
4. การรวบรวมข้อมูล				
4.1 การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล	3.94	ดีมาก	3.92	ดีมาก
4.2 การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล	3.61	ดีมาก	3.61	ดีมาก
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	2.22	พอใช้	3.19	ดี
4.4 การนำเสนอโปสเตอร์	3.85	ดีมาก	3.86	ดีมาก
5. การออกแบบการสร้างแบบจำลอง	3.25	ดี	3.61	ดีมาก
6. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง	3.86	ดีมาก	3.86	ดีมาก
7. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองซ้ำ	3.72	ดีมาก	3.72	ดีมาก
8. การวิเคราะห์แบบจำลอง	3.5	ดีมาก	3.53	ดีมาก
9. การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน	3.67	ดีมาก	3.83	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.49	ดีมาก	3.64	ดีมาก

คะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ เท่ากับ 3.57 คะแนน จัดอยู่ความสามารถระดับดีมาก

จากตารางที่ 12 พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรวมของกระบวนการสร้างแบบจำลองระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 3.57 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ความสามารถระดับดี และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างแบบจำลองในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจสูงกว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด คือ เท่ากับ 3.64 และ 3.49 คะแนน ตามลำดับ และจากการพิจารณาระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนแต่ละรายการประเมิน พบว่า ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจนักเรียนมีระดับสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบการสร้างแบบจำลองสูงขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด โดยเพิ่มขึ้นจากความสามารถระดับพอใช้เป็นระดับดี และจากระดับดีเป็นระดับดีมาก ตามลำดับ

2. **คะแนนแบบจำลอง** จากแบบประเมินแบบจำลองซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 3 คะแนน โดยเก็บรวบรวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ ปรากฏผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ของคะแนนแบบจำลองคิดตามสัดส่วนน้ำหนักของแต่ละรายการประเมิน และระดับความสามารถของนักเรียนหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

รายการประเมิน	โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด (แบบจำลองปอด)			โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ (แบบจำลองหัวใจ)		
	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนตามสัดส่วนน้ำหนัก	ระดับความสามารถ	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนตามสัดส่วนน้ำหนัก	ระดับความสามารถ
1. สาระของแบบจำลอง						
1.1 ด้านโครงสร้าง	2.88	19.2	ดีมาก	2.75	18.33	ดีมาก
1.2 ด้านกระบวนการทำงาน	2.25	15	ดี	2.63	17.53	ดีมาก
2. การเลือกใช้วัสดุ						
2.1 ด้านความเหมาะสมของวัสดุ	2.13	10.65	ดี	2.63	13.15	ดีมาก
2.2 ด้านความคิดสร้างสรรค์	2.88	14.4	ดีมาก	2.63	13.15	ดีมาก
2.3 ด้านความสวยงาม ประณีต	2.63	4.48	ดีมาก	2.13	3.55	ดี
3. ความน่าสนใจ	2.75	4.58	ดีมาก	2.5	4.17	ดีมาก
4. การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง	2.5	8.33	ดีมาก	2.63	8.77	ดีมาก
5. ความคุ้มทุนในการสร้าง	2.75	9.17	ดีมาก	2.5	8.33	ดีมาก
รวม		85.81 หรือ 2.57	ดีมาก		86.98 หรือ 2.61	ดีมาก

คะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้ เท่ากับ 2.59 คะแนน จัดอยู่ความสามารถระดับดีมาก

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยรวมของแบบจำลองระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบทั้ง 2 หน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 2.59 คะแนน จัดอยู่ความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ความสามารถระดับดี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองที่คิดตามสัดส่วนน้ำหนักใน 2 หน่วยการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจสูงกว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด คือ เท่ากับ 2.61 คะแนนและ 2.57 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนตามสัดส่วนน้ำหนักของนักเรียนในแต่ละรายการประเมินระหว่างหน่วยการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนด้านกระบวนการทำงานและด้านการเลือกใช้วัสดุในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจสูงกว่าหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด โดยด้านกระบวนการทำงานคะแนนสูงขึ้นจาก 13.15 เป็น 17.53 คะแนน และด้านการเลือกใช้วัสดุคะแนนสูงขึ้นจาก 10.65 เป็น 15 คะแนน ซึ่งสูงขึ้นจากความสามารถระดับดีเป็นระดับดีมาก แต่ด้านความสวยงาม ประณีตพบว่ามีคะแนนลดลง โดยลดลงจาก 4.48 เป็น 3.55 คะแนน ซึ่งลดลงจากความสามารถจากระดับดีมากเป็นระดับดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ 2) ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในระหว่างการเรียนและหลังการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตภาคเหนือ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จำนวน 36 คน โดยมี 1 ห้องเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งสิ้น 16 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาทีเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังการทดลอง และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และจัดระดับความสามารถตามเกณฑ์ที่กำหนด

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เท่ากับ 70.62 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 70

2. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองระหว่างเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เท่ากับ 3.57 โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าความสามารถระดับดี

3. นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองหลังเรียนโดยการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เท่ากับ 2.59 โดยจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าความสามารถระดับดี

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย ได้อภิปรายตามสมมติฐานการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) มโนทัศน์ทางชีววิทยา และ 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งอภิปรายตามลำดับดังนี้

1. มโนทัศน์ทางชีววิทยา

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ สูงกว่าร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 1 ซึ่งแสดงว่าการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยา ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่ต้องการให้นักเรียนเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างเข้าใจผ่านกระบวนการออกแบบ (Kolodner, 2006) และงานวิจัยของ Hmelo et al. (1997) ที่พบว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องปอด รวมทั้งระบบที่ซับซ้อนของปอดได้หลังเรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ในการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ควบคู่ไปกับการออกแบบนั้นมีกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมทั้งด้วยตนเองและทำร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสำคัญในการส่งเสริมมโนทัศน์ของนักเรียน ได้แก่

1. นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการทำโครงงานควบคู่ไปกับการสืบสอบ (Project-based inquiry) จากกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้จากเนื้อหาต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหา และจำเป็นต่อการสร้างและออกแบบแบบจำลองปอดและหัวใจ โดยนักเรียนจะต้องเข้าใจโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของปอดและหัวใจอย่างละเอียด ถูกต้องและชัดเจน จึงจะสามารถสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนกับของจริงได้ รวมทั้งการกำหนดให้แบบจำลองแสดงกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ ทำให้นักเรียนต้องไปศึกษากระบวนการทำงานอย่างละเอียด และหาวิธีการนำเสนอให้แบบจำลองแสดงกระบวนการทำงานนั้นได้ถูกต้อง ชัดเจนและผู้อื่นเข้าใจได้ จึงเห็นว่าการออกแบบเพื่อสร้างชิ้นงานนั้นจะสัมพันธ์กับการสำรวจค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดเข้าใจที่คงทน

2. นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการลองผิดลองถูก เห็นได้จากขั้นออกแบบและสร้างใหม่ที่นักเรียนจะต้องนำผลงานไปปรับปรุงแก้ไขภายหลังจากการประเมินในครั้งแรก แล้วพบว่าแบบจำลองไม่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทำให้นักเรียนทราบว่ามี

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในส่วนใดบ้าง เพื่อนำไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และกลับมาสู่กระบวนการออกแบบและสร้างแบบจำลองใหม่อีกครั้งจนประสบความสำเร็จ

3. นักเรียนได้ไตร่ตรองความรู้ ข้อบกพร่องของตนเอง จากการได้รับคำแนะนำ และการให้ผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนทั้งในกลุ่มและต่างกลุ่ม เห็นได้จากขั้นนำเสนอผลการค้นคว้า (poster session) ที่ให้นักเรียนออกมานำเสนอสรุปความรู้เพื่อเป็นการแบ่งปันเป็นข้อมูลของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้ไปศึกษาค้นคว้าในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองนั้น ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวมีความสำคัญ โดยช่วยตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนแม้จะไปศึกษาในมโนทัศน์เดียวกัน แต่ความหมายที่ได้อาจแตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาการสื่อสารในห้องเรียนได้ (Gabler, 2003) โดยหลังจากการนำเสนอ มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวก็จะนำไปสู่การอภิปรายมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกันเป็นการสร้างความรู้ที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสอดคล้องกับทฤษฎี social construtivism

4. นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้ไปสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้ เอกสาร ตำราต่าง ๆ (texts) จากการพูดคุยมีปฏิสัมพันธ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน (talks) การทำงานร่วมกันเป็นทีม และนำไปสู่ออกแบบและสร้างแบบจำลอง (tasks) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น โดยเป็นการสร้างความเข้าใจจากการปฏิบัติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Brock (2000); Demetrikopoulos et al. (2006); Littlejohn (2007); Pringle (2004) และ Abell et al. (2002) ที่ได้จัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อศึกษาเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในบทเรียนไม่ว่าจะเป็นวิชาชีววิทยา วิชาดาราศาสตร์ หรือวิชาเคมี

5. นักเรียนได้รับการพัฒนาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ เช่น เป็นคนช่างสังเกต มีเหตุผลโดยตัดสินใจโดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ มีความใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน มีความรับผิดชอบ เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลอง และมีคะแนนเฉลี่ยของแบบจำลองในหน่วยการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด และโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 2 แสดงว่าการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hmelo et al. (1997) ที่นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองปอดเพื่อนำเสนอมโนทัศน์เรื่องปอดและการทำงานของปอดได้โดยใช้การเรียนรู้ด้วย

การออกแบบ และสอดคล้องกับเป้าหมายของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบซึ่งพัฒนาให้เกิดทักษะด้านต่างๆ รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ (Kolodner, 2003) ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญทักษะหนึ่ง (Llewellyn, 2002: 51) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก

1. นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการตั้งสมมุติฐาน รวมทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในการสร้างแบบจำลองได้

2. กระบวนการออกแบบ สามารถนำไปสู่กลวิธีสร้างสรรค์งานออกแบบได้ง่ายขึ้น ดังคำกล่าวของจารุพรรณ ทรัพย์ปรุง (2548: 157) โดยเมื่อพิจารณาขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบร่วมกับกระบวนการออกแบบทางศิลปกรรมของจารุพรรณ ทรัพย์ปรุง (2548: 157-162) ซึ่งเริ่มต้นจากการรับรู้ปัญหาไปจนถึงการผลิต จะพบว่าในแต่ละขั้นตอนนักออกแบบแบบจำลองต้องทำการสืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาออกแบบและสร้างผลงานให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่นักเรียนจะต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลควบคู่ไปกับการออกแบบและสร้างแบบจำลองให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ร่วมกันกำหนด แสดงให้เห็นว่าแต่ละขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบสามารถนำผู้เรียนไปสู่การสร้างแบบจำลองซึ่งแสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษาได้

3. นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การได้รับผลสะท้อนกลับจากครูและเพื่อนในระหว่างการอภิปราย การนำเสนอผลการออกแบบทำให้ได้แนวคิดใหม่ ๆ และเรียนรู้จากข้อผิดพลาดและความล้มเหลว ทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ที่จะสามารถนำความรู้ไปพัฒนาผลงานของตนเองให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองหัวใจและแบบจำลองหัวใจสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองปอดและแบบจำลองปอด โดยนักเรียนสามารถออกแบบแบบจำลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์ สามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม และสร้างแบบจำลองที่แสดงกระบวนการทำงานได้ชัดเจนในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น โดยมีความรู้ความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์และตามเกณฑ์การประเมินที่กำหนดได้ ดังนั้นการเรียนรู้ด้วยการออกแบบจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้โดยผ่านกิจกรรมการออกแบบแบบจำลองปอดและหัวใจ

อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างยังแสดงกระบวนการทำงานของอวัยวะนั้นไม่ชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการ

ทำงานได้อย่างชัดเจนนั้นค่อนข้างยากและมีความซับซ้อน ซึ่งจะต้องอาศัยเวลามาก รวมทั้งประสบการณ์ของผู้สร้าง โดยเป็นปัญหาที่พบเช่นเดียวกับในงานวิจัยของ Hmel et al. (1997)

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ควรมีการสร้างและนำหลักสูตรที่เน้นการออกแบบในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งจัดทำเอกสารประกอบหลักสูตร เช่น คู่มือครู ประมวลการสอน เพื่อเป็นการเสนอทางเลือกในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แก่ครูวิทยาศาสตร์

1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

ครูวิทยาศาสตร์ควรนำหลักการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบไปใช้ในการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัยที่พบในครั้งนี้ จึงมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

2.1 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบกับสาขาฟิสิกส์ เคมี ธรณีวิทยา ดาราศาสตร์ พร้อมทั้งศึกษาวิจัยเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการสอนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

2.2 ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ เจตคติต่อวิชาชีววิทยา จิตวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เกรียงไกร อภัยวงศ์. 2548. **ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คชานนท์ สุวรรณพันธ์. 2543. **โครงสร้างการเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่อง ระบบนิเวศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคผังมโนทัศน์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โครงการเทคโนโลยี, ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2549. **หนังสืออ่านประกอบสำหรับครูการออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาะการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จารุพรรณ ทรัพย์ปรุง. 2548. **เอกสารคำสอนรายวิชาหลักการออกแบบศิลปกรรม**. กรุงเทพมหานคร: คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์. 2546. **ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหาและต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุติมา รอดสุด. 2550. **ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. 2548. **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2537. หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์. **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่** 1-4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2544. โครงงานวิทยาศาสตร์: การวิจัยทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้น. **ประมวลบทความเสริมประสิทธิภาพครูยุคปฏิรูปการศึกษา การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิด วิธี และเทคนิคการสอน**. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเมนท์ จำกัด.

นวลน้อย บุญวงษ์. 2542. **หลักการออกแบบ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นาตยา ปิลันธนานนท์. 2542. **การเรียนรู้ความคิดรวบยอด** Concept learning. กรุงเทพมหานคร: แม็ค.

น้ำผึ้ง มีนิล. 2541. **ผลของการใช้เทคนิคผังกราฟฟิกในการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิตที่มีต่อการใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิภา สุโขธนัง. 2516. **การเปรียบเทียบผลของการใช้ฟิล์มสตริปกับแบบจำลองประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธ์ศักดิ์ พลสารัมย์. 2549. **การศึกษาแนวโน้มเพื่อการวิจัยและพัฒนาการศึกษาสำหรับอนาคต**, รายงานการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. 2547. **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป: เอกสารคำสอนวิชา 2704307**. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, ลัดดา ภู่เกียรติ และพเยาว์ ยินดีสุข. 2549. **โครงงานวิทยาศาสตร์: การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนาการคิด**. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543. **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ชมรมเด็ก.

วิชาการ, กรม. 2535. **คู่มือครู การประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษา ตามหลักสูตรฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

วิชาการ, กรม. 2545. **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ.

วิยะดา ระวังสุข. 2545. **การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการวัดและประเมินผลศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2545. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2546. **คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2549. **การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้ รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2003**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน)[online]. 2551. **ค่าสถิติ**. Available from: http://www.niets.or.th/o-net.html[2008, January 15]

สมพงษ์ สิงหะพล. 2531. **รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาสติปัญญา**. นครราชสีมา: สำนักส่งเสริมวิชาการ วิทยาลัยครูนครราชสีมา.

สาคร คันธโชติ. 2546. **การสร้างแบบจำลองทางสถาปัตยกรรม วิศวกรรมและการออกแบบ**. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน[online]. 2551. **บทสรุปสำหรับผู้บริหาร** Available form: http://bet.obec.go.th/gat_sat/bet_47.pdf[2008, January 15]

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2532. **ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้**. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

โสภาพรรณ แสงศัพท์. 2538. **มโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ในวิชาแสงที่ได้จากการพิจารณาคำตอบอย่างเดียวกับวิธีพิจารณาคำตอบและเหตุผลของนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มโรงเรียนที่ 5**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศึกษาธิการ, กระทรวง, กรมวิชาการ. 2535. **คู่มือครู การประเมินผลการเรียนระดับมัธยมศึกษาตามหลักสูตรฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533**. กรุงเทพมหานคร: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

อุทุมพร จามรมาน. 2541. โมเดล (Model). **วารสารวิชาการ**. 1, 3 (มีนาคม): 22-25.

เอมอร จังศิริพรปกรณ์. 2550. **สถิติประยุกต์ทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Abell, S., George, M., and Martini, M. 2002. The Moon Investigation: Instructional Strategies for Elementary Science Methods. **Journal of Science Teacher Education** 13(2): 85-100.

Arends, R. I. 1998. **Learning to teach**. 4th ed. Boston: McGraw-Hill.

Baumann, S. R., et al. 2007. **Energy Fair Scientific Method: The Need Project**[online]. Available form: http://www.need.org/needpdf/EnergyFair.pdf [2009, January 22]

Bettac, T. F. 1997. Future bus--learning by design. **Science Scope** 20(3): 31-33.

Brock, D. L. 2000. "And the beat goes on--" building artificial hearts in the classroom. **Science Activities** 37(2): 17-20.

Calik, M. 2006. A constructivist-based model for the teaching of dissolution of gas liquid. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching** 7(1): 257-266.

Campbell, D. T. and Stanley, J. C. 1963. **Experimental and quasi-experimental designs for research**. Boston : Houghton Mifflin Company.

Carin, A. A. 1989. **Teaching Science Through Discovery**. New York: Macmillan.

Cohen, G. H., Staley, A. F., and Horak, J. W. (1984). **Teaching Science as A Decision Making Process**. 2nd ed. Kendall/Hunt Publishing Company.

Crowl, T. K., Kaminsky, S., and Podell, D. M. 1997. **Educational Psychology: Windows on Teaching**. Time Mirror Higher Education Group, Inc.

Cruickshank, D. R., Bainer, D. L., and Metcalf, K. K. 1995. **The act of teaching**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

DeCecco, J. P. and Crawford, W. R. 1974. **The Psychology of Learning and Instruction: Educational Psychology**. 2nd ed. Englewood: Pentice-Hall.

Design in the classroom. 2007. **Learning by Design Cycle**[online]. Available form: http://ditc.missouri.edu/designProcess/whatIsDesign/lbdCycle.html [2007 Aug 26]

Demetrikopoulos, M. K., et al. 2006. Build-a-Brain. **Project Science Scope** 29(8): 28-31.

Doppelt, Y. M., et al. 2008. Engagement and Achievements: A Case Study of Design-

Based Learning in a Science Context. **Journal of Technology Education**. 19(2): 110-121.

Enger, R. and Yager, R. E. 2001. **Assessing student understanding in science: a standards-based K-12 handbook**. Thousand Oaks, Calif.: Corwin Press

Faulkner, S. P. 1990. The Influence of Instructional Strategy on Cell Concept Learning and Science Attitude by Fifth and Sixth-Grade Children. Ph.D., University of Southern Mississippi. **Dissertation Abstract International** 54: 879A.

Frigg, R. and Hartmann, S. 2006. Models in Science. Stanford Encyclopedia of Philosophy[online]. Available form: http://plato.stanford.edu/entries/models-science/ [2006, Aug 27]

Gabler, I. C. and Schroeder, M. 2003. **Constructivist methods for the secondary classroom: engaged minds**. Boston: Allyn and Bacon.

Good, C. V. 1945. **Dictionary of Education**. 1st ed. New York: MaGraw-Hill.

Good, C. V. 1959. **Dictionary of Education**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Greenwald, N. 2001. Problem-based learning in science[online]. Available form: http://www.cct.umb.edu/pblscience.html [2009, May 10]

Haslam, F. and Treagust, D. F. 1987. "Diagnosing secondary student misconceptions of photosynthesis and respiration in plant using a two-tier multiple choice instrument". **Journal of Biological Education** 2(1): 203-211.

Hmelo, E. C., Holton, L. D., Allen, K. J., and Kolodner, L. J. 1997. **Design for Understanding: Children's Lung Models**. Available form: http://www.cc.gatech.edu/projects/lbd/pdfs/designforunderstand.pdf [2007, Aug 26]

Haury, D. L. 2002. **ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education Columbus OH**[online]. Available from: http://www.ericdigests.org/2004-1/design.htm [2008, February 8]

Hutchison, C. B., and Padgett, B. L. 2007. How to Create and Use Analogies Effectively in the teaching of Science Concepts. **Science Action** 44(2): 69-72.

Jacobson, W. J. and Bergman, A. B. 1991. **Science for children a book for teacher**. 3rd ed. Englewood Cliffts, New Jersey: Prentice Hall.

Jacobsen, D., Eggen, P., Kauchak, D., and Dulaney, C. 1985. **Methods for teaching: a skills approach**. 2nd ed. Columbus, Ohio: Merrill.

Klausmeier, J. H. 1985. **Educational Psychology**. 5th ed. New York: Harper & Row.

Klopfer, E. L. 1971. **Handbook on formative and summative evaluations**. New York: Addison-Wesley.

Kolodner, J.L. Case-Based Reasoning. 2006. **The Cambridge handbook of the learning sciences**. edited by R. Keith Sawyer. Cambridge: Cambridge University Press.

Kolodner, J.L., Owensby, J.N., and Guzdial, M. 2004. Case-Based Learning Aids. **Handbook of Research for Education Communications and Technology**. 2nd ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kolodner, J. L, Paul, J. C., Crismond, D., Fasse, B., Gray J., Holbrook, J., Puntambekar, S., and Ryan, M. 2003. Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning in the Middle-School Science Classroom: Putting Learning by Design™ Into Practice. **Journal of the Learning Sciences** 12(4): 495 – 547.

Krajcik, J. S., Czerniak C. M., and Berger, C. 1999. **Teaching children science: a project-based approach**. Boston: McGraw-Hill.

Lantz, H. B. 2004. **Rubrics for assessing student achievement in science, grades K-12**. Thousand Oaks, Calif.

Lapp, D., Bender, H., Ellenwood, S., and John, M. 1975. **Teaching and learning: philosophical, psychological, curricular applications**. New York: Macmillan.

Laura, L. C. 2006. Build-a-Brain Project. **Science Scope** 29(8): 28-31.

Lawson, A. E. and Worsnop, W. A. 1992. Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: Effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. **Journal of Research in Science Teaching** 29(1): 143-166.

Lawson, E. A. 1995. **Science teaching and the development of thinking**. Belmont: Wadswort.

Leager, C. R. 2007. Making Models. **Science and Children** 44(6): 50-52.

Learning by Design™. 2009. Georgia Institute of Technology[online]. Available from: http://www.cc.gatech.edu/projects/lbd/units.html [2009 Jan 10]

Llewellyn, D. 2002. **Inquire within: implementing inquiry-based science standards**. Thousand Oaks, Calif.: Corwin fress.

Line, K. K. 2000. **Exploring Science in Early Childhood Education: a development approach**. 3rd ed. University of Louisville. Delmar Thomson Learning. USA.

Littlejohn, P. 2007. Building Leaves and an Understanding of Photosynthesis. **Science Scope** 30(8): 22-25.

MacKenzie, A. H. 2007. Explaining the Role of Vocabulary in the Biology Classroom. **The American Biology Teacher** 69(5): 262-263.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., and Novak, J. D. 2001. Assessing understanding in biology. **Journal of Biological Education** 35(3): 118-24.

Mona, I. A. 2007. The Influence of Mind Mapping on Eighth Graders' Science Achievement. **Science Mathematic** 108(7): 20-22.

MUSE (Modeling for Understanding in Science Education). 2002. Learning Outcomes. National Center for Mathematics and Science. University of Wisconsin-Madison[online]. Available from: http://ncisla.wceruw.org/muse/naturalselection/outcomes/index.html [2009, Jan 10]

MUSE (Modeling for Understanding in Science Education). 2002. Introduction to the nature of explanatory models: Handout 1-What is a Scientific Model?. National Center for Mathematics and Science[online]. University of Wisconsin-Madison Available from: http://ncisla.wceruw.org/muse/naturalselection/materials/section2/lesson2A/handouts/handout1.pdf [2009, Jan 10]

National Center for Mathematics and Science. 2002. Explanatory Models in Science. The Board of Regents of the University of Wisconsin System[online]. Available from: http://ncisla.wceruw.org/muse/MODELS/index.html [2009, Jan 15]

Nehm, R. H. and Schonfeld, I. S. 2008. Measuring Knowledge of Natural Selection: A Comparison of the CINS, an Open-Response Instrument, and an Oral Interview. **Journal of Research in Science Teaching** 45(10): 1131-1160.

Nitko, J. A. 2007. **Educational Assessment of Students**. Upper Saddle River, N.J.:

Pearson Merrill Prentice Hall.

Odum, A. L. and Kelly, P. V. 2001. Integrating Concept Mapping and The Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Students. **Science Education** 85: 615-635.

Page, G. T. and Thomas, J. B. 1977. **International Dictionary of Education**. London: Kogan Page.

Patricia L. S. and Ragan T. J. 2005. **Instructional design**. 3rd ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons.

Pringle, R. M. 2004. Making It Visual: Creating a Model of the Atom. **Science Activities** 40(4): 30-33.

Ritchie, R. 1998. **Primary design and technology: a process for learning**. London: David Funlton Publishers.

RMIT University[online]. Available form: http://www.rmit.edu.au/about [2008, Aug 4]

Roberts, R. 2001. Procedural understanding in biology: the 'thinking behind the doing'. **Journal of Biological Education** 35(3): 20-25

Romey, D. W. 1968. **Inquiry Techniques For Teaching Science**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Ross, P., Tronson, D., and Ritchie, R. 2006. Modelling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. **Journal of Biological Education** 40(2): 84-88.

Rowntree, D. 1981. **A Dictionary of Education**. London: Harper & Row.

Sale, D. 2006. **Teaching Strategies that Promote Thinking: Models and Curriculum Approaches**. edited by Ai-Choo Ong, Gary D. Borich. McGraw-Hill: Singapore.

Savin-Baden, M. 2000. **Problem-based learning in higher education: untold stories**. Buckingham: The Society for Research into Higher Education & Open University.

Schuring, D. J. 1977. **Scale models in engineering: fundamentals and applications**. Oxford : Pergamon Press.

Seton Hall University, College of Education and Human Services Department of Educational Studies[online]. **Science Process Skills**, Source form The American Association for the Advancement of Science. Available from: http://education.shu.edu/pt3grant/zinicola/skills_source.html [2008, February 17]

Seungyeon, H. and Kakali, B. 2007. **Learning by Design**[online]. Department of Educational Psychology and Instructional Technology, University of Georgia. Available form: http://projects.coe.uga.edu/epltt/index.php?title=Constructionism%2C_Learning_by_Design%2C_and_Project_Based_Learning [2007, Aug 26]

Smith, P. L. and Ragan, T. J. 2005. **Instructional design**. 3rd ed. Danvers, MA: John Wiley & Sons.

Stewart, J., Cartier, L. J., and Passmore, C. M. 2005. **Developing Understanding Through Model-based Inquiry**[online]. Department of Curriculum & Instruction, University of Wisconsin-Madison National Center for Improving Student Learning & Achievement in Mathematics and Science. Available from: http://www.project2061.org/events/meetings/textbook/science/stewart.htm [2008, February 16]

Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. 1973. **Teaching Science by Inquiry in secondary school**. 2nd ed. Ohio: A bell & Howell Company.

Weil, M. and Joyce, B. 1978. **Information Processing Model of Teaching**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Wittich, W. A. and Charles, F. S. 1957. **Audio-visual materials: their nature and use**. 2nded. New York: Harper.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประคอง ตังประพฤทธิ์กุล
   อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา
   คณะวิทยาศาสตร์
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อาจารย์วิภา เกียรติธนะบำรุง
   อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้
   วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   ฝ่ายมัธยม

3. อาจารย์ดวงกมล เหมะรัตน์
   อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้
   วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทพศิรินทร์

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข
   อาจารย์พิเศษ
   สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์
   คณะครุศาสตร์
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. รองศาสตราจารย์โช สาลีฉันท์
   สาขาออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์
   สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
   และเทคโนโลยี (สสวท.)

3. รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ
   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและ
   จิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์
   จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินแบบจำลอง

1. อาจารย์ ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์	หัวหน้าสาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.)
2. อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี	อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษา วิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ขจิต เมตตาเมธา	นักวิชาการประจำโครงการเทคโนโลยี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท.)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์โสภาพรรณ แสงศัพท์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์ ดร.ชนะวัฒน์ บุนนาค	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจิตรลดา
3. อาจารย์กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ
2. แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง
3. แบบประเมินแบบจำลองปอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ตัวอย่าง)

แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

<u>คำชี้แจงในการทำแบบวัด</u>

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 10 หน้า จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ
   คะแนนเต็ม 35 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 120 นาที

2. ข้อสอบทั้งหมดเป็นแบบปรนัยและแบบอัตนัย โดย

ข้อสอบแบบปรนัย จะแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ <u>ข้อคำถาม (เชิงเนื้อหา) ซึ่งเป็นแบบปรนัย และเหตุผล (ในการเลือกตัวเลือกของข้อคำถามนั้น)</u> ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวอักษรที่เลือก และเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบข้อนั้นให้ชัดเจนลงในข้อสอบ

ข้อสอบแบบอัตนัย ให้นักเรียนเขียนอธิบายให้ชัดเจน และครอบคลุมข้อคำถาม

3. นักเรียนทำข้อสอบโดยใช้ปากกาสีน้ำเงิน เขียนด้วยตัวบรรจงอ่านง่าย และสะอาดเรียบร้อย

4. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดลบด้วยน้ำยาลบคำผิดคำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในตัวอักษรที่เลือกใหม่ หรือเขียนใหม่ให้เรียบร้อย

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ

1. ระบบหายใจส่วนต้นจะปรับอากาศก่อนเข้าถึงปอดให้มีลักษณะอย่างไร

ก. อุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นเพิ่มขึ้น ข. อุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นลดลง

ค. อุณหภูมิลดลง ความชื้นเพิ่มขึ้น ง. อุณหภูมิลดลง ความชื้นลดลง

เหตุผล

.....

.....

.....

2. ถุงลมแต่ละถุงจะมีเส้นเลือดฝอยมาห่อหุ้มมากมาย เพราะเหตุใด

ก. เพื่อให้ถุงลมมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา

ข. เพื่อให้มีเลือดไปเลี้ยงถุงลมได้อย่างทั่วถึง

ค. เพื่อให้แก๊สแพร่ผ่านผนังเส้นเลือดฝอยได้ง่าย

ง. เพื่อให้ควบคุมอุณหภูมิภายในถุงลมให้คงที่สม่ำเสมอ

เหตุผล

.....

.....

3. เพราะเหตุใดอาหารที่รับประทานเข้าไปจึงไม่สามารถตกไปยังปอดได้

ก. เพราะหลอดลมและหลอดอาหารเป็นคนละช่อง

ข. เพราะฝาปิดกล่องเสียงสามารถแยกอาหารกับอากาศไม่ให้ปนกันได้

ค. เพราะฝาปิดกล่องเสียงจะปิดหลอดลมเมื่อกลืนอาหาร

ง. เพราะหลอดลมจะมีกระดูกอ่อนรูปเกือกม้ากั้นไม่ให้อาหารตกลงไป

เหตุผล

.....

.....

4. การลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. alveoli → bronchus → bronchiole → trachea → larynx

ข. alveoli → bronchiole → bronchus → trachea → larynx

ค. larynx → trachea → bronchus → bronchiole → alveoli

ง. larynx → trachea → bronchiole → bronchus → alveoli

เหตุผล

.....

.....

.....

5. ทิศทางการแพร่ของแก๊ส CO_2 กับ O_2 แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ก. แตกต่างกัน CO_2 แพร่จากถุงลมเข้าสู่เส้นเลือด แต่ O_2 แพร่จากเส้นเลือดเข้าสู่ถุงลม

ข. แตกต่างกัน CO_2 แพร่จากเส้นเลือดเข้าสู่ถุงลม แต่ O_2 แพร่จากถุงลมเข้าสู่เส้นเลือด

ค. ไม่แตกต่างกัน CO_2 กับ O_2 แพร่จากเส้นเลือดเข้าสู่ถุงลมเหมือนกัน

ง. ไม่แตกต่างกัน CO_2 กับ O_2 แพร่จากถุงลมเข้าสู่เส้นเลือดเหมือนกัน

เหตุผล

.....

.....

.....

6. โดยปกติเลือดของคนจะมีค่าความเป็นกรด-เบส 7.2-7.4 หากเราอยู่ในสถานที่มีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก ร่างกายมีการรักษาสมดุลค่าความเป็นกรด-เบสของเลือดอย่างไร

ก. หายใจถี่ขึ้นเพื่อให้ค่ากรดเบสเพิ่มขึ้น

ข. หายใจช้าลงเพื่อให้ค่ากรดเบสเพิ่มขึ้น

ค. หายใจถี่ขึ้นเพื่อให้ค่ากรดเบสลดลง

ง. หายใจช้าลง เพื่อให้ค่ากรดเบสลดลง

เหตุผล

.....

.....

.....

จากสมการ ตอบคำถามข้อ 7-8

$$Hb + O_2 \longrightarrow HbO_2 \quad (A)$$

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

(B) (C)

7. (A) พบที่ตำแหน่งในข้อใด

ก. เส้นเลือดดำ (vein) ทุกเส้น

ข. เส้นเลือดแดง (artery) และ pulmonary artery

ค. เส้นเลือดแดงทุกเส้น

ง. เส้นเลือดแดง (artery) และ pulmonary vein

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหตุผล

.....

.....

.....

8. (B) พบที่ตำแหน่งในข้อใด

ก. ถุงลม ข. pulmonary vein

ค. เส้นเลือดฝอยที่เนื้อเยื่อ ง. เส้นเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลม

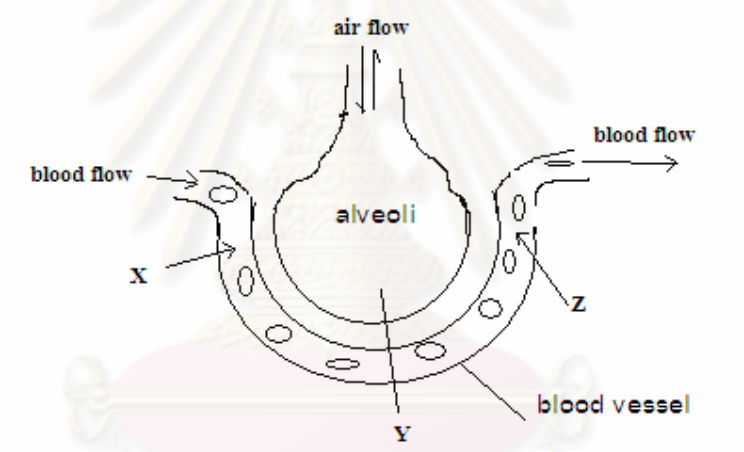
เหตุผล

.....

.....

.....

9. ความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนที่ตำแหน่ง X Y Z เป็นอย่างไร



	X	Y	Z
ก.	สูง	สูง	ต่ำ
ข.	ต่ำ	สูง	สูง
ค.	ต่ำ	ต่ำ	สูง
ง.	สูง	ต่ำ	ต่ำ

เหตุผล

.....

.....

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. จงอธิบายกลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมในปอดกับเส้นเลือด และเลือดกับเซลล์ พร้อมทั้งวาดภาพประกอบ (4 คะแนน)

- **กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมในปอดกับเส้นเลือด** (2 คะแนน)

- **กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเลือดกับเซลล์** (2 คะแนน)

11. ถ้าลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างห้องบนซ้าย และล่างซ้ายถูกทำลาย จะทำให้เกิดผลอย่างไร

ก. เลือดในร่างกายจะมี CO_2 เพิ่มขึ้น ข. เลือดในร่างกายจะมีปริมาณลดลง

ค. เลือดในร่างกายจะมีความดันลดลง ง. เลือดที่ปอดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น

เหตุผล

.....

.....

.....

12. ลิ้นที่กั้นระหว่างห้องหัวใจกับเส้นเลือด มีหน้าที่อะไร

ก. ป้องกันการผสมของเลือด

ข. ป้องกันการแข็งตัวของเลือด

ค. ป้องกันการไหลสวนทาง

ง. ป้องกันไม่ให้เชื้อโรคเข้าไปทำอันตรายต่ออวัยวะต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหตุผล

.....

.....

13. เส้นเลือดชนิดใดที่ใช้ในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ก. artery ข. vein

ค. capillary ง. aorta

เหตุผล

.....

.....

.....

14. เส้นเลือดในข้อใดที่มีปริมาณออกซิเจนมากที่สุด

ก. pulmonary vein ข. aorta

ค. pulmonary artery ง. superior vena cava

เหตุผล

.....

.....

15. bicuspid valve และ tricuspid valve คืออะไร มีลักษณะแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

16. ปอดและหัวใจ มีโครงสร้างใดบ้างที่สัมพันธ์กัน และสัมพันธ์กันอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

17. จงวาดภาพองค์ประกอบของหัวใจ พร้อมทั้งอธิบายการไหลเวียนเลือดในหัวใจ (5 คะแนน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อแบบจำลอง .....กลุ่มที่.....
2. ชื่อสมาชิกกลุ่ม .....
   .....
   .....

ส่วนที่ 2 ประเมินการปฏิบัติจากการสังเกตระหว่างขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวทางการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ และประเมินจากรายงานการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	**ระดับความสามารถ**				**คะแนน**
	4 (ดีมาก)	**3 (ดี)**	**2 (พอใช้)**	**1 (ควรปรับปรุง)**	
1. **การวิเคราะห์ปัญหา** -- ***ข้อมูลจากผังวิเคราะห์ปัญหา***	แยกองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองออกเป็นปัญหาย่อย ได้แก่ ความรู้ที่ต้องไปศึกษา วิธีการสร้าง วัสดุที่ใช้ งบประมาณ ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารให้เข้าใจง่าย	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองไม่เกิน 1 ปัญหา ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารเข้าใจง่าย	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองไม่เกิน 2 ปัญหา ใช้ภาษาชัดเจน สื่อสารเข้าใจ	ขาดองค์ประกอบของปัญหาการสร้างแบบจำลองเกิน 2 ปัญหา ใช้ภาษาไม่ชัดเจน สื่อสารเข้าใจยาก	
2. **การกำหนดวัตถุประสงค์** --- ***ข้อมูลจากการรายงานการสร้างแบบจำลอง***	ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา และสอดคล้องกับปัญหาของการสร้างแบบจำลอง	ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษาเป็นส่วนใหญ่ และสอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง	ไม่ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา แต่สอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง	ไม่ครอบคลุมเรื่องที่จะศึกษา และไม่สอดคล้องกับปัญหาทางการสร้างแบบจำลอง	

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ				คะแนน
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)	
3. **การตั้งสมมติฐาน** -- ***ข้อมูลจากการสังเกตขั้นตั้งสมมติฐาน***	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงานโดยมีทฤษฎีหรือแนวคิดมาสนับสนุนอย่างชัดเจน	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงาน แต่ยังไม่ชัดเจน	สมมติฐานสอดคล้องกับปัญหาแต่ไม่แสดงความสัมพันธ์โครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงาน	สมมติฐานไม่สอดคล้องกับปัญหาและไม่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของอวัยวะกับกระบวนการทำงาน	
4. **การรวบรวมข้อมูล** 4.1 การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล --***ข้อมูลจากตารางบันทึกการค้นคว้า***	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือทั้งหมด	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากกกว่า 2 แห่ง	สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลองบ้าง ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือเกิน 2 แหล่ง	ไม่สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง ไม่ระบุแหล่งข้อมูลอ้างอิง เลือกแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือทั้งหมด	
4.2 การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล--***ข้อมูลจากตารางบันทึกการค้นคว้า***	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง โครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะอย่างละเอียด ถูกต้อง และครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนดให้	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง โครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะยังไม่ละเอียด แต่ถูกต้อง และครบถ้วน	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง โครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะไม่ละเอียด ไม่ถูกต้อง ครบถ้วนเพียงบางส่วน	รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง โครงสร้างของอวัยวะ กระบวนการทำงานของอวัยวะไม่ละเอียด ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน	

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ				คะแนน
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)	
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล -- ***ข้อมูลจากตารางบันทึกการค้นคว้า***	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงถูกตามหลักการเขียนบรรณานุกรมทั้งหมด	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมไม่เกิน 2 แห่ง	คัดเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมเกิน 2 แห่ง	คัดเลือกข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ เขียนอ้างอิงผิดหลักการเขียนบรรณานุกรมทั้งหมด	
4.4 การนำเสนอโปสเตอร์ -- ***ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นนำเสนอโปสเตอร์***	สรุปผลการค้นคว้าได้ครบถ้วนตามประเด็นที่ได้ศึกษา นำเสนอโปสเตอร์ได้ดึงดูดความสนใจ	สรุปผลการค้นคว้าไม่ครบตามประเด็นที่ให้ศึกษาไม่เกิน 2 ประเด็น นำเสนอโปสเตอร์ได้ดึงดูดความสนใจ	สรุปผลการค้นคว้าไม่ครบตามประเด็นที่ให้ศึกษาเกิน 2 ประเด็น นำเสนอโปสเตอร์ไม่ดึงดูดความสนใจมากนัก	สรุปผลการค้นคว้าไม่ครบตามประเด็นที่ให้ศึกษาทั้งหมด นำเสนอโปสเตอร์ไม่ดึงดูดความสนใจมากนัก	
	อธิบายข้อมูลได้ชัดเจน เข้าใจ และครบตามประเด็นที่กำหนด	อธิบายข้อมูลได้ชัดเจน และเข้าใจบ้างในบางประเด็น แต่ครบตามประเด็นที่กำหนด	อธิบายข้อมูลไม่ชัดเจน และไม่เข้าใจในบางประเด็น แต่ครบตามประเด็นที่กำหนด	อธิบายข้อมูลไม่ชัดเจน และไม่เข้าใจ และไม่ครบตามประเด็นที่กำหนด	
5. **การออกแบบการสร้างแบบจำลอง** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นดำเนินการออกแบบและรายงานการสร้างแบบจำลอง***	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ ตามลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองที่กำหนด อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ ตามลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นบางส่วน อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นบางส่วน อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยไม่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ออกแบบไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ตามลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองที่กำหนดเป็นส่วนใหญ่ อธิบายเหตุผลในการเลือกวางแผนออกแบบโดยไม่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ				คะแนน
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)	
6. **การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นการสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง และรายงานการสร้างแบบจำลอง***	ระบุวิธีการสร้างตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างเหมาะสมตามลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ แต่เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์บางอย่างไม่เหมาะสมตามลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์บางอย่างไม่เหมาะสมกับลักษณะของงาน	ระบุวิธีการสร้างไม่เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับลักษณะของงาน	
7. **การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นการออกแบบและสร้างแบบจำลองใหม่ และจากรายงานการสร้างแบบจำลอง***	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ร้อยละ 80-100	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ร้อยละ 60-70	ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจบางส่วนเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองได้ต่ำกว่าร้อยละ 60	ไม่ได้ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลอง	
8. **การวิเคราะห์แบบจำลอง** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน และจากรายงานการสร้างแบบจำลอง***	อธิบายผลการสร้างแบบจำลอง ระบุข้อบกพร่อง และสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลอง	อธิบายผลการสร้างแบบจำลอง ระบุข้อบกพร่อง แต่ไม่สามารถระบุสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองได้	อธิบายผลการสร้างแบบจำลอง แต่ไม่สามารถระบุข้อบกพร่องและสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลองได้	ไม่สามารถอธิบายผลการสร้างแบบจำลอง ระบุข้อบกพร่อง และสิ่งที่ต้องนำไปปรับปรุงแก้ไขให้แบบจำลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ลักษณะ และหลักการในการสร้างแบบจำลอง	

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ				คะแนน
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ควรปรับปรุง)	
9. **การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน*** 9.1 **การจัดแสดงผลงาน**	จัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ของงาน ที่ต้องการให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในการสร้างแบบจำลอง อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	จัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ อธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานบางส่วนยังไม่ชัดเจน แต่ยังสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	จัดแสดงผลงานไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ และอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติงานไม่ชัดเจน แต่ยังสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	ไม่สามารถจัดแสดงผลงานได้ตามจุดประสงค์ และไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้ชมได้	
9.2 **การสรุปผลการเรียนรู้** ***--ข้อมูลจากการสังเกตในขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน***	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามแบบจำลองที่จัดแสดงในส่วนที่เป็นสาระสำคัญอย่างครบถ้วน ชัดเจน คือ ลักษณะโครงสร้างของส่วนต่างๆ ในแบบจำลอง และกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลอง	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามข้อมูลที่จัดแสดง แต่การอธิบายโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ในแบบจำลอง หรือกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลองยังไม่ชัดเจน	การสรุปผลการเรียนรู้เป็นไปตามข้อมูลที่จัดแสดงไว้ แต่ยังขาดการอธิบายโครงสร้างของส่วนต่างๆ ในแบบจำลอง หรือกระบวนการทำงานของอวัยวะภายใต้แบบจำลอง	ไม่มีการสรุปผลการเรียนรู้ในแบบจำลองที่นำเสนอ	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างแบบประเมินแบบจำลอง

แบบประเมินแบบจำลองปอด

กลุ่ม ..... **ผู้ประเมิน**.....**วันที่** .....

รายการประเมิน	**ระดับความสามารถ**			**คะแนน**
	3 (ดีมาก)	**2 (ดี)**	**1 (พอใช้)**	
1. **สาระของแบบจำลอง** 1.1 **แสดงโครงสร้างของปอด**	มีโครงสร้างของปอดครบถ้วน คือ เยื่อหุ้มปอด ท่อถุงลม ถุงลม เส้นเลือดฝอย รวมทั้งส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ หลอดลมคอ หลอดลมขั้วปอด และหลอดลมฝอย	ขาดโครงสร้างของปอดและส่วนประกอบอื่นๆ ไม่เกิน 1 โครงสร้าง	ขาดโครงสร้างของปอดและส่วนประกอบอื่นๆ มากกว่า 1 โครงสร้าง	
1.2 **แสดงกระบวนการทำงานของปอด**	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างถูกต้องและชัดเจน โดยผู้อื่นไม่ต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจ	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างถูกต้องและชัดเจนพอควร โดยผู้อื่นต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจ	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน หรืออาจแสดงกระบวนการได้ชัดเจนแต่ไม่ถูกต้อง	
2. **การเลือกใช้วัสดุ** 2.1 **ความเหมาะสมของวัสดุ** *งบประมาณ 100 บาท* *ใช้.....บาท*	วัสดุที่ใช้เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง วัสดุหาได้ในท้องถิ่น ราคาไม่เกินงบประมาณที่กำหนดให้	วัสดุที่ใช้เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง แต่ไม่ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น และราคาเกินงบประมาณที่กำหนดให้ต่ำกว่าร้อยละ 50	วัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสมกับแต่ละโครงสร้าง ไม่ใช้วัสดุที่ได้ในท้องถิ่น และราคาเกินงบประมาณมากกว่าร้อยละ 50	

รายการประเมิน	ระดับความสามารถ			คะแนน
	3 (**ดีมาก**)	2 (**ดี**)	1 (**พอใช้**)	
2.2 **ความคิดสร้างสรรค์**	ทุกโครงสร้างเป็นสิ่งที่คิดขึ้นใหม่ทั้งหมด โดยไม่ซ้ำแบบกับสิ่งที่ผู้อื่นเคยสร้าง และมีความเป็นเอกลักษณ์	มีบางส่วนที่เป็นสิ่งที่คิดขึ้นใหม่ โดยมีการนำแบบที่ผู้อื่นเคยสร้างมาใช้บ้าง แต่แบบจำลองยังคงมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว	โครงสร้างส่วนใหญ่ หรือทั้งหมดเป็นสิ่งที่มีผู้อื่นเคยสร้างไว้แล้ว แบบจำลองมีลักษณะซ้ำกับผู้อื่น ไม่มีลักษณะเฉพาะตัว	
2.3 **ความสวยงาม ประณีต**	ส่วนใหญ่เห็นว่าใช้สีสันสวยงาม และเก็บรายละเอียดของงานได้ดี	สีสันสวยงาม แต่เก็บรายละเอียดของงานไม่ดี	ส่วนใหญ่เห็นว่าใช้สีสันไม่สวยงาม และเก็บรายละเอียดของงานไม่ดี	
3. **ความน่าสนใจ**	มีความน่าดึงดูดใจ ชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อยอดไปยังแบบจำลองอื่น ๆ ต่อไป	มีความน่าดึงดูดใจ และชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อไปอยู่บ้าง	ไม่น่าดึงดูดใจ ไม่ชวนให้ติดตามในการพัฒนางานต่อไป	
4. **การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง**	แบบจำลองสามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหา เรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้ดียิ่งขึ้น	แบบจำลองสามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้บางส่วน	แบบจำลองไม่สามารถช่วยให้เข้าใจเนื้อหาเรื่องโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดได้	
5. **ความคุ้มทุนในการสร้าง**	ผลงานเกิดประโยชน์คุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองมีความคงทนในการนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนได้หลายครั้ง โดยแข็งแรง และทนทาน	ผลงานเกิดประโยชน์ไม่ค่อยคุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองแข็งแรงและทนทานพอควร	ผลงานเกิดประโยชน์ไม่คุ้มค่ากับเงินทุนที่ใช้ในการสร้าง โดยแบบจำลองไม่แข็งแรงทนทาน	

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ
วิชา ชีววิทยาระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
เวลา 800 นาที (16 คาบเรียน)

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

มาตรฐาน ว 1.1 (4/1) สำรวจตรวจสอบ อภิปรายและอธิบายการรักษาดุลยภาพของเซลล์และร่างกายพืช สัตว์ กลไกในการควบคุมดุลยภาพของร่างกายมนุษย์ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตและในการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

มาตรฐาน ว 8.1 (4/2) สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

มาตรฐาน ว 8.1 (4/4) เลือกวัสดุ เทคนิควิธีอุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้อง ทั้งทางกว้างและลึก ในเชิงปริมาณและคุณภาพ

มาตรฐาน ว 8.1 (4/8) สร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบหรือแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์หรือระบุแนวโน้มของความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากผลการสำรวจตรวจสอบ

มาตรฐาน ว 8.1 (4/11) ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอภิปราย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

มาตรฐาน ว 8.1 (4/12) บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

มาตรฐาน ว 8.1 (4/13) จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. บอกความหมาย และอธิบายโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจได้
2. ออกแบบ ปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล และคัดเลือกข้อมูลได้
3. ออกแบบและสร้างแบบจำลองหัวใจได้
4. นำเสนอผลงานเพื่อสรุปความรู้ และเขียนรายงานได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้นี้แล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของโครงสร้างต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวใจได้
2. อธิปรายกระบวนทำงานของโครงสร้างต่าง ๆ ของหัวใจได้
3. ระบุประเด็นปัญหาในการสร้างแบบจำลองหัวใจได้
4. บอกมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองหัวใจได้
3. ออกแบบแนวทางการสำรวจค้นหาข้อมูลได้
4. ปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล และคัดเลือกข้อมูลได้
5. นำเสนอผลการค้นคว้าในรูปแบบโปสเตอร์ได้
6. ตั้งสมมติฐานเพื่อวางแผนการออกแบบแบบจำลองหัวใจได้
7. ออกแบบและสร้างแบบจำลองหัวใจได้
8. นำเสนอแบบจำลองได้

สาระสำคัญ

ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับความหมายและหน้าที่ต่าง ๆ ของโครงสร้างหัวใจ ได้แก่ ห้องหัวใจ ลิ้นหัวใจ เส้นเลือดชนิดต่างๆ รวมทั้งวงจรการหมุนเวียนเลือด จากการศึกษาค้นคว้าควบคู่ไปกับการสร้างแบบจำลองหัวใจตามขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลายทักษะ เช่น ทักษะการสังเกต การจำแนกประเภท การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล เป็นต้น ทักษะการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ รวมทั้งพัฒนาจิตวิทยาศาสตร์ เช่น การเป็นคนมีเหตุผล อธิบายเหตุผลในการสร้างและออกแบบโดยใช้ข้อมูลจากหลักฐาน การเป็นผู้มีความพยายาม อดทนในการศึกษา ค้นคว้า ใฝ่รู้ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบ นอกจากนี้จะมีการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่ออวิชาชีววิทยา

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นทำความเข้าใจประเด็นปัญหา** (understanding) (2 คาบ)

1.1 **ขั้นท้าทายเพื่อเข้าใจปัญหา** (understand Challenge) (60 นาที)

1) ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน จากข่าวในหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ แบบจำลองหัวใจ เพื่อกระตุ้นความสนใจ

2) ครูกำหนดปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลอง

3) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 6 คน โดยใช้วิธีจับสลาก และจัดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคละกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันเขียนผังวิเคราะห์ปัญหาในการสร้างแบบจำลอง โดยระบุให้ได้มากที่สุดแล้วนำมาสรุปประเด็นร่วมกัน

1.2 **ขั้นกระจ่างชัดในปัญหา** (clarify question) (40 นาที)

1) **ขั้นทำให้สงสัย** (messing about) (10 นาที)

ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยในแนวทางแก้ปัญหาการสร้างแบบจำลองจากสื่อการสอนประเภทต่าง ๆ เช่น ภาพเคลื่อนไหว ภาพตัวอย่างแบบจำลองหัวใจและแบบจำลองหัวใจ

2) **ขั้นเขียนประเด็นที่ต้องศึกษา** (whiteboarding) (30 นาที)

ครูและนักเรียนร่วมกันระบุมโนทัศน์ หรือประเด็นที่ต้องไปศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลองบนกระดาน

2. **ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล** (investigation) (4 คาบ)

2.1 **ขั้นตั้งสมมติฐาน** (make hypothesis) (30 นาที)

นักเรียนเข้ากลุ่มศึกษา โดยสังเกตรายละเอียดรูปภาพสิ่งที่ต้องนำไปสร้างแบบจำลองแล้วนำมาตั้งสมมติฐานที่แสดงความสัมพันธ์กัน

2.2 **ขั้นออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล** (design investigation) (5 นาที)

นักเรียนร่วมกันออกแบบแนวทางการสำรวจข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย

2.3 **ขั้นปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล** (conduct investigation) (2 คาบ)

นักเรียนปฏิบัติการสำรวจข้อมูล โดยพิจารณาเลือกแหล่งข้อมูลที่ให้ข้อมูลอย่างถูกต้อง มีความน่าเชื่อถือ

2.4 **ขั้นวิเคราะห์ผล** (analyze result) (15 นาที)

นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าว่ามีความถูกต้อง น่าเชื่อถือของข้อมูล โดยเปรียบเทียบจากตัวอย่างแหล่งข้อมูลที่ครูนำมาแสดง

2.5 **ขั้นนำเสนอโปสเตอร์** (poster session) (1 คาบ)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอโปสเตอร์สรุปความรู้ที่ได้ไปศึกษา โดยนำเสนอในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอดคล้องกับการสร้างแบบจำลอง

3. **ขั้นออกแบบหรือออกแบบใหม่** (design/redesign) (8 คาบ)

3.1 **ขั้นดำเนินการออกแบบ** (plan design (use science)) (1 คาบ)

นักเรียนแต่ละคนลองออกแบบแบบจำลองตามข้อมูลที่ได้ศึกษา จากนั้นแลกเปลี่ยนผลงานการออกแบบกันภายในกลุ่ม และระดมสมองกันเพื่อออกแบบแบบจำลองที่ดีที่สุด

3.2 **ขั้นประชุมลงข้อสรุปการออกแบบ** (pin-up session) (1 คาบ)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวทางการออกแบบของกลุ่ม พร้อมอธิบายประกอบเหตุผล โดยมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน โดยกลุ่มอื่นๆ ร่วมให้คำแนะนำ

3.3 **ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง** (construct & test) (4 คาบ)

1) ครูชี้แจงแผนการทำงาน โดยกำหนดการติดตามผลงานเป็นระยะ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการสร้างแบบจำลองให้ตรงตามวัตถุประสงค์ ลักษณะและหลักการในการสร้างแบบจำลองบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้ไปศึกษาค้นคว้า และคำแนะนำจากเพื่อน

2) ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบแบบจำลองหัวใจว่าได้ลักษณะตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ และจดบันทึกข้อมูล เพื่อนำวิเคราะห์และสรุปผล

3.4 **ขั้นออกแบบและสร้างแบบจำลองใหม่** (redesign and reconstruct) (90 นาที)

ครูชี้ประเด็นที่นักเรียนควรไปศึกษาเพิ่มเติม แล้วให้ออกแบบ สร้างและทดสอบแบบจำลองใหม่อีกครั้ง หรือปรับปรุงแก้ไขให้ตรงตามเกณฑ์หรือข้อตกลงที่กำหนด

3.5 **ขั้นวิเคราะห์และอธิบาย** (analyze and explain) (10 นาที)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ และอธิบายผลการสร้างแบบจำลองว่าตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

4. **ขั้นจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน** (gallery walk/presentation) (2 คาบ)

นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแสดงผลงานของตนในรูปแบบของการเดินชมผลงาน โดยให้แต่ละกลุ่มนำเสนอตามประเด็นที่กำหนด จากนั้นให้ทุกคนร่วมกันประเมินคุณภาพของแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม และมอบหมายให้ทำรายงานการสร้างแบบจำลอง

สื่อการเรียนรู้

วัสดุอุปกรณ์

1. ข่าวจากหนังสือพิมพ์ เรื่อง “Artificial heart beats as well as the real thing”

2. ภาพต่าง ได้แก่ ภาพหัวใจเทียม ภาพโครงสร้างของหัวใจ ภาพแบบจำลองหัวใจ

3. ภาพเคลื่อนไหวแสดงระบบหมุนเวียนเลือด

4. แบบจำลองหัวใจ

5. กระดาษฟลิปชาร์ต

6. กระดาษ A4

7. กระดาษโปสเตอร์

8. กระดาษคำถาม ขนาด 8 x 8 cm

9. กระดาษหนังสือพิมพ์

10. สีชอล์ค

11. สมุดบันทึก

แหล่งเรียนรู้

1. แหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในห้องสมุด เช่น หนังสือเรียน เอกสาร วารสาร คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2. อินเตอร์เน็ต

3. ตัวอย่างหนังสือ website ที่น่าเชื่อถือ

การประเมินการเรียนรู้

1. ประเมินมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ จากแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยครูเป็นผู้ประเมิน

2. ประเมินการระบุประเด็นปัญหา การตั้งสมมติฐาน การสืบค้น และการคัดเลือกข้อมูล ความถูกต้องของตารางบันทึกการค้นคว้า การนำเสนอผลการค้นคว้า การออกแบบและสร้างแบบจำลอง การจัดแสดงแบบจำลองหรือนำเสนอผลงาน จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยครูเป็นผู้ประเมิน

3. ประเมินแบบจำลองหัวใจ จากแบบประเมินแบบจำลองหัวใจ โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน

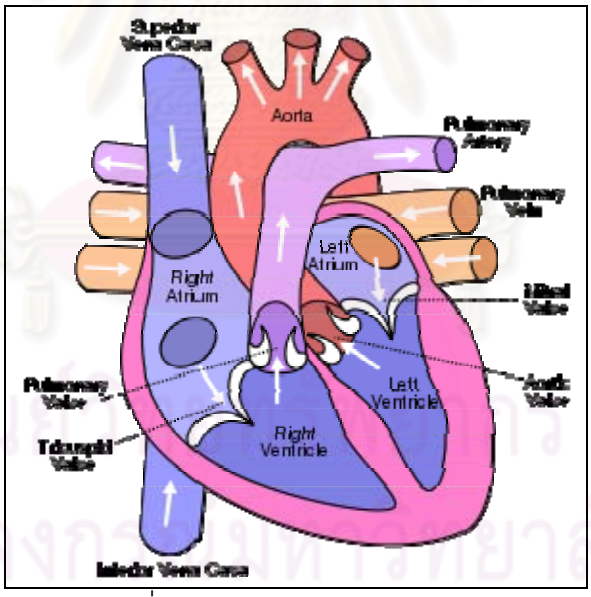
สาระ

หัวใจ หมายถึง อวัยวะที่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) โดยมีเนื้อเยื่อ 3 ชั้นคือ

1. ชั้นนอกสุด (epicardium) เป็นเมมเบรนที่เกิดเป็นเนื้อเยื่อบุผิวแบน ๆ ทำหน้าที่ป้องกันอยู่ภายนอก ถัดเข้าไปเป็นเส้นเลือด เส้นประสาท และกลุ่มของเซลล์ประสาท

2. ชั้นกลาง (myocardium) เป็นชั้นที่ถัดจากชั้นนอกสุดเข้ามา ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหัวใจ จัดเรียงกันเป็นชั้น ๆ และไปเกาะกันบริเวณแกนกลางของหัวใจ ซึ่งเป็นเส้นใยคอลลาเจน (collagen) หนา ๆ กล้ามเนื้อส่วนนี้ทำหน้าที่ในการหดตัวและคลายตัว เพื่อสูบฉีดโลหิต กล้ามเนื้อในแต่ละห้องของหัวใจจะมีความหนาไม่เท่ากัน เนื่องจากหน้าที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีส่วนของเซลล์ประสาทที่นำกระแสประสาทจากหัวใจห้องบน ลงสู่หัวใจห้องล่างด้วย

3. ชั้นในสุด (endocardium) ถูกคลุมด้วย endothelium และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่กันอย่างหลวม ๆ ทำหน้าที่ในการส่งเลือด 2 ระบบในเวลาเดียวกัน โดยระบบหนึ่งทำหน้าที่ส่งเลือดที่ฟอกแล้ว และมีออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆของร่างกาย เรียกว่า systemic circulation อีกระบบหนึ่งทำหน้าที่ส่งเลือดที่มีออกซิเจนต่ำไปฟอกที่ปอด เรียกว่า pulmonary circulation



รูปที่ 35 แสดงโครงสร้างของหัวใจ

ห้องหัวใจ หมายถึง โครงสร้างที่ถูกแบ่งส่วนอยู่ภายในหัวใจ โดยห้องหัวใจมี 4 ห้อง คือ

1. ห้องบนซ้าย หรือเอเทรียมซ้าย (left atrium) ทำหน้าที่รับเลือดแดง ซึ่งฟอกจากปอดแล้วทางเส้นเลือด pulmonary vein

2. ห้องบนขวา หรือเอเทรียมขวา (right atrium) ทำหน้าที่รับเลือดดำที่ใช้แล้วจาก superia venacava ซึ่งนำเลือดจากส่วนบนของร่างกาย คือ หัวแขน และ inferia venacava ซึ่งนำเลือดมาจากส่วนล่างของร่างกาย คือ ขาและลำตัว

3. ห้องล่างซ้าย หรือเวนทริเคิลซ้าย (left ventricle) ทำหน้าที่ส่งเลือดดำที่ใช้แล้วจากเอเทรียมซ้ายเข้าสู่เส้นเลือดแดงใหญ่ หรือ aorta เพื่อไปเลี้ยงทั่วร่างกาย หัวใจห้องนี้มีผนังหนาที่สุด เนื่องจากต้องใช้แรงในการบีบตัวมากกว่าหัวใจห้องอื่น ๆ

4. ห้องล่างขวา หรือเวนทริเคิลขวา (right ventricle) ทำหน้าที่ส่งเลือดดำที่ใช้แล้วซึ่งรับมาจากเอเทรียมขวาไปฟอกปอด โดยผ่านไปทางเส้นเลือด pulmonary artery หัวใจห้องนี้มีผนังหนาเช่นกัน แต่บางกว่าเวนทริเคลิซ้าย เนื่องจากส่งเลือดไปยังปอดเท่านั้น ไม่ต้องใช้แรงบีบมากนัก

ลิ้นหัวใจ หมายถึง โครงสร้างที่กั้นระหว่างห้องหัวใจ และเส้นเลือด ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของเลือดให้เป็นทิศทางเดียว และป้องกันการไหลย้อนทิศของเลือด ลิ้นหัวใจมี 2 ชนิด คือ

1. ลิ้น atrioventricular valve เป็นลิ้นที่กั้นอยู่ระหว่าง atrium และ ventricle ลักษณะของลิ้นจะลู่ลงทางด้านล่าง แสดงว่า เลือดมีทิศทางการไหลจาก atrium สู่ ventricle เท่านั้น จึงทำหน้าที่ควบคุมไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนอีก

- ลิ้นที่กั้นระหว่าง atrium ขวา และ ventricle ขวา เรียกว่า ลิ้นไตรคัสพิด (tricuspid valve) ซึ่งประกอบด้วยลิ้นแผ่นบาง ๆ 3 ชั้นประกบกัน เนื่องจาก ventricle ขวามีผนังบางกว่า จึงต้องมี 3 ลิ้นจึงจะปิดสนิท

- ลิ้นที่กั้นระหว่าง atrium ซ้าย และ ventricle ซ้าย เรียกว่า ลิ้นไบคัสพิด (bicuspid valve) หรือลิ้นไมทรัล (mitral valve) ซึ่งประกอบด้วยลิ้นแผ่นบาง ๆ 2 ชิ้นประกบกัน เนื่องจากผนังของ ventricle ซ้ายหนากว่าผนัง ventricle ขวา จึงทำให้ความกว้างของห้อง ventricle ซ้ายจึงน้อยกว่า ventricle ขวา ทำให้ลิ้นเพียง 2 ชิ้นก็สามารถปิดกันได้สนิท

2. ลิ้นเซมิลูนาร์ (semilunar valve) พบที่เส้นเลือด aorta และ pulmonary artery มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลม 3 วง วางประกบกัน ลิ้นชนิดนี้ลู่ขึ้นด้านบน ทำหน้าที่ไม่ให้เลือดในเส้นเลือดทั้งสองไหลกลับเข้าสู่ ventricle ของหัวใจ

เส้นเลือดที่หัวใจ หมายถึง เส้นเลือดที่เลี้ยงหัวใจ และเส้นเลือดที่ติดต่อกับหัวใจโดยตรง แบ่งออกเป็น

1. aorta หมายถึง เส้นเลือดแดงที่มีแก๊สออกซิเจนสูง และมีขนาดใหญ่ที่สุด ทำหน้าที่นำเลือดแดงออกจาก ventricle ซ้ายไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย จากเส้นเลือด aorta จะมีเส้นเลือดแยกออกไปเลี้ยงหัวใจ สมอง แขน อวัยวะภายในต่าง ๆ ของขา และอื่น ๆ

2. vena cava หมายถึง เส้นเลือดดำที่มีออกซิเจนต่ำ มีขนาดใหญ่ 2 เส้น คือ

2.1 superior vena cave เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดจากส่วนหัว คอ อก และแขนกลับเข้าสู่หัวใจทาง atrium ขวา (ส่วนบน)

2.2 inferior vena cava เป็นเส้นเลือดดำที่นำเลือดออกจากส่วนของร่างกายที่อยู่ต่ำกว่ากะบังลม โดยเส้นเลือดจะอยู่บริเวณกลางลำตัว รับเลือดจากตับ อวัยวะสืบพันธุ์ อวัยวะภายในอื่น ๆ และส่วนขากลับเข้าสู่หัวใจทาง atrium ขวา (ส่วนล่าง)

3. pulmonary artery เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดดำจาก ventricle ขวา เป็นฟอกที่ปอด โดยจะมี 2 เส้น คือ left pulmonary artery ไปยังปอดด้านซ้ายและ right pulmonary artery ไปยังปอดด้านขวา (เส้นเลือดนี้เป็นเส้นเลือดดำ แต่ชื่อ artery เพราะเลือดมีทิศทางการไหลออกจากหัวใจ ซึ่งตามปกติ artery เป็นเส้นเลือดแดง) --เอาเลือดดำไปฟอกที่ปอด

4. pulmonary vein เป็นเส้นเลือดที่นำเลือดแดงออกจากปอดทั้งสองข้างกลับเข้าสู่ atrium ซ้าย ซึ่งเส้นเลือดนี้มี 4 เส้น โดยนำเลือดแดงออกจากปอดซ้ายและปอดขวาข้างละ 2 เส้น (เส้นเลือดนี้มีชื่อ vein เนื่องจากเลือดมีทิศทางการไหลกลับเข้าสู่หัวใจ จึงเป็นเส้นเลือด vein ที่นำเลือดแดง ซึ่งตามปกติเส้น vein จะเป็นเส้นเลือดดำ) –เอาเลือดแดงที่ฟอกแล้ว เข้าสู่หัวใจ

5. coronary เป็นเส้นเลือดของหัวใจ ประกอบด้วย

5.1 coronary artery 2 เส้นซ้ายและขวา แยกจาก aorta บริเวณขั้วหัวใจ นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจส่วนต่าง ๆ โดยมีแขนงย่อย ๆ แยกออกจากเส้นดังกล่าวทั้งซ้ายและขวาอีกหลายแขนง

5.2 coronary vein ทำหน้าที่ลำเลียงเลือดดำออกจากกล้ามเนื้อหัวใจส่วนต่าง ๆ เข้าสู่ coronary sinus ซึ่งเป็นเส้นเลือดดำที่อยู่ที่ผิวทางด้านหลังของหัวใจ แล้วนำเลือดเข้าสู่ atrium ขวาโดยตรง (ไม่รวมกับ vena cava)

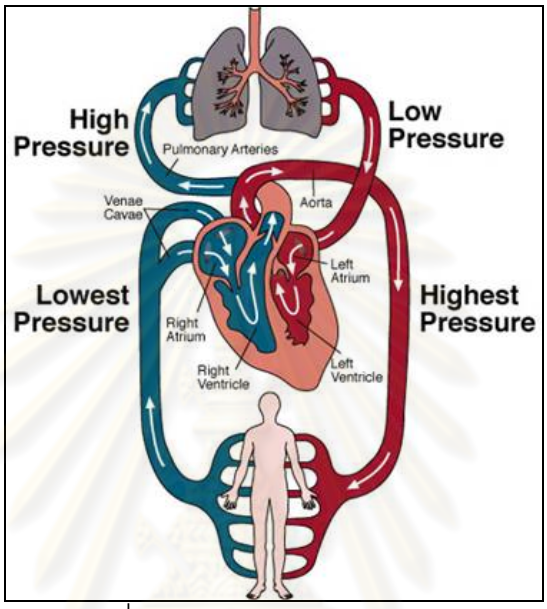
ความดันเลือด (blood pressure) หมายถึง ความดันที่เกิดจากการบีบตัวของหัวใจ ทำให้เกิดแรงดันในเส้นเลือด แรงดันนี้จะสูงขึ้นเมื่อหัวใจบีบตัว (systole) เรียกความดันสูงสุดขณะที่หัวใจบีบตัวว่า ความดันซีสโทลิก (systolic pressure, SP) และความดันจะลดลงเมื่อหัวใจคลายตัว (diastole) ความดันต่ำสุดเมื่อหัวใจคลายตัว เรียกว่า ความดันไดแอสโทลิก (diastolic pressure, DP) ซึ่งผลต่างของ SP กับ DP คือ pulse pressure (PP)

ค่าความดัน SP ของคนปกติประมาณ 120 mmHg และความดัน DP ประมาณ 80 mmHg เขียนย่อว่า 120/80 mmHg คนที่มีความดันเลือดต่ำกว่าคนปกติ เรียกว่า เป็นความดันเลือดต่ำ (hypotension) คนที่มีความดันเลือดสูงกว่าคนปกติ เรียกว่า เป็นความดันเลือดสูง (hypertension) ซึ่งปกติคนที่เป็นความดันเลือดสูง จะมีความดันสูงกว่า 140/99 mmHg

ความดันในเส้นเลือดแดงที่อยู่ใกล้หัวใจจะสูงและใกล้เคียงกับหัวใจ ส่วนเส้นเลือดแดงที่เล็กลงความดันจะต่ำลง เส้นเลือดฝอยจะความดันลดลงมากยิ่งขึ้น ในขณะที่เลือดไหลเข้าสู่หัวใจความดันจะลดลงจนเกือบเป็น 0 mmHg

เมื่อร่างกายตื่นเต้น การมีฮอร์โมนไทรอกซินมากเกินไป อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงขึ้น การตั้งครรภ์ การเป็นไข้ การออกกำลังกาย หรือขณะรับประทานอาหาร จะทำให้ CO_2 เพิ่มขึ้น

วงจรไหลเวียนเลือด



รูปที่ 36 แสดงวงจรไหลเวียนเลือด

วงจรไหลเวียนเลือด แบ่งออกเป็น 2 วงจร คือ

1. วงจรไหลเวียนทั่วร่างกาย (systemic circulation) เป็นการไหลเวียนของเลือดที่เกิดขึ้นทั่วร่างกายเป็นวงจรใหญ่ โดยเริ่มตั้งแต่เลือดออกจากหัวใจทาง left ventricle เข้าสู่เส้นเลือด aorta, artery, เส้นเลือดฝอย, venue, vein, vena cava และเข้าสู่หัวใจทาง right atrium ตามลำดับ การไหลเวียนนี้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ ระหว่างเลือดในเส้นเลือดฝอย กับเซลล์ทั่วร่างกายระบบไหลเวียนทั่วร่างกาย ดังนี้

left ventricle → aorta → artery ขนาดต่างๆ → arteriole → capillary (แลกเปลี่ยนแก๊ส) → venue → vena cave → right atrium

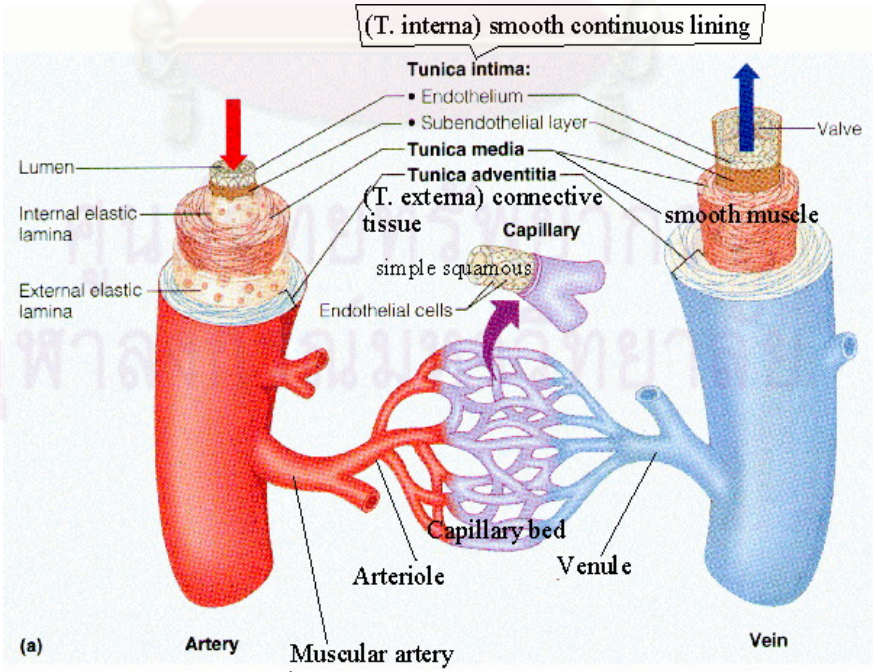
2. วงจรไหลเวียนผ่านปอด (pulmonary circulation) เป็นการไหลเวียนระหว่างหัวใจกับปอดเท่านั้น ดังนั้น วงจรไหลเวียนผ่านปอดจึงเป็นวงจรขนาดเล็ก โดยเริ่มจาก right ventricle, pulmonary artery, สู่ ปอด pulmonary vein และ left atrium ตามลำดับ การไหลเวียนนี้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สที่เส้นเลือดฝอยของปอด เปลี่ยนเลือดดำให้เป็นเลือดแดงระบบไหลเวียนผ่านปอด ดังนี้ right ventricle → pulmonary artery → ปอด → pulmonary vein → left atrium

เส้นเลือด (blood vessel) หมายถึง ท่อทางผ่านของเส้นเลือด ทำหน้าที่ลำเลียงเลือดจากหัวใจไปสู่อวัยวะต่าง ๆ และเซลล์ทั่วร่างกาย ประกอบด้วย 3 ชนิด คือ

1. เส้นเลือดแดง (artery) ทำหน้าที่นำเลือดออกจากหัวใจไปยังเส้นเลือดฝอย ได้แก่ aorta มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีขนาดต่าง ๆ และ arteriole เป็นเส้นเลือดแดงที่มีขนาดเล็กที่สุด เส้นเลือดแดงยืดหยุ่นได้ดี เนื่องจากมี elastic fiber อยู่มาก เส้นเลือดแดงขนาดใหญ่จะยืดหยุ่นได้ดีกว่าเส้นเลือดแดงขนาดเล็ก เส้นเลือดแดงมีผนังหนา เนื่องจากมีกล้ามเนื้อเรียบค่อนข้างมาก เพื่อต้านทานแรงดันของเลือด ที่ส่งออกจากหัวใจและปรับระดับความดันเลือดไม่ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงมากนัก

2. เส้นเลือดดำ (vein) ทำหน้าที่นำเลือดเข้าสู่หัวใจ ได้แก่ vena cave มีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีขนาดต่าง ๆ และ venule เป็นเส้นเลือดดำขนาดเล็กที่สุด เส้นเลือดดำขนาดใหญ่มี elastic fiber และกล้ามเนื้อเรียบอยู่บ้าง แต่น้อยกว่าเส้นเลือดแดงมาก เส้นเลือดดำขนาดเล็ก เช่น venule มีผนังบางมากไม่มีกล้ามเนื้อเรียบเลย เส้นเลือดดำสามารถยืดขยายได้ดี จึงมีความจุสูง สามารถบรรจุเลือดได้ถึงร้อยละ 60-70 ของเลือดทั้งหมด เนื่องจากความดันในเส้นเลือดดำต่ำ ดังนั้นภายในเส้นเลือดดำจึงต้องมีลิ้นอยู่ด้วย ช่วยป้องกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

3. เส้นเลือดฝอย (capillary) เป็นเส้นเลือดที่อยู่ระหว่างเส้นเลือดแดง artery และเส้นเลือดดำ venule เส้นเลือดฝอยเป็นเส้นเลือดขนาดเล็กที่สุด ผนังประกอบด้วยเซลล์เพียงชั้นเดียวสานกันเป็นตาข่ายร่างแห แทรกอยู่ทุกส่วนของร่างกาย การที่เส้นเลือดฝอยมีขนาดเล็ก และผนังบางมาก ทำให้เลือดไหลผ่านเส้นเลือดฝอยอย่างช้า ๆ และเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส สารอาหาร และของเสียต่าง ๆ ระหว่างเลือดในเส้นเลือดฝอย และเซลล์ทั่วร่างกายได้อย่างเพียงพอ



รูปที่ 37 แสดงเส้นเลือดชนิดต่าง ๆ

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง
และแบบประเมินแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

ข้อที่	จุดประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
3	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
4	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
6	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปอด	0.67	วัดได้สอดคล้อง
8	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
9	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
11	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
12	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
13	ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
14	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
15	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
16	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
17	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
18	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
19	ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
20	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
21	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
22	ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
23	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
24	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
25	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
26	ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
27	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
28	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
29	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
30	ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดกับหัวใจ	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 15 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและกระบวนการทำงานของปอดและหัวใจ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)/ดัชนีความยาก (P_E)	ค่าอำนาจจำแนก (r)/ ดัชนีค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.68	0.36
2	0.58	0.50
3	0.54	0.38
4	0.57	0.44
5	0.48	0.46
6	0.51	0.53
7	0.66	0.67
8	0.57	0.69
9	0.38	0.60
10	0.42	0.39
11	0.57	0.72
12	0.37	0.39
13	0.43	0.28
14	0.69	0.67
15	0.77	0.44
16	0.69	0.48
17	0.26	0.33
18	0.80	0.25
19	0.68	0.50
20	0.69	0.75
21	0.54	0.38
22	0.31	0.42
23	0.49	0.45
24	0.23	0.33
25	0.46	0.53
26	0.48	0.38
27	0.77	0.33
28	0.49	0.73
29	0.38	0.39
30	0.29	0.62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ค่า IOC	ความหมาย
1. การวิเคราะห์ปัญหา	1	วัดได้สอดคล้อง
2. การกำหนดวัตถุประสงค์	1	วัดได้สอดคล้อง
3. การตั้งสมมติฐาน	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4. การรวบรวมข้อมูล		
4.1 การออกแบบการสำรวจค้นหาข้อมูล	1	วัดได้สอดคล้อง
4.2 การปฏิบัติการสำรวจค้นหาข้อมูล	1	วัดได้สอดคล้อง
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
4.4 การนำเสนอผลการค้นคว้า	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5. การออกแบบการสร้างแบบจำลอง	1	วัดได้สอดคล้อง
6. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลอง	0.83	วัดได้สอดคล้อง
7. การสร้าง/ทดสอบแบบจำลองใหม่	1	วัดได้สอดคล้อง
8. การวิเคราะห์แบบจำลอง	0.83	วัดได้สอดคล้อง
9. การจัดแสดงแบบจำลองหรือ นำเสนอผลงาน		
9.1 การจัดแสดงผลงาน	1	วัดได้สอดคล้อง
9.2 การสรุปผลการเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบประเมินแบบจำลอง

รายการประเมิน	ค่า IOC	ความหมาย
1. สาระของแบบจำลอง	0.67	วัดได้สอดคล้อง
1.1 แสดงโครงสร้างของปอด		
1.2 แสดงกระบวนการทำงานของปอด	1	วัดได้สอดคล้อง
2. การเลือกใช้วัสดุ		
2.1 ความเหมาะสมของวัสดุ	0.67	วัดได้สอดคล้อง
2.2 ความคิดสร้างสรรค์	1	
2.3 ความสวยงาม ประณีต	1	วัดได้สอดคล้อง
3. ความน่าสนใจ	1	วัดได้สอดคล้อง
4. การใช้ประโยชน์ของแบบจำลอง	1	วัดได้สอดคล้อง
5. ความคุ้มทุนในการสร้าง	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ

1. ขั้นทำความเข้าใจประเด็นปัญหา (understanding)

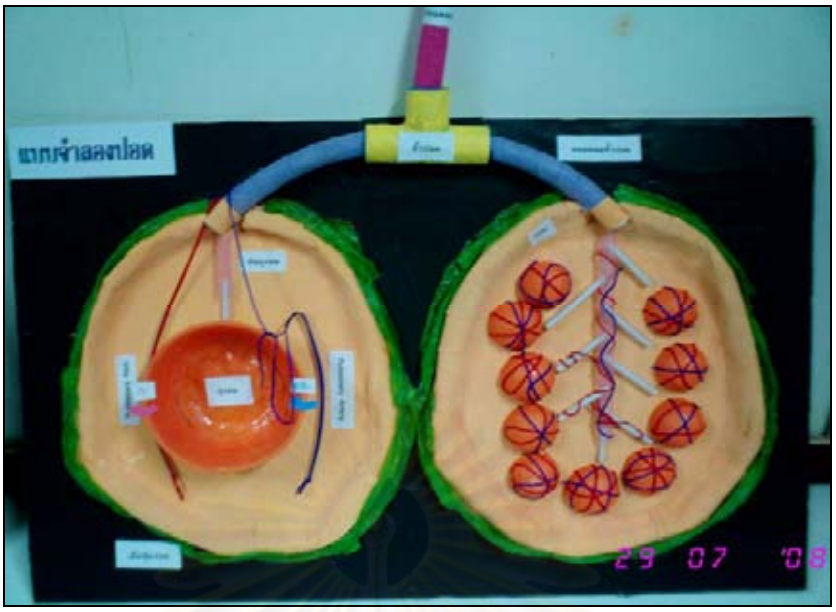
2. ขั้นสำรวจค้นหาข้อมูล (investigation)

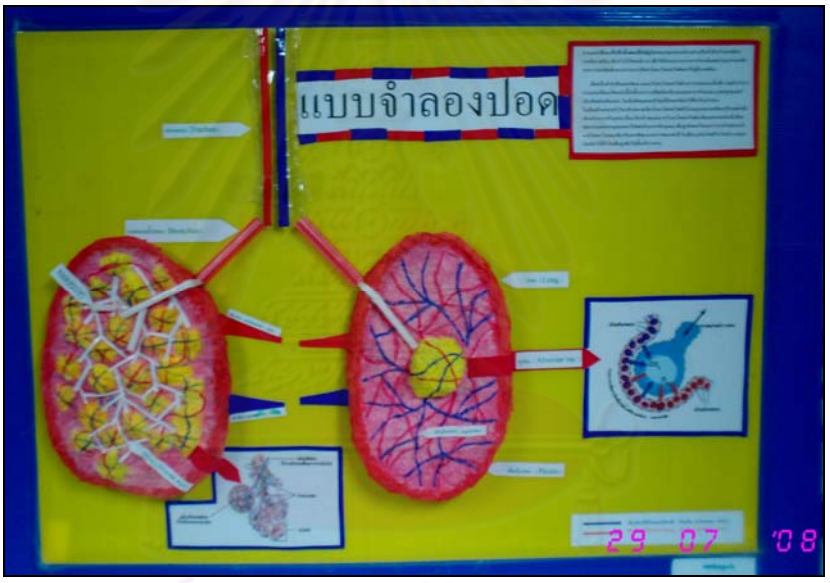
3. ขั้นออกแบบและออกแบบใหม่ (design/redesign)

4. **ขั้นจัดแสดงผลงาน** (gallery walk/presentation)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพแบบจำลองปอด





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพแบบจำลองหัวใจ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยะณัฐ นันทการณ์ เกิดวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2526 ภูมิลำเนา จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย