



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อ
มโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นางสาวสุพัตรา จันทร์โหมยิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chulalongkorn University

EFFECTS OF USING INQUIRY - BASED LEARNING MODEL WITH FADING SCAFFOLDING

TECHNIQUE ON BIOLOGY CONCEPTS AND EXPLANATION MAKING ABILITY OF

UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mrs. Supatra chantarakosit

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 2009
Copyright of Chulalongkorn University



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chulalongkorn University

Pillar of the Kingdom

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค

การลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและ

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

โดย

นางสาวสุพัตรา จันทระ โฆษิต

สาขาวิชา

การศึกษาวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เฉชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะครุศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ถัดดา ภูเกียรติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เฉชะคุปต์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนศิริ)



ผู้พ้ตรา จันทร โหมยิต : ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF USING INQUIRY - BASED LEARNING MODEL WITH FADING SCAFFOLDING TECHNIQUE ON BIOLOGY CONCEPTS AND EXPLANATION MAKING ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS)

อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.พิมพันธ์ เจริญกุล, 193 หน้า

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 3) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 2 ห้องเรียนโดยกำหนดให้เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 48 คน เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ และกลุ่มเปรียบเทียบจำนวน 50 คน เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาซึ่งมีความเที่ยงเท่ากับ 0.83 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.33 - 0.77 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.25 - 0.88 และ 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 ค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.22 - 0.26 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.55 - 0.63 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที่

ผลการวิจัยสรุปดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เท่ากับร้อยละ 71.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 70
2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนจำแนกตามประเภทการสืบสอบ 3 ประเภท คือ 1) การสืบสอบแบบมีการแนะนำ 2) การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และ 3) การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เท่ากับร้อยละ 70.83 77.08 89.58 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบาย พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 78.33 88.33 95.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 ความสามารถระดับ ดี ดีมาก และดีมากตามลำดับ และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียน แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 89.58 และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 76.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 ความสามารถระดับดีมาก และ ดี ตามลำดับ
3. นักเรียนกลุ่มเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. นักเรียนกลุ่มเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนซึ่งพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ภาควิชา หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา

ลายมือชื่อนิติศ _____

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____

ปีการศึกษา 2552



5083423927 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEY WORDS : INQUIRY-BASED LEARNING MODEL / FADING SCAFFOLDING TECHNIQUE / BIOLOGY CONCEPTS / EXPLANATION MAKING ABILITY.

SUPATRA CHANTARAKOSIT : EFFECTS OF USING INQUIRY - BASED LEARNING MODEL WITH FADING SCAFFOLDING TECHNIQUE ON BIOLOGY CONCEPTS AND EXPLANATION MAKING ABILITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PIMPAN DACHAKUPT, Ph.D., 193 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this research were to 1) investigate biology concepts of students learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding, 2) investigate explanation making ability of students learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding, 3) compare biology concepts of student between group learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding and group learned through inquiry-based learning model, and 4) compare explanation making ability of students learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding and group learned through inquiry-based learning model. The samples were two classroom of ten grade students at Bangkok Christian College who studied in first semester of the academic year 2009. The inquiry-based learning model with fading scaffolding was implemented to the group of 48-student-classroom and the inquiry-based learning model was implemented to another classroom of 50 students. There were 2 research instruments, which were 1) biology concepts test with the level of reliability at 0.83, the level of difficulty between 0.33 - 0.77, and the level of discrimination between 0.25 -0.88 and 2) the explanation making ability test, which was consisted of 2 sections. The first section was the evaluation form of scientific explanation making process and the second section was the explanation making test with the level of reliability at 0.83, the level of difficulty between 0.22 - 0.26, and the level of discrimination between 0.55 -0.63. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The biology concepts' mean score of students who learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding was at the percentage of 71.53, which higher than the criterion score set at the percentage of 70.

2. The mean score of explanation making ability of students who learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding can be divided into 3 phases i.e. (1) guided inquiry, (2) less-guided inquiry, and (3) unguided inquiry. Students' mean score of explanation making ability were at the percentages of 70.83, 77.08, and 89.58 in sequence and the mean score of explanation making ability were at the percentage of 78.33, 88.33, and 95.00 in sequence, which were higher than the passing level of criterion score set at the percentage of 70, and can be rated as good, good and excellence in sequence.

Students' percentages of mean score of explanation making ability after learning had 2 sections; mean score of explanation making process was at the percentages of 89.58 and mean score of explanation making was at the percentage of 76.47, which were higher than the criterion score set at 70. Consequently, the ability in making explanation can be rated as excellence and good in sequence.

3. Percentage of biology concepts' mean score of students who learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding was higher than percentage of biology concepts' mean score of students who learned through inquiry-based learning model at 0.05 level of significance.

4. Percentage of explanation making ability's mean score of students who learned through inquiry-based learning model with fading scaffolding was higher than percentage of explanation making ability's mean score of students who learned model at 0.05 level of significance.

Department Curriculum, Instruction, and Educational Technology

Student's Signature _____

Field of Study Science Education

Advisor's Signature. _____

Academic Year 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้การอบรมสั่งสอน คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและข้อคิดต่างๆอันเป็นประโยชน์และมีคุณค่า ยิ่งต่อการวิจัย และการประกอบวิชาชีพครู ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ลัดดา ภู่เกียรติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะศิริ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ในการให้การอบรมและสั่งสอนอันเป็นประโยชน์ต่อการประกอบวิชาชีพครู

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้บริหาร โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยตลอดจนคณาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาให้โอกาสในการทำงานวิจัย และให้กำลังใจจนสำเร็จลุล่วง และขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทำให้ผู้วิจัยดำเนินการตามแผน และสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาวและพี่ชายที่ให้ความรัก ความห่วงใย ความเข้าใจ และกำลังใจ พร้อมทั้งให้โอกาสทางการศึกษาและสนับสนุนในทุกด้านเสมอมาจนการวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณบุคคลอันเป็นที่รัก พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้ความห่วงใย ความเข้าใจ และเป็นกำลังใจที่ดีให้กันเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	8
สมมติฐานการวิจัย.....	8
ขอบเขตการวิจัย.....	10
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	71
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	98
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	106
สรุปผลการวิจัย.....	107
อภิปรายผล.....	108
ข้อเสนอแนะ.....	115
รายการอ้างอิง.....	117
ภาคผนวก.....	126
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....	127
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	129
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	157
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	181
ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้อย่างแบบสืบสอบ เป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ.....	186
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	193

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 5 ประการ.....	23
2	พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ.....	65
3	ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบเอฟ(F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2552.....	73
4	จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำแนกตามลักษณะของมโนทัศน์ของแต่ละหัวข้อเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต.....	75
5	จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจำแนกตามระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนก.....	77
6	เกณฑ์การประเมินของพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	79
7	เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนตามกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	80
8	เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง.....	83
9	บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ.....	88
10	การลดบทบาทการเสริมศักยภาพของครูในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ.....	92
11	ประเภทของการสืบสอบหัวข้อ จำนวนคาบ ระยะและประเภทของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพในหน่วยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต.....	93

ตารางที่		หน้า
12	ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนน มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ สืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ.....	99
13	จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทการสืบสอบ.....	101
14	ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และระดับ ความสามารถ ของคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และคะแนน เฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริม ศักยภาพ.....	103
15	ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติ ทดสอบที (t-test) ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยานักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่ม เปรียบเทียบ.....	104
16	ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติ ทดสอบที (t-test) ของคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างของนักเรียน กลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ.....	105
17	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อความถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของ แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา.....	182
18	ค่าระดับความยาก(P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายชื่อของแบบวัดมโนทัศน์ ทางชีววิทยา.....	183
19	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของ แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	184
20	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้าง.....	185
21	ค่าระดับความยาก(P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายชื่อของแบบประเมิน คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง.....	185
22	ขนาดของความสัมพันธ์ (r) ของการให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของ ผู้เชี่ยวชาญเป็นรายชื่อของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง...	185

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาท การเสริมศักยภาพ.....	7
2	Model of Inquiry –based learning.....	28
3	ลักษณะของแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ.....	40
4	ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รูปแบบการเรียนรู้ แบบสืบสอบเป็นฐาน ลักษณะสำคัญของการสืบสอบ และเทคนิคการลดบทบาท การเสริมศักยภาพเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ทางชีววิทยา.....	53
5	รูปแบบการวิจัยแบบ Two - group pretest-posttest design.....	71
6	การขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) ของนักเรียนรายบุคคล.....	102

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

สังคมโลกปัจจุบันเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge based society) บุคคลในสังคมจึงต้องสามารถจัดการหาความรู้ที่ต้องการมาให้ได้ เพื่อนำมาใช้อำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต การทำงาน ตลอดจนการพัฒนาประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก ชีวิตวิทยาจึงมีบทบาทสำคัญยิ่ง เพราะเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับคน สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีชีวภาพ อันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงผลผลิตทางการเกษตรกรรม อุตสาหกรรม สาธารณสุข และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้คุณภาพชีวิตของมนุษย์ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1) การรู้วิทยาศาสตร์จึงถือเป็นหัวใจสำคัญที่ใช้ในการแข่งขันกับเวทีระดับโลก และใช้เป็นดัชนีวัดระดับการพัฒนาของประเทศนั้น

รายงานของสถาบันนานาชาติเพื่อพัฒนาและการจัดการ (International Institute for Management Development : IMD) ได้จัดอันดับความสามารถในการแข่งขันให้กับประเทศต่างๆ รวม 55 ประเทศ พบว่าประเทศไทยมีอันดับความสามารถในการแข่งขันลดลง 5 อันดับ จากอันดับที่ 27 เป็นอันดับที่ 32 ทั้งนี้อันดับความสามารถของไทยระหว่างปี พ.ศ. 2549-2551 ได้รับการจัดอันดับอยู่อันดับที่ 31 30 และ 24 ตามลำดับ (เคลินิวส์, 2550: 3) และผลการจัดอันดับการศึกษาของไทยในภาพรวมประเมินการจัดอันดับ ในปี พ.ศ. 2545-2550 อยู่อันดับที่ 41 21 48 46 48 และ 46 จากจำนวนประเทศที่เข้าร่วม 49 30 60 60 61 และ 55 (ประชาชาติธุรกิจ, 2550: 4) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ประเทศไทยมีความสามารถในการแข่งขันลดลงเหตุผลสำคัญมาจากการพัฒนาปัจจัยพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีลดลง สอดคล้องกับการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ Program for International Student Assessment (PISA) ซึ่งมีการประเมินด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินพบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ PISA 2000 2003 และ

2006 ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD)ซึ่งกำหนดคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่ 500 คะแนน ประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ย 421 432 และ 429 ตามลำดับ จัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนรู้วิทยาศาสตร์เฉลี่ยอยู่ในกลุ่มต่ำ (สุนีย์ คล้ายนิลและปรีชาญ เดชศรี, 2549:61-79) สอดคล้องกับการเปรียบเทียบคะแนนสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(O-NET)ปีการศึกษา 2549-2551 อยู่ที่ร้อยละ 34.01 34.88 34.62 ซึ่งพบว่าในปี 2551 ได้คะแนนเฉลี่ยลดลง(สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2552 : online)

จากผลการประเมินดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนข้างต่ำและการประเมินด้านการรู้วิทยาศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด สาเหตุที่นักเรียนได้คะแนนต่ำเนื่องจากการทำข้อสอบแบบอัตนัยต้องอาศัยความสามารถในการเขียนตอบเพื่อสร้างคำอธิบาย ซึ่งนักเรียนขาดประสบการณ์ และขาดการฝึกทักษะการตีความ การคิดวิเคราะห์ การคิดไตร่ตรอง และสะท้อนความคิด(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2552: online) สอดคล้องกับรายงานสรุปผลการดำเนินงาน 9 ปีของการปฏิรูปการศึกษา(พ.ศ 2542 – 2551) ที่ได้สรุปปัญหาในประเด็นการพัฒนาคุณภาพการศึกษา/ผู้เรียน ด้านปัญหาการดำเนินงานในส่วนการศึกษาขั้นพื้นฐานพบว่า มีหลายปัจจัย ปัจจัยหลักคือครู โรงเรียนจำนวนหนึ่งขาดครู และบางแห่งไม่มีครูสอนเฉพาะวิชา หรืออาจเกิดจากหลักสูตรการเรียนการสอนที่มีการวัดและประเมินผลไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน เน้นการท่องจำ ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเบื่อการเรียน ไม่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ไม่เน้นการฝึกภาคปฏิบัติ และไม่เน้นการฝึกให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา ทั้งนี้ยังได้นำเสนอประเด็นเร่งด่วนที่ต้องแก้ไขเป็นอันดับแรก คือความสามารถในการอ่านและเขียน ที่พบว่ามิประชากรยังไม่รู้หนังสือและเด็กมีความสามารถในการอ่านอยู่ในระดับต่ำกว่าพื้นฐาน อ่านไม่ออกเขียนไม่ได้(ศึกษาธิการ, กระทรวง.สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552:7-9)จะเห็นได้ว่านักเรียนไทยมีปัญหาด้านการเขียนคำอธิบายและการสรุปความ (คมชัดลึก, 2551: 11) จากงานวิจัยของสุจิตรา เขียวศรี (2550: 126 -128) พบว่าสาเหตุที่ผู้เรียนมีปัญหาในการเขียนคำอธิบายมี 3 ประเด็นคือ 1) นักเรียนขาดความสามารถในการรวบรวมข้อมูลและสืบค้นแหล่งการเรียนรู้ 2)นักเรียนขาดประสบการณ์ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล และ 3)นักเรียนขาดความสามารถในการสังเคราะห์คำตอบจากหลายๆ แหล่งข้อมูล

จากสภาพปัญหาดังกล่าวแสดงว่านักเรียนมีปัญหาในเรื่องมโนทัศน์และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีผลงานวิจัยเพื่อพัฒนานักเรียนในด้านมโนทัศน์จำนวนมาก ได้แก่ ผลการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 (อิสรา ชัยพันธ์วิริยาพร, 2542) ผลของการใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 (สุวัฒน์ ไกรมาก, 2544) ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11 (จุฑารัตน์ ชานานุสาสน์, 2546) ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (เกรียงไกร อภัยวงศ์, 2548) และผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (ชุติมา รอดสุข, 2550) เป็นต้น สำหรับผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังไม่พบงานวิจัยในประเทศไทย

งานวิจัยเพื่อพัฒนาด้านมโนทัศน์และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นพบว่ามีงานวิจัยแต่มีจำนวนน้อยมาก ประกอบกับนักเรียนมีลักษณะเคยชินกับการเรียนที่ครูเป็นศูนย์กลาง ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมควรเป็นวิธีที่มีการช่วยเหลือแนะนำให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ วิธีดังกล่าวสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ซึ่งเป็นการดำเนินการเรียนการสอนที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด ลงมือสืบสอบหาความรู้เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ต่างๆให้แก่ผู้เรียนซึ่ง National Research Council (2000) อธิบายว่าการสืบสอบเป็นวิธีการต่างๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาสิ่งต่างๆ ที่มีในโลก และหาวิธีอธิบายโดยใช้หลักฐาน จากการปฏิบัติงาน กิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนที่เรียนแบบสืบสอบจะสร้างความรู้ของตนเองจากการลงมือปฏิบัติ โดยการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ วางแผน การค้นหาคำตอบ ใช้เครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสมในการรวบรวมข้อมูล สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ประเมินข้อสรุปจากทางเลือกต่างๆ และสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุป

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน (Inquiry - based learning model) มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (constructivist) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง โดยผู้สอนไม่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (cognitive structure) ของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญา หรือเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (unequilibrium) ซึ่งเป็นสถานะที่ประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ผู้เรียนต้องพยายามปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมแล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพชรวิญญู, 2548:24) ความรู้ที่เกิดขึ้นเป็นความรู้ที่คงทนและได้มโนทัศน์ใหม่ โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่เป็นไปได้ในกรณีนั้น ๆ ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ และได้มาจาก Good (1973 : 303) ซึ่งสอดคล้องกับ Carin and Sund (1975 : 22) ที่ได้อธิบายข้อดีของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า กระบวนการสืบสอบเป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางสติปัญญา จึงช่วยเพิ่มศักยภาพทางสติปัญญาและทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองดีขึ้น ทำให้มีความคาดหวังในตนเองในทางที่ดี จึงมีโอกาพัฒนาความสามารถพิเศษด้านต่างๆ ได้มาก ในกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ นักเรียนต้องมีส่วนร่วมในการทำงานของตนเอง จึงใช้เวลามากในการเรียน ทำให้เกิดกระบวนการซึมซับและปรับโครงสร้างความรู้ได้มากขึ้น ซึ่งการเรียนรู้ของผู้เรียนในยุคสังคมแห่งการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้ที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ไม่จำกัดเวลาและสถานที่ ผู้เรียนจึงต้องรู้บทบาทของตนเองและมีบทบาทในการเรียนมากขึ้น แต่ระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนแตกต่างกัน ผู้สอนจำเป็นต้องเลือกใช้และดัดแปลงวิธีสอนให้เหมาะสมกับบทเรียน โดยนำแนวคิด เทคนิค และวิธีการ เข้ามาช่วย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้กว้างขวาง รวดเร็ว และเข้าถึงแก่นของความรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทำกิจกรรมอย่างจริงจัง มีการร่วมมือระดมความคิดภายในกลุ่ม เป็นการพัฒนาทักษะทางสังคมให้กับผู้เรียน (Slavin, 1995: 49-69)

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบมีหลายประเภท Carin and Sund (1975: 58-59) ได้แบ่งประเภทของการสอนแบบสืบสอบโดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ คือ 1) การสืบสอบแบบมีการแนะนำ (guided inquiry) วิธีนี้ครูมีบทบาทเท่าเทียมกับนักเรียน 2) การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ (less -guided inquiry) วิธีนี้ครูลดบทบาทลงและนักเรียนมีบทบาทมากขึ้น และ 3) เป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ (unguided inquiry) วิธีนี้นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือแทบไม่มีบทบาท ซึ่งการจัดการเรียนการสอนส่วนใหญ่

จะเป็นการสืบสอบแบบมีการแนะนำ(guided inquiry)และใช้ประเภทใดประเภทหนึ่งเท่านั้น การทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองต้องอาศัยการฝึกฝนจากการสืบสอบแบบมีการแนะนำ(guided inquiry)ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ(less – guided inquiry) จนเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ(unguided inquiry)จะทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เมื่อมโนทัศน์ถูกต้องก็จะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานสำหรับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ดังที่ สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science) (AAAS ,1993 :12)ได้กล่าวถึงการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การสืบสอบทางวิทยาศาสตร์มักจะเกี่ยวข้องกับการรวบรวมความสอดคล้องของหลักฐาน การใช้การให้เหตุผลเชิงตรรกะ และการนำจินตนาการไปใช้ในการตั้งสมมติฐาน และสร้างคำอธิบายเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักฐานที่รวบรวมได้” ซึ่งสอดคล้องกับ คณะกรรมการมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) ที่ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ประการ และระบุความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ในลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ประการที่ 3 ลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 5 ประการ มีดังนี้คือ 1) ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 5) ผู้เรียนสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง(National Research Council,1996) ซึ่งความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลมีไม่เท่ากัน แต่สามารถฝึกฝนให้เกิดความสามารถนั้นได้ แนวทางหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาคือการนำแนวคิดเกี่ยวกับการเสริมศักยภาพ (scaffold) มาใช้กับการจัดการเรียนการสอน

การเสริมศักยภาพ (scaffold)เป็นการเรียนการสอนที่อาศัยปฏิสัมพันธ์ของผู้สอนและผู้เรียน ผู้เรียนกับผู้เรียนหรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุน ผู้เรียนที่ไม่สามารถทำงานสำเร็จได้ด้วยตนเองให้สามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง และการช่วยเหลือจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานด้วยตนเองได้ แนวคิดการเสริมศักยภาพมีพื้นฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม(social constructivism)ที่มีความเชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นผู้ใหญ่หรือเพื่อนในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ตามบริบทของสังคม(social context)ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้

การเรียนรู้ต้องผ่านกระบวนการคิดโดยอาศัยภาษา(language)ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคน (inter communication) การสื่อสารภายในตนเอง (intra communication) ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น การคิดได้ลึกซึ่งจะต้องมีการแลกเปลี่ยนสาระในกลุ่มคนที่มีความแตกต่างหลากหลาย(dialectic) และจะต้องรู้ศักยภาพของผู้เรียนเพื่อพัฒนาจากระดับที่เป็นอยู่(actual stage)ซึ่งVygotsky (1978)ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้สอนคำนึงถึงความสัมพันธ์ของพัฒนาการ 2 ประเภทของผู้เรียนคือระดับพัฒนาที่เป็นจริง(Actual Development Level: ADL) และพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(Zone of Proximal Development : ZPD) โดยเน้นว่าผู้สอนควรมุ่งให้ผู้เรียนเกิดการขยายพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (ZPD) โดยจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนสร้างการเรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเสริมศักยภาพสามารถกระทำได้หลายรูปแบบขึ้นกับระดับความสามารถของผู้เรียน ดังนั้นผู้สอนจึงต้องพิจารณาเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม กล่าวคือ สำหรับผู้เรียนที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในเรื่องที่เรียนมาก่อนควรใช้การสาธิต การปฏิบัติหรือทำให้ดูเป็นตัวอย่าง เช่น การอธิบาย การคิดต่างๆ สำหรับผู้เรียนที่เริ่มปฏิบัติงานได้บางส่วนแต่ไม่สามารถทำงานนั้นได้สมบูรณ์ ควรใช้การใช้สิ่งเตือนหรือตัวชี้แนะ การใช้คำถามกระตุ้นเตือน การทำเป็นแบบอย่างบางส่วน การให้ข้อมูลป้อนกลับ กลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อน การจัดลำดับงานให้มีความซับซ้อนน้อยลง เป็นต้น

เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (fading scaffolding technique) เป็นเทคนิคหนึ่งในการเสริมศักยภาพที่ใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนและครูหรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุน ทำให้นักเรียนที่ไม่สามารถทำงานได้ด้วยตนเองให้สามารถกระทำสิ่งต่างๆ ได้ด้วยตนเอง โดยเริ่มจากครูเป็นผู้มีบทบาทมากที่สุดและค่อย ๆ ลดบทบาทลงไปเป็นมีบทบาทน้อยที่สุด ในขณะที่นักเรียนเริ่มจากมีบทบาทน้อยและค่อย ๆ เพิ่มบทบาทจนมีบทบาทมากที่สุดด้วยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การสาธิต การปฏิบัติหรือทำให้ดูเป็นตัวอย่าง การอธิบาย การคิดต่างๆ การใช้สิ่งเตือนหรือตัวชี้แนะ การใช้คำถามกระตุ้นเตือน การทำเป็นแบบอย่างบางส่วน การให้ข้อมูลป้อนกลับ เป็นต้น การจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนจะมีการปรับระดับจากการสืบสอบแบบมีการแนะนำ (guided inquiry) ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ (less – guided inquiry) และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ (unguided inquiry) การจัดการเรียนการสอน ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ แสดงแผนภาพที่ 1

รูปแบบการเรียนรู้ แบบสืบสอบเป็นฐาน (Inquiry -Based learning)	การลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (Fading scaffolding) ของครู		
1.ขั้นตั้งคำถาม(Ask) 2.ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate) 3.ขั้นสร้าง (Create) 4.ขั้นอภิปราย (Discuss) 5.ขั้นสะท้อน (Reflect)		บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	การสืบสอบ แบบมีการแนะนำ (Guided inquiry)	การสืบสอบ แบบมีการร่วมแนะนำ (Less -guides inquiry)	การสืบสอบ แบบไม่มีการแนะนำ (Unguided inquiry)

ภาพที่ 1 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

การเลือกใช้เทคนิคการเสริมศักยภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องจัดให้สอดคล้องกับบริบทของสังคม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการสืบสอบและการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นความเข้าใจที่คงทนและสามารถนำความรู้ไปใช้สร้างประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิต ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดนโยบายในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งเสริมผู้เรียนให้มี คุณธรรม รักความเป็นไทย ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ(กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นักเรียนจะมีความเข้าใจมโนทัศน์ได้ดีผ่านการฝึกสร้างมโนทัศน์ ซึ่งการสร้างมโนทัศน์นำไปสู่การสร้างคำอธิบาย ดังนั้นการสร้างคำอธิบายจึงต้องอาศัยการเสริมศักยภาพ และเมื่อพิจารณาเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานแล้วผู้วิจัยจึงคิดว่าหากนำมาใช้ร่วมกันจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

จากทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิด ดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ มาจัดการเรียนการสอนชีววิทยาเพื่อศึกษาผลที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ
3. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

สมมติฐานการวิจัย

การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (constructivist) และเป็นวิธีหนึ่งในการศึกษาเพื่อให้ได้มโนทัศน์ใหม่ โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่เป็นไปได้ในกรณีนั้น ๆ ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้และได้มายาก (Good, 1973: 303) สอดคล้องกับ Rowntree (1981:201) ที่กล่าวโดยสรุปว่า การเรียนรู้โดยการสืบสอบ (inquiry Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนพัฒนามโนทัศน์หรือหลักการนั้น และจากงานวิจัยของ Sandoval (2004) ยังพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบสามารถสนับสนุนการสร้างและประเมินคำอธิบายได้

เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (fading scaffolding technique) มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (social constructivism) อาศัยแนวคิดเกี่ยวกับการเสริมศักยภาพ (scaffold) และแนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) ซึ่ง Vygotsky (1978) อธิบายว่า เด็กทุกคนจะมีระดับพัฒนาการทางเขาวัวปัญญาที่ตนเป็นอยู่ (actual stage) และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึง (actual development)

:ADL) และช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพว่า Zone of Proximal Development (ZPD) ซึ่งจากงานวิจัยของ ปรีชา ศรีเรืองฤทธิ์ (2549) พบว่า การพัฒนา งานเขียนโดยมี ผู้สอน เพื่อน แหล่งเรียนรู้ และเทคโนโลยีเข้าช่วย และจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียน ทำงานเป็นกลุ่มแบบเพื่อนช่วยเพื่อน ผู้สอนช่วยผู้เรียน และผู้เรียนช่วยตนเอง สามารถช่วยให้ พื้นที่รอยต่อพัฒนาการเขียนของผู้เรียนพัฒนาขึ้น จากงานวิจัยของ ฤทัยรัตน์ ธรรมเสนา (2546) ที่ได้ เปรียบเทียบทักษะการคิดขั้นสูงของนักศึกษาพยาบาลที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบ ช่วยเสริมศักยภาพ (scaffolded Instruction) เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง พบว่า คะแนนเฉลี่ย ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการสรุปอ้างอิง ทักษะการสังเคราะห์ และทักษะการประเมินของกลุ่ม ทดลอง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และจากงานวิจัยของ สุจิตรา เขียวศรี (2550) ที่ ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การช่วยเสริมศักยภาพเพื่อ พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหา หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ค่อยๆ ลดบทบาทครูโดย เริ่มต้นจากการที่ครูมีบทบาทมาก (guided inquiry) ไปเป็นครูมีบทบาทลดลง (less-guide inquiry) และในที่สุดเป็นครูมีบทบาทน้อยหรือแทบไม่มีบทบาท (unguided inquiry) ซึ่งเป็นการสนับสนุน ให้ผู้เรียนที่ไม่สามารถทำงานได้ด้วยตนเองให้สามารถกระทำการต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง โดยผู้ให้ ความช่วยเหลือจะค่อยๆ ลดบทบาทการชี้แนะจนผู้เรียนสามารถกระทำการต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง การจัดกิจกรรมลักษณะนี้ช่วยให้เกิดการขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการให้มากขึ้น ทำให้ผู้เรียน เกิดการกำกับตนเองมากขึ้น (Berk and Winsler, 1995: 26-29) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชินะพัฒน์ ชื่นแฉ่ม (2542) ที่พบว่าการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนา ความสามารถในการเรียนรู้ของไวกอทสกีในกลุ่มทดลองมีการกำกับตนเองหลังการเรียน และความคงอยู่ของการกำกับตนเอง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมสอดคล้องกับงานของ McNeill. และคณะ (2006) ที่พบว่าเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพสามารถพัฒนา ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้อยู่แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่า ร้อยละ 70

2.นักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 70

3.นักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ขอบเขตการวิจัย

1.ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

2.ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

1) การเรียนการสอนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

2) การเรียนการสอนวิชาชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) มโนทัศน์ทางชีววิทยา

2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

3.เนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน คือ เนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ใช้เวลารวม 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ รวม 24 คาบ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองตามรูปแบบของ Gary D. Borich, Yung-Wei Hao and Wai-Lin Aw ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ

1. **ขั้นตั้งคำถาม (Ask)** หมายถึง ครูนำการตั้งคำถามด้วยการจัดกิจกรรม การสาธิตและการใช้ตัวอย่างจริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. **ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate)** หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวางแผนการตรวจสอบสมมติฐานและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและแหล่งเรียนรู้ต่างๆตามแผนที่วางไว้
3. **ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create)** หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปหลักฐานที่รวบรวมได้เพื่อสร้างคำอธิบาย
4. **ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss)** หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนนำคำอธิบายจากข้อ 3 มาทำการอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย
5. **ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect)** หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนไตร่ตรองและแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ จากนั้นเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ใหม่

เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ หมายถึง การที่ครูลดบทบาทการเสริมศักยภาพ ซึ่งการเสริมศักยภาพคือ กิจกรรมที่ครูจัดขึ้นด้วยการใช้เทคนิค ได้แก่ การปฏิบัติเป็นแบบอย่าง (modeling) การคิดต่างๆ (think aloud) การใช้ตัวชี้แนะ (prompt) เพื่อนช่วยเพื่อน (peer to peer) เพื่อนนิเทศเพื่อน (peer coaching) การใช้คำถามกระตุ้น (question) การให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) ในการเสริมศักยภาพ และค่อยๆ ปรับระดับกิจกรรมการเรียนการสอน เริ่มจากครูเสริมศักยภาพทุกภาระงานและให้นักเรียนทำตามคำแนะนำของครู (guided inquiry) จากนั้นครูลดบทบาทการเสริมศักยภาพโดยรวมแนะนำ (less-guided inquiry) และให้นักเรียนทำภาระงานบางส่วนด้วยตนเองตามลำดับ จนกระทั่งครูลดการเสริมศักยภาพโดยไม่แนะนำ (unguided inquiry) และให้นักเรียนทำภาระงานด้วยตนเองทั้งหมด เพื่อลดบทบาทครูจากการที่ครูมีบทบาทมากไปเป็นมีบทบาทน้อยหรือแทบไม่มีและขณะเดียวกันเพิ่มบทบาทของนักเรียนเป็นลำดับ จากที่มีบทบาทน้อยไปเป็นมีบทบาทมากที่สุด

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ที่มีการเสริมศักยภาพ 3 ระยะจากการสืบสอบแบบมีการแนะนำ (guided inquiry) ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ (less-guided inquiry) และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ (unguided inquiry) เพื่อลดบทบาทครูและขณะเดียวกันเพิ่มบทบาทของนักเรียนเป็นลำดับจากครูมีบทบาทมากไปเป็นครูมีบทบาทน้อยหรือแทบไม่มี ส่วนนักเรียนมีบทบาทน้อยไปเป็นมีบทบาทมากที่สุด โดยผ่านขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน 5 ขั้นคือ 1)ขั้นตั้งคำถาม (Ask)

2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ(Investigate) 3) ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) 4) ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) 5) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect)

มโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง ความเข้าใจในแนวความคิดสำคัญของเนื้อหาชีววิทยาวัดด้วยข้อสอบ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่ได้จากหลักฐาน การทดลองปฏิบัติการ การสืบค้นซึ่งวัดโดยใช้แบบประเมินประกอบด้วย 1) แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย และ 2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างที่ผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeille และคณะ เน้นการพิจารณา 3 ประเด็น คือ 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง 2) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และ 3) การให้เหตุผลและ ลงข้อสรุป

นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศึกษานิเทศก์ ครูพี่เลี้ยง และครูวิทยาศาสตร์ ใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

2. ใช้งานวิจัยเรื่องเดียวกันนี้เป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัยเพื่อศึกษาตัวแปรอื่นที่นอกเหนือจากมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสังเคราะห์ ทักษะการสืบค้น ทักษะการสืบสอบ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และความใฝ่เรียนรู้ เป็นต้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

- 1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
- 1.2 ความหมาย ลักษณะสำคัญ และหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
- 1.3 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
- 1.4 ประเภทการจัดการเรียนการสอนด้วยการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
- 1.5 บทบาทของครูและนักเรียน
- 1.6 ข้อดี และข้อจำกัด

2. เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

- 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการเสริมศักยภาพ
- 2.2 ความหมายและ องค์ประกอบของการเสริมศักยภาพ
- 2.3 แนวทางและเทคนิคการเสริมศักยภาพ
- 2.4 ขั้นตอนของการเสริมศักยภาพ
- 2.5 ข้อดีและข้อจำกัด

3. มโนทัศน์ทางชีววิทยา

- 3.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์
- 3.2 กระบวนการสร้างมโนทัศน์
- 3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

- 4.1 ความหมาย องค์ประกอบ และลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
- 4.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
- 4.3 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 5.1 งานวิจัยในประเทศ
- 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิด ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

กระบวนการสืบสอบเกิดขึ้นจากการที่ประเทศสหรัฐอเมริกาให้ความสำคัญด้านทางการศึกษา หลังจากพบว่าความรู้ทางด้านวิชาการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนผู้เรียนไม่สามารถรับรู้ได้ทั้งหมดหากผู้เรียนเรียนตามความรู้ที่มีอยู่นั้นจะทำให้ผู้เรียนค้นพบสิ่งใหม่ได้ช้า ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิด และแก้ปัญหาได้ ทำให้เกิดการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานขึ้น ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องและเป็นพื้นฐานความคิดที่สำคัญคือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget's Cognitive Development Theory) และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) แต่ละทฤษฎีกล่าวโดยสรุป ดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

Jean Piaget ได้ศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนหรือกระบวนการของพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่น โดยอธิบายว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์มีลักษณะเดียวกันในช่วงอายุเท่ากันและแตกต่างกันในช่วงอายุต่างกัน การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญาซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น พัฒนาการเป็นสิ่งที่เป็นไปตามธรรมชาติ ไม่ควรเร่งรัดเด็กให้ข้ามผ่านจากพัฒนาการขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่งเพราะจะทำให้เกิดผลเสียแก่เด็ก แต่การจัดประสบการณ์ส่งเสริมพัฒนาการของเด็กในช่วงที่เด็กกำลังพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงกว่า สามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว (Piaget, 1972) พัฒนาการทางสติปัญญาเป็นผลมาจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับกับสิ่งแวดล้อม โดยเชื่อว่า ทุกคนมีลักษณะพื้นฐานที่มีมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ (Wolfolk, 1995 : 30-31) คือ การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization) และการปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation)

1. จัดระบบ โครงสร้างทางความคิด (organization) เป็นกระบวนการจัดและรวบรวมความรู้และกระบวนการต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด (schema) อย่างเป็นระบบระเบียบและต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาอันเนื่องมาจากการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งโครงสร้างทางความคิดเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบและเก็บรวบรวมประสบการณ์และความรู้ในอดีต โดยอาจบรรจุทั้งความรู้และกระบวนการ

2. กระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล ประกอบด้วย 2 กระบวนการ (สุรางค์ โคว์ตระกูล, 2541:49) คือ

1) กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่เกิดจากผู้เรียนพบหรือมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และพยายามทำความเข้าใจโดยเชื่อมโยงกับความรู้หรือโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ (existing schema) เมื่อความรู้เดิมไม่สามารถนำมาอธิบายได้จะทำให้เกิดความขัดแย้งในความคิด (conceptual conflict) และเกิดความสงสัยขึ้น

2) กระบวนการปรับโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ หรือปรับความคิดเดิมให้สอดคล้องกับสิ่งใหม่ ถ้าข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่ได้ก็จะเกิดการปรับความคิดให้สอดคล้องกับข้อมูลนั้นๆ ทำให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) ซึ่งจะก่อให้เกิดภาวะขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น แต่ละขั้นมีช่วงคาบเกี่ยวกันและสัมพันธ์กับช่วงอายุ (Piaget, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา เขมมณี, 2548:64-65) โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-Motor Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุแรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การมอง การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว เป็นต้น เด็กในวัยนี้แสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญาด้วยการกระทำ สามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด การส่งเสริมให้เด็กมีโอกาสที่เผชิญกับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเองถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับพัฒนาการด้านสติปัญญา และความคิดในขั้นนี้ เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อยๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรมอย่างมีจุดมุ่งหมายและสามารถแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ แต่กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออกเป็นขั้นย่อยอีก 2 ขั้น คือ

2.1. ขั้นก่อนเกิดมโนทัศน์ (Preconceptual Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้นสามารถโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน แต่เหตุผลของเด็กวัยนี้ยังมีขอบเขตจำกัดอยู่ เพราะเด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลางถือความคิดตนเองเป็นใหญ่ และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริง นอกจากนี้ความเข้าใจต่อ สิ่งต่างๆ

ยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น ความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่พัฒนาเต็มที่ แต่พัฒนาการทางภาษาของเด็กเจริญรวดเร็วมาก

2.2. ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้นี่ก็ออกเองโดยไม่ใช่เหตุผล (Intuitive Thought) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ รวมทั้งตัวชี้ซึ่งรู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์แต่ไม่ชัดเจน สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้า รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลต่างๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหา การคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

3. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operation Stage) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7-11 ปีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้คือความสามารถในการคิดย้อนกลับ ความสามารถในการจำ ความสามารถในการจัดกลุ่มหรือจัดการ ความสามารถสนทนากับบุคคลอื่น และเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Formal Operational Stage) เริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอดเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่สามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่จะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีความจริง หรือสิ่งที่เป็นนามธรรม พัฒนาการทางการรู้คิด ซึ่งเพียเจต์ ได้ศึกษาไว้เป็นประสบการณ์สำคัญที่เด็กควรได้รับการส่งเสริมมี 6 ขั้น ได้แก่

4.1. ขั้นความรู้แตกต่าง (Absolute Differences) เด็กเริ่มรับรู้ในความแตกต่างของสิ่งของที่มองเห็น

4.2. ขั้นรู้สิ่งตรงกันข้าม (Opposition) ขั้นนี้เด็กรู้ว่าของต่างๆ มีลักษณะตรงกันข้ามเป็น 2 ด้าน เช่น มี-ไม่มี หรือ เล็ก-ใหญ่

4.3. ขั้นรู้หลายระดับ (Discrete Degree) เด็กเริ่มรู้จักคิดสิ่งเกี่ยวกับลักษณะที่อยู่ตรงกลางระหว่างปลายสุดสองปลาย เช่น ปานกลาง น้อย

4.4. ขั้นความเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง (Variation) เด็กสามารถเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่างๆ เช่น บอกถึงความเจริญเติบโตของต้นไม้

4.5. **ขั้นรู้ผลของการกระทำ (Function)** ในขั้นนี้เด็กจะเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง

4.6. **ขั้นการทดแทนอย่างลงตัว (Exact Compensation)** เด็กจะรู้ว่าการกระทำให้ของสิ่งหนึ่งเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลต่ออีกสิ่งหนึ่งอย่างหักเหเหมือนกัน

สรุปได้ว่า พัฒนาการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นเมื่อเด็กได้รับประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่ โดยการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม แล้วเกิดการซึมซาบเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา หากประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่เข้ากันได้กับความรู้เดิมจะก่อให้เกิดสภาวะสมดุล แต่ถ้าไม่สามารถเข้ากันได้ก็จะเกิดสภาวะไม่สมดุล เด็กก็จะปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลอีกครั้ง ทำให้เด็กมีพัฒนาการสูงขึ้น

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่เน้นการเรียนรู้ด้วยการกระทำ ของตนเอง โดยให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาทำให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาโดยผู้เรียนจะต้องพยายามคิดหรือกระทำอย่างใดก็ตาม จนสามารถนำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาที่สามารถคลี่คลายสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้ ซึ่งความรู้ใหม่ที่ได้สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Jean Piaget's Cognitive Development Theory) และทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของวิกตอร์สกี (Vygotsky's Socialhistorical)

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เน้นที่การพัฒนาของการคิดเชิงเหตุผลที่มีกระบวนการสร้างอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมเน้นการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนจากการได้สัมผัสประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติ โดยพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของผู้เรียนจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนเกิดกระบวนการดูดซึม (assimilation) ประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างที่มีอยู่เดิม หากประสบการณ์ใหม่ไม่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ จนเกิดเป็นสภาวะความขัดแย้งทางปัญญา (cognitive conflict) หรือเกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้น (disequilibrium) ผู้เรียนจะพยายามหาค้นหาคำตอบโดยนำแนวคิด ทฤษฎีจากประสบการณ์เดิมของตนมาสร้างคำตอบหรือตั้งสมมติฐานเพื่อหาทดลองหรือหาคำตอบด้วยวิธีการต่างๆ ซึ่งเมื่อค้นพบคำตอบแล้วประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ จะทำให้ผู้เรียนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) ให้กลับสู่สภาวะสมดุล (equilibrium) แต่หาก

ประสบการณ์ใหม่นั้นตรงกันกับประสบการณ์เดิม ข้อมูลนั้นก็จะถูกดูดซึม (assimilation) เข้าสู่ความเข้าใจใหม่แก่ผู้เรียน (Lleylynn, 2002: 31 และ ทิศนา แคมมณี, 2548: 90-94)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมของวิกิออสกี เน้นที่บทบาทของภาษาและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในการสร้างความรู้ ส่งผลให้มีสมมติฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้ และการสร้างผลงานออกมาแตกต่างกัน วิกิออสกี อธิบายว่า มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมมาแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้วยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมคือวัฒนธรรมที่สังคมสร้างขึ้น ดังนั้นสถาบันทางสังคมมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการทางเซาว์ปัญญา การสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนจึงเน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล และการช่วยเหลือให้ผู้เรียนมีความก้าวหน้าอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วย ซึ่งจะสามารถช่วยเหลือผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ หรือเรียกว่า “Zone of proximal development” ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมศักยภาพ (scaffolding) (ทิศนา แคมมณี, 2548: 90-94) ดังนั้น การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งทางด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป

สรุปได้ว่าแนวคิดและหลักการสำคัญของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาให้ก้าวหน้าขึ้นได้เสมอ โดยอาศัยกระบวนการ พัฒนาโครงสร้างทางปัญญาภายในของบุคคล และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งต่างๆ รอบตัว การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนมีโอกาสได้รับข้อมูลประสบการณ์ใหม่ๆ เข้ามา และใช้กระบวนการทางสติปัญญาของตนคิดกลั่นกรองข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งส่งผลให้มีความรู้ความเข้าใจและการคงความรู้นั้นไว้ (Retention) มีหลัก 3 ประการ คือ

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้ มิใช่เป็นการซึมซับหรือการบันทึกข้อมูลที่รับเข้ามาเป็นส่วน ๆ
2. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับความรู้เดิม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่
3. สถานการณ์ หรือบริบทของการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญของการสร้างความรู้

1.2 ความหมาย ลักษณะสำคัญ และหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

ความหมายของคำว่าสืบสอบ (inquiry) นักการศึกษาไทยเรียกชื่อต่าง ๆ กันออกไป เช่น การสืบสอบ การสืบเสาะ การคิดค้น การสืบสวนสอบสวน การสืบเสาะหาความรู้ซึ่งทุกชื่อมีความหมายในทำนองเดียวกัน สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ขอใช้คำว่า “การสืบสอบ”

Sund (1967: 37) ได้ให้ความหมายของการสืบสอบกล่าวโดยสรุปว่า การสืบสอบเป็นความต้องการที่จะให้นักเรียนค้นพบว่านักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบสิ่งต่าง ๆ อย่างไร การสืบสอบจึงหมายถึงการค้นคว้าหาความรู้หรือความจริง เน้นการค้นหา มากกว่าการค้นพบ สิ่งสำคัญคือครูต้องสอนให้นักเรียนรู้จักวิธีการเรียนรู้

Barry K. Beyer (1971 : 6) อธิบายความหมายของการสืบสอบ กล่าวโดยสรุปว่าเป็นวิธีการที่จะรู้ เมื่อใดที่ผู้เรียนได้ลงมือสอบสวน หรือพยายามหาคำตอบของคำถามที่เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนกำลังปฏิบัติการสืบสอบ

Good (1973 : 303) อธิบายความหมายของการสืบสอบไว้ 3 แนวทาง ดังนี้

1. เป็นวิธีหนึ่งในการศึกษา เพื่อให้ได้มโนทัศน์ใหม่ โดยดำเนินการเพื่อให้ได้ความรู้ที่เป็นไปได้ในกรณีนั้น ๆ ซึ่งเป็นความรู้ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ และได้มายาก
2. เป็นเทคนิคหรือกลวิธีหนึ่ง ในการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยมีการกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น ตั้งคำถาม แล้วหาคำตอบด้วยตนเอง
3. เป็นวิธีการแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง ที่มีกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้โดยเผชิญกับเหตุการณ์ที่ท้าทายความคิด วิธีการนี้เริ่มต้นด้วยการสังเกตอย่างเป็นระบบ ออกแบบ การวัดแยกสิ่งที่สังเกตกับสิ่งที่อ้างอิง คิดหาวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และเป็นวิธีการที่ทดสอบได้ และสรุปผลอย่างมีเหตุผล

Carin and Sund (1975 : 74-75) อธิบายความหมายของการสืบสอบ กล่าวโดยสรุปว่าในการสืบสอบ บุคคลมีแนวโน้มที่จะกระทำวิธีการต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาที่สงสัย โดยบุคคลนั้นเป็นผู้ริเริ่มปัญหา ตั้งสมมติฐาน และออกแบบการทดลองเองหรือเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการใช้กระบวนการทางสมองในการอ้างเหตุผลอย่างมั่นใจ

คณะกรรมการสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Research Council.,2000) อธิบายความหมายของการสืบสอบกล่าวโดยสรุปว่า เป็นวิธีการต่างๆที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาสิ่งต่างๆ ที่มีในโลก และหาวิธีอธิบายโดยใช้หลักฐาน จากการปฏิบัติงานและการสืบสอบยังอาจหมายถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผู้เรียนพัฒนาความรู้และความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เรียนที่เรียนแบบสืบสอบจะสร้างความรู้ของตนเองจากการลงมือปฏิบัติ โดยการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ วางแผน การค้นหาคำตอบ ใช้เครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสมในการรวบรวมข้อมูล สร้างข้อสรุปจากหลักฐาน ประเมินข้อสรุปจากทางเลือกต่าง ๆ และสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับข้อสรุป

Orlish., et al.(2001) อธิบายความหมายของการสืบสอบ กล่าวโดยสรุปว่าการสอนแบบสืบสอบเป็นการสอนที่ผู้เรียนและผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ถาม ผู้ค้นหา ผู้ตั้งปัญหา และผู้พิจารณาโดยการสืบสอบต้องอาศัยกระบวนการพื้นฐานได้แก่ การสังเกต การจัดกลุ่ม การคำนวณ การวัด การโยงความสัมพันธ์

กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ (2520:96)นิยามความหมายของการสอนแบบสืบสอบว่า เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนค้นหาคำตอบด้วยตนเองและสร้างนิสัยให้ผู้เรียนเป็นคนช่างคิด รู้จักซักถาม และแก้ปัญหาได้ จึงเป็นวิธีที่สอดคล้องกับหลักจิตวิทยา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนกระตือรือร้นและเชื่อมั่นในตนเอง

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531: 125) อธิบายความหมายของการสืบสอบ กล่าวโดยสรุปว่าการสืบสอบ หมายถึง การค้นหาข้อมูล ข้อเท็จจริง ความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วยการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนด้วยการสำรวจตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน หรือด้วยการวิจัย

โดยสรุป การสืบสอบ หมายถึง การสร้างความรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติ ค้นหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และจากการศึกษาความหมายของการสืบสอบทำให้สรุปความหมายของการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ได้ว่า การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง จากการตั้งคำถามสำรวจค้นหา ตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูลตลอดจนสร้างคำอธิบายและข้อสรุปด้วยตนเอง เพื่อแก้ปัญหาหรือหาข้อเท็จจริง

ลักษณะสำคัญของการสืบสอบ

คณะกรรมการมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) กำหนดลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ประการ ดังนี้คือ (National Research Council, 1996)

1. **ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์** คือ การที่ผู้เรียนมีส่วนในการกำหนดปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยตั้งคำถามด้วยตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำข้อมูลมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งคำถามที่ตั้งขึ้นต้องสามารถสืบค้นความจริงได้ด้วยการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และควรเป็นปัญหาวิทยาศาสตร์ที่สามารถอธิบายได้จากการทดลองในชั้นเรียน

2. **ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน** คือ การที่ผู้เรียนทำความเข้าใจและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐาน ซึ่งหลักฐานที่นำมาใช้มาจากการวัด การสังเกตจากสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 เพื่อสนับสนุนการทดลอง การอธิบาย และสรุปผลได้

3. **ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์** คือ การที่ผู้เรียนยืนยันหรือสรุปคำตอบจากคำถามอย่างมีเหตุผล โดยสร้างความสัมพันธ์จากหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและทดลองเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและข้อโต้แย้งที่ชุมชนวิทยาศาสตร์ยอมรับ โดยผ่านการวิพากษ์วิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การอ้างอิง และการพยากรณ์ รวมถึงกระบวนการให้เหตุผลอย่างมีวิจารณญาณ และเป็นตรรกะ เป็นต้น

4. **ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์** คือ การที่ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกัน โดยผ่านการ ประเมินและเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำอธิบายของผู้เรียนควรมีความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในขณะนั้น

5. **ผู้เรียนสื่อสารและแสดงผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง** คือ การที่ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้อื่น โดยการสื่อสารและการอธิบายอย่างมีเหตุผลจากการอภิปรายในห้องเรียน การนำเสนอในงานประชุม การเขียนบทความในวารสาร หนังสือ หนังสือพิมพ์ เพื่อการเปิดโอกาสให้คนอื่นสามารถซักถามท้วงติงหรืออภิปรายเกี่ยวกับความคิดของผู้เรียนได้

ลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ประการ สามารถแสดงระดับของการสืบสอบตามบทบาทของครูและนักเรียน แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ 5 ประการ

(National Research Council, 1996)

คุณลักษณะสำคัญ	ปริมาณที่ผู้เรียนซึ่งนำการเรียนรู้ด้วยตนเอง			
	มากกว่า	-----	-----	น้อยกว่า
	ปริมาณที่ผู้สอนหรือสื่อซึ่งนำการเรียนรู้			
	น้อยกว่า	-----	-----	มากกว่า
1. ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนตั้งคำถามเอง	ผู้เรียนเลือกคำถามที่มีอยู่และตั้งคำถามใหม่	ผู้เรียนปรับแก้คำถามจากคำถามที่มีอยู่แล้ว	ผู้เรียนสนใจในคำถามที่มีอยู่แล้ว
2. ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน	ผู้เรียนวิเคราะห์ว่าหลักฐานต้องประกอบด้วยอะไรบ้างและเก็บรวบรวมหลักฐาน	ผู้เรียนเก็บรวบรวมข้อมูลตามคำชี้แนะ	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามคำชี้แนะ
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนสรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนสรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานตามคำชี้แนะ	ผู้เรียนได้รับคำชี้แนะแนวทางที่เป็นไปได้ในการเพื่อสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับวิธีการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนหาแหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงกับคำอธิบายด้วยตนเอง	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะสาขาวิชาและแหล่งเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงกับคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับทางเลือกในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับวิธีการทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายตามคำชี้แนะ
5. ผู้เรียนสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	ผู้เรียนให้เหตุผลและข้อโต้แย้งประกอบคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง	ผู้เรียนได้รับการฝึกเพื่อพัฒนาการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับคำชี้แนะแนวทางกว้างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับวิธีการที่ใช้ในการสื่อสารและขั้นตอนการสื่อสาร

หลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน

การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน มุ่งสร้างเสริมให้นักเรียนเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน ดังนี้

Schwab (1962:102) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบจะประสบผลสำเร็จได้หากนักเรียนมีส่วนร่วมในการที่จะพบปัญหา และวิธีสอนที่ดีที่สุดคือให้นักเรียนได้เข้าไปปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง จึงเกิดความคิดในการแก้ปัญหาเหล่านั้น

Suchman (1962:1) ศึกษาทดลองและจัดตั้งโครงการสอนแบบสืบสอบขึ้น ได้ให้แนวคิดและวิธีดำเนินการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐานเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการค้นคว้า และสืบสอบความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดอย่างมีเหตุผล การสอนแบบนี้จะก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้มากกว่าการสอนที่ครูเป็นผู้บอกทั้งหมด ผู้เรียนมีอิสระในการหาความรู้ได้เป็นอย่างดี เพราะนักเรียนสนุกสนานสามารถร่วมกิจกรรมได้อย่างอิสระและความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนแบบสืบสอบจะมีคุณค่า มีความหมายสำหรับเด็กมากกว่าความรู้ที่ได้จากคนอื่นบอกให้จำ เพราะนักเรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง ความรู้ที่เกิดขึ้นด้วยวิธีนี้จะฝังแน่นและเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนไปได้นาน

Clark (1973 : 401-408) ได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐานไว้ สรุปดังนี้

- 1.ครูพยายามชักจูงนักเรียนให้คิดด้วย ดังนี้
 - 1.1 ถามคำถามให้คิด
 - 1.2 ถามให้ตีความ อธิบายและตั้งสมมติฐาน
 - 1.3 ถามให้หลักการมาปรับใช้กับสถานการณ์แตกต่างกัน
 - 1.4 ถามเพื่อการรวบรวมข้อมูลและความรู้ต่าง ๆ
 - 1.5 เสนอปัญหาแก่นักเรียน โดยการให้คาดการณ์ล่วงหน้า

2.ครูพยายามที่จะสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการกระตุ้นนักเรียนให้ทดลองโดยใช้ความคิดของตนเอง ดังนี้

2.1 สนับสนุน

2.2 เสริมแรง

2.3 การยอมรับ

2.4 กระตุ้นและพิสูจน์เพื่อนำไปสู่เรื่องราวนั้น

2.5 ยอมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง

2.6 กระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดและวิเคราะห์ความคิดที่แตกต่าง ดีความ จากข้อมูลนั้น

3.การสอนแบบสืบสอบ ส่วนใหญ่จะรวมเอาวิธีการของการแก้ปัญหา (Problem Solving) ไม่ว่าจะเป็นวิธีแก้ปัญหของคนเดียวหรือกลุ่ม

4.วิธีการสอนแบบสืบสอบเป็นการสอนแบบอิสระ

Esler and Esler (1985) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ 3 แนวทาง ดังนี้

1.แนวทางที่ใช้เหตุผล เป็นแนวทางที่เน้นให้นักเรียนใช้เหตุผลในการตอบคำถามจนบรรลุเป้าหมาย

2.แนวทางที่มีการค้นคว้า เป็นแนวทางที่เน้นให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือต่างๆ ในการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหา แบ่งเป็น การค้นคว้าของนักเรียนเอง และ การค้นคว้าตามแนวทางที่ครูกำหนด

3.แนวทางที่มีการทดลอง เป็นแนวทางที่เน้นให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานและปฏิบัติการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน เพื่อสรุปคำตอบของปัญหา

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ได้วิเคราะห์แนวทางการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับหลักการสอน ดังนี้

1.กิจกรรมและลำดับขั้นของกิจกรรม ในการสอนแต่ละครั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้แบ่งกิจกรรมออกเป็น 4 อย่าง เรียงลำดับ คือ

1.1 การนำเข้าสู่บทเรียน โดยการตั้งปัญหา

1.2 การอภิปรายก่อนการทดลอง

1.3 การทดลอง

1.4 การอภิปรายหลังการทดลอง

2.นักเรียนคือผู้ค้นพบ นักเรียนเป็นผู้ทดลอง สังเกต บันทึกข้อมูล และในที่สุดก็เป็นผู้สรุปโดยผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ บทบาทของครู ตามแนวการสอนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยหรือให้คำแนะนำนักเรียนเท่านั้น เมื่อนักเรียนมีข้อแย้งตอนใดครูจะหาวิธีตอบคำถามนักเรียนในแนวทางที่จะกระตุ้นให้คิดและจะพยายามแนะนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง

3.จุดหมายปลายทางของการสอน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชี้แจงว่าการเรียนการสอนแบบนี้จะไม่เน้นเนื้อหาวิชาแต่เพียงอย่างเดียว แต่จะมุ่งพัฒนาทักษะต่าง ๆ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน

โดยสรุปหลักการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบ คือ การฝึกให้นักเรียนคิดค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ และสืบสอบความรู้ด้วยตนเองโดยครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยโดยถามให้คิด หรือเสนอปัญหาแก่นักเรียน และสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการกระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิด

1.3 รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน นักการศึกษาเสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ไว้หลายแบบ ดังนี้

Massailas and Cox (1968 : 115-121) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานตามขั้นตอนดังนี้

1.ขั้นเตรียมตัวเพื่อเผชิญปัญหา (Orientation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เห็นหรือเริ่มรู้ปัญหาซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการอ่านข้อความจากแบบเรียนหรือบทความที่ครูเตรียมไว้เป็นเครื่องสะท้อน (Spring board) ให้เกิดความคิด เกิดปัญหา หรือครูอาจเป็นผู้เตรียมไว้แล้วยกปัญหาหรือตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์วิจารณ์ สรุปความจากการซักถามเพื่อให้เกิดความสงสัย อันจะนำไปสู่การหาคำตอบจากการแสวงหาข้อมูลอย่างมีระบบต่อไป

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน(Hypothesis) เป็นการกำหนดแนวทางให้นักเรียนแสวงหาข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยการพิจารณาเรื่องราวที่เกี่ยวกับปัญหาที่นักเรียนได้วิเคราะห์ในขั้นที่ 1 แล้วสรุปคำตอบที่คาดว่าจะเป็นไปได้ ซึ่งจะต้องหาหลักฐานมาพิสูจน์หรือทดสอบ

3.ขั้นนิยามความหมาย (Definition) เป็นการขยายความหรือให้ความหมายของคำเพื่อให้เข้าใจตรงกันซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสืบสอบข้อมูลมาทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้ถูกต้อง

4.ขั้นสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (Exploration) เป็นการสำรวจข้อมูล โดยการสำรวจว่า ข้อมูลใดสอดคล้องหรือคัดค้านกับข้อสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

5.ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล (Evidencing)เป็นการนำข้อมูลที่หามาได้(จากข้อ4) มาสนับสนุนและพิสูจน์สมมติฐาน โดยการค้นคว้าตามแนวของสมมติฐานที่นักเรียนช่วยกันตั้งขึ้น

6.ขั้นสรุป(Generalization)เป็นการสรุปคำตอบของประเด็นปัญหาจากหลักฐานที่ค้นคว้า มาได้ทั้งหมด ดังนั้นข้อสรุปนี้จึงมีคุณสมบัติชั่วคราว เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติม ข้อสรุปก็อาจเปลี่ยนแปลงได้

Romey (1968: 16) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ตามขั้นตอนดังนี้ ซึ่งเน้นบทบาทครูในการดำเนินกิจกรรม สรุปดังนี้

1.ขั้นเสนอปัญหาและข้อมูลพื้นฐาน ครูเป็นผู้เสนอปัญหาพร้อมกับข้อมูลพื้นฐาน ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ

2.ขั้นแปลความหมายข้อมูล ครูนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนจัดกระทำหรือ แปลความหมายข้อมูล

3.ขั้นอ้างหลักการ ครูนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนนำผลการจัดกระทำหรือ แปลความหมายข้อมูลมาอ้างตามหลักเหตุผล

4.ขั้นสรุป ครูนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนนำหลักฐานหรือหลักการมาอ้างเพื่อสรุป เป็นความรู้

Renner and Stafford (1972 : 16) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.ขั้นศึกษาสำรวจ (Exploration) ครูเสนอปัญหาให้นักเรียนหาคำตอบ จัดเตรียมอุปกรณ์ และให้แนวทางในการใช้อุปกรณ์เพื่อสังเกต และสำรวจหาคำตอบตามแนวทางที่กำหนด

2.ขั้นสร้าง (Invention) นักเรียนนำผลจากการศึกษาสำรวจมาวิเคราะห์และรายงานผล อันเป็นความรู้ที่สร้างขึ้น

3.ขั้นค้นคว้า (Discovery) ครูตั้งปัญหาและจัดอุปกรณ์แล้วครูนำอภิปรายให้นักเรียนได้ ใช้ความรู้หรือวิธีการเดิมในการค้นคว้าหาคำตอบ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความรู้นั้น ได้สมบูรณ์ ยิ่งขึ้น

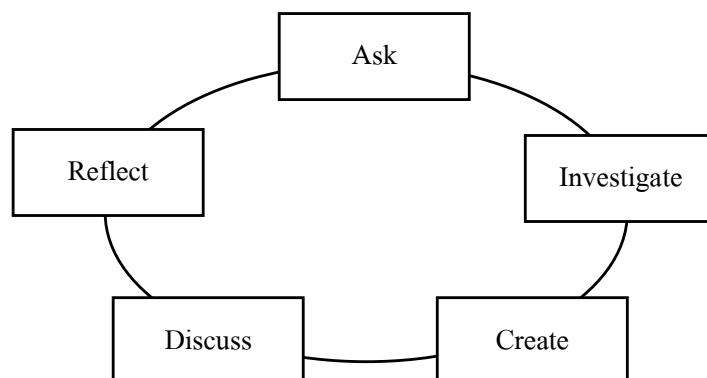
Martin et al. (1988 : 17) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยครูและนักเรียนร่วมมือกันหาวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อเท็จจริง
2. ขั้นตั้งปัญหาและตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นทดสอบสมมติฐาน
4. ขั้นสรุปวิธีการแก้ปัญหาหรือย้อนหลังไปดำเนินการใหม่

Jacobsen et al. (1989) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นเสนอปัญหา ครูพิจารณาเนื้อหาสาระแล้วระบุปัญหาที่สืบสอบ
2. ขั้นตั้งสมมติฐาน ครูอาจเป็นผู้ตั้งสมมติฐานหรือใช้คำถามถามนำเพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน
3. ขั้นรวบรวมข้อมูล ครูอาจให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากสื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ หรือทำการทดลองซึ่งทำได้ทั้งในและนอกชั้นเรียน หรืออาจทำการทดลองที่บ้านเพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานตามสมมติฐานที่ตั้งไว้
4. ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ครูนำการอภิปรายให้นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่าง ๆ เพื่ออำนวยการตรวจสอบสมมติฐาน แล้วสรุปเป็นคำตอบซึ่งเป็นสาระสำคัญของบทเรียน

Ai-choo Ong and Gary D.Borich (2006) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้น แสดงดังแผนภาพ



แผนภาพที่ 2 Model of Inquiry –based learning

1. ขั้นตั้งคำถาม (Ask) หมายถึง ครูนำการตั้งคำถามด้วยการจัดกิจกรรม การสาธิตและการใช้ตัวอย่างจริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนด
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวางแผนการตรวจสอบสมมติฐานและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและแหล่งเรียนรู้อื่นๆตามแผนที่วางไว้
3. ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปหลักฐานที่รวบรวมได้เพื่อสร้างคำอธิบาย
4. ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนนำคำอธิบายจากข้อ 3 มาทำการอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย
5. ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนไตร่ตรองและแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ จากนั้นเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ใหม่

จันทรเพ็ญ เชื้อพานิช (2527) ได้กล่าวถึง การเรียนการสอนตามลำดับขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งครูจะต้องมีเทคนิคการสอนต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอนในรูปแบบต่างๆ นำไปสู่ประเด็นที่จะให้มีการอภิปราย การเรียนการสอนในขั้นนี้ เรียกว่า ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เพราะเป็นขั้นเตรียมนักเรียนให้พร้อมให้นักเรียนเกิดความสนใจ อยากเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน
2. ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายและการทดลอง เมื่อได้ประเด็นปัญหาสำหรับการอภิปรายแล้ว ครูจะต้องใช้เทคนิคการถาม ถามคำถามที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กันเพื่อให้ได้มีการอภิปรายหาคำตอบที่จะเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง
3. กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถาม นอกจากครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดและตอบคำถามแล้ว ครูยังต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามด้วยหรือพยายามเชื่อมโยงคำตอบของนักเรียนไปสู่คำถามใหม่ ซึ่งจะช่วยขยายแนวความคิด หรือขยายคำตอบเดิมให้ชัดเจนขึ้นให้มีการสืบสอบจนได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ขึ้น
4. ในระหว่างที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลอง ครูควรสังเกตและคอยเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้เอง
5. ตั้งคำถามที่จะใช้ในการอภิปรายสรุปผลการทดลอง ในขั้นของการอภิปราย สรุปผลการทดลองครูจะต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นแนวทางในการตั้งคำถาม ข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายคือ ความรู้ที่นักเรียนสืบสอบด้วยตนเอง
6. ใช้เทคนิคการสอนอื่นๆ เช่น การเสริมพลัง การเร้าความสนใจ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากสืบสอบหาความรู้ เกิดแนวคิดในการแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ได้เสนอขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบไว้ 5 ขั้นตอน

1. ขั้นสร้างสถานการณ์หรือปัญหา
2. ขั้นอภิปรายกำหนดแนวทางคำตอบ ครูนำอภิปรายเพื่อกำหนดแนวทางของปัญหา
3. ขั้นอภิปรายเพื่อออกแบบการทดลอง ครูนำอภิปรายเพื่อออกแบบการทดลอง
4. ขั้นดำเนินการทดลอง นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามที่ออกแบบไว้ บันทึกผลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน
5. ขั้นอภิปรายสรุปผลการทดลอง ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนนำผลการทดลองมาอ้างอิงเพื่อสรุปผล

โดยสรุปรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานประกอบด้วย 5 ขั้น คือ

- 1) ขั้นตั้งคำถาม ครูให้นักเรียนตั้งคำถาม และระบุปัญหาที่ต้องการสืบสอบ
- 2) ขั้นตั้งสมมติฐาน ครูให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้และกล่าวอ้างถึง
- 3) ขั้นสำรวจค้นหา ครูให้นักเรียนสำรวจข้อมูลที่สอดคล้องกับสมมติฐานและดำเนินการตามที่วางแผนไว้
- 4) เก็บรวบรวมข้อมูล ครูให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อหาข้อสรุป
- 5) ขั้นสรุปและอภิปรายผล ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้และนำมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ เพื่อสื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้มา

1.4 ประเภทของการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ

เป็นฐาน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน มีหลายลักษณะทั้งที่ผู้สอนเป็นผู้กำกับผู้เรียนเป็นผู้กำกับ และผู้สอนและผู้เรียนเป็นผู้กำกับการเรียนร่วมกัน นักการศึกษาได้เสนอไว้ดังนี้

Scwab (1967 : 82) ได้แบ่งประเภทของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน ตามกิจกรรมการปฏิบัติการทดลอง (laboratory) โดยแต่ละระดับจะแตกต่างกันที่ระดับของการเปิด (Level Of Openess) หรือระดับของการสืบสอบ ดังนี้

ระดับที่ 1 เปิดเฉพาะคำตอบ กิจกรรมการเรียนการสอนในระดับนี้ เป็นการให้นักเรียน หาคำตอบของปัญหาเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้บอกปัญหา และ/หรือจุดประสงค์ของ

การศึกษา พร้อมทั้งอธิบายแนวทางและวิธีการศึกษาที่จะช่วยให้นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ต่างๆ ที่นักเรียนยังไม่ทราบ แต่ไม่บอกคำตอบให้

ระดับที่ 2 เปิดคำตอบและวิธีการศึกษา กิจกรรมการเรียนการสอนในระดับนี้เป็นการให้นักเรียนหาวิธีการศึกษา และคำตอบของปัญหาเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้บอกปัญหาและ/หรือจุดประสงค์ของการศึกษาเท่านั้น แล้วให้นักเรียนคิดออกแบบวิธีการศึกษาเอง พร้อมทั้งให้นักเรียนหาคำตอบของปัญหาจากวิธีการศึกษาที่นักเรียนได้ออกแบบการทดลองไว้

ระดับที่ 3 เปิดคำตอบ วิธีการศึกษา และปัญหา กิจกรรมการเรียนการสอนในระดับนี้ ครูผู้สอนจะไม่บอกทั้งปัญหา และ/หรือจุดประสงค์ วิธีการศึกษา และคำตอบแก่นักเรียน ครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางให้นักเรียนเห็นถึงปัญหา แล้วให้นักเรียนตั้งปัญหาเอง จากนั้นให้นักเรียนออกแบบวิธีการศึกษาจากปัญหาที่ตั้งขึ้นพร้อมทั้งให้นักเรียนหาคำตอบของปัญหาจากที่ตั้งขึ้นและวิธีการศึกษาที่นักเรียนได้ออกแบบไว้

Romey (1968: 20) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ว่า ระดับของการสืบสอบในการสอนนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของการอภิปรายชี้แนะจากครูผู้สอนเป็นสำคัญ กล่าวคือ ถ้าครูผู้สอนให้คำชี้แนะหรือบอกมาก การสอนก็จะเป็นการสืบสอบน้อย ในทางตรงข้ามถ้าครูให้นักเรียนศึกษา สังเกต ทดลอง สรุปเองมาก การเรียนการสอนก็จะเป็นการสืบสอบมากขึ้น

Sund and Trowbridge (1973:29) ได้แบ่งประเภทการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน เป็น 2 แนวทางตามบทบาทของครูและนักเรียน ได้แก่ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ (guide Inquiry) ครูมีบทบาทมากในการดำเนินกิจกรรม และการสืบสอบแบบอิสระ (free Inquiry) นักเรียนมีบทบาทมากที่สุดในดำเนินกิจกรรม

Carin and Sund (1975 : 58-59) ได้แบ่งประเภทแบ่งประเภทของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

แบบที่ 1 Guided inquiry เป็นวิธีให้นักเรียนทำงานหรือปฏิบัติการทดลอง วิธีนี้ครูและนักเรียนมีบทบาททำเทียมกัน ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา วางแผนการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล เตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือไว้เรียบร้อย นักเรียนมีหน้าที่ปฏิบัติการทดลองทำกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่มีคำแนะนำปฏิบัติการหรือกิจกรรมสำเร็จรูป (structured laboratory) ลำดับขั้นตอนการสอนของวิธีนี้ คือ

- 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนเป็นผู้นำอภิปรายโดยตั้งปัญหาเป็นอันดับแรก
- 2) ขั้นอภิปรายก่อนทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะเป็นการตั้งสมมติฐาน ผู้สอนอธิบายหรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองว่ามีวิธีการใช้อย่างไร จึงจะไม่เกิดอันตราย และมีข้อควรระวังในการทดลองแต่ละครั้งอย่างไรบ้าง
- 3) ขั้นทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองเอง ทำกิจกรรมพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง
- 4) ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง เป็นขั้นของการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลองในตอนี้ผู้สอนต้องนำการอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อนำผู้เรียนไปสู่ข้อสรุป เพื่อให้ได้แนวคิดหรือหลักเกณฑ์สำคัญของบทเรียน

แบบที่ 2 Less guided - inquiry เป็นวิธีสอนแบบสืบสอบที่ครูเป็นผู้วางแผน วิธีนี้ครูมีบทบาททดลองเมื่อเทียบกับวิธีที่ 1 แต่นักเรียนจะมีบทบาทมากขึ้น ครูจะเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือร่วมกันกับผู้เรียนกำหนดปัญหา แต่ให้ผู้เรียนหาวิธีแก้ปัญหาคด้วยตนเอง โดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลองจนถึงสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งอาจเรียกวิธีนี้ว่า วิธีสอนแบบไม่กำหนดแนวทางปฏิบัติการ (unstructured laboratory) ลำดับขั้นตอนของการสอนวิธีนี้คือ

- 1) สร้างสถานการณ์หรือปัญหา ซึ่งอาจทำโดยการใช้คำถาม ใช้สถานการณ์จริง การสาธิตเพื่อเสนอปัญหา ใช้ภาพปริศนา หรือภาพยนตร์เพื่อเสนอปัญหา
- 2) ผู้เรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยผู้สอนเป็นผู้แนะแนวทาง ระบุแหล่งความรู้
- 3) ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้
- 4) รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยมีผู้สอนเป็นผู้ดูแลร่วมการอภิปรายเพื่อให้ได้ความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์

แบบที่ 3 Unguided inquiry เป็นวิธีการที่นักเรียนเป็นผู้วางแผนเอง วิธีนี้นักเรียนมีบทบาทมากที่สุด ครูมีบทบาทน้อยหรือไม่มีเลย วิธีนี้นักเรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหาวางแผนการทดลองเอง เก็บข้อมูลดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล ตลอดจนสรุปผลด้วยตนเอง ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น ซึ่งอาจเรียกว่า วิธีสืบสอบแบบอิสระ (free inquiry)

Spears and Zollman (1977 : 34-35) ได้กล่าวเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมปฏิบัติการทดลองแบบสำเร็จรูปและแบบไม่กำหนดแนวทาง สรุปได้ดังนี้

- 1) การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structure Laboratory) เป็นรูปแบบที่เก่าแก่ ซึ่งในการทดลองจะมีคำสั่งและวิธีปฏิบัติการทดลองมาให้ให้นักเรียน และเป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2) การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructure Laboratory) เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ (inquiry Model) ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่ กำลังวิเคราะห์วิจารณ์กันในห้องเรียน

นอกจากนี้ Spears and Zollman ยังได้เปรียบเทียบขั้นตอนในการทำการทดลอง ทั้งสองแบบสรุปได้ดังนี้

การทดลองแบบสำเร็จรูป	การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง
1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน	1. กำหนดปัญหาให้ก่อนพบกันในชั้นเรียน
2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบ เครื่องมือที่จะใช้	2. แนะนำหรือชี้แจงให้นักเรียนทราบ เครื่องมือที่จะใช้
3. กำหนดวิธีปฏิบัติกรทดลองเพื่อแก้ปัญหา	3. ชักถามนักเรียนเพื่อหาทางแก้ปัญหา
4. ให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้	4. ให้นักเรียนแสดงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้
5. ให้นักเรียนลงความเห็นจากข้อมูล และให้อธิบายข้อความเห็น	

Yore (1984) เสนอกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบสอบ 2 แบบ ซึ่งลักษณะของกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนแตกต่างกัน สรุปดังนี้

1. การเรียนการสอนแบบสืบสอบ โดยการอุปนัยอย่างมีโครงสร้าง (Structure Inductive Inquiry) ประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นก่อนการทดลอง ครูตั้งปัญหาและเตรียมแนวทางการทดลอง อุปกรณ์ การทดลอง และการนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียนทำการทดลองตามแนวทางที่กำหนด

2) ขั้นปฏิบัติการทดลอง นักเรียนใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลอง บันทึก ข้อมูล และจัดกระทำข้อมูลตามแนวทางที่ครูกำหนด โดยปฏิบัติเหมือนกันทั้งชั้นเรียน

3) ขั้นหลังการทดลอง ครูนำการอภิปราย เพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนข้อสังเกต ข้อสรุปและเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ความรู้

2. การเรียนการสอนแบบสืบสอบกึ่งนิรนัย (Semi Deductive Inquiry) มี 3 ขั้น คือ

1) ขั้นก่อนการทดลอง ครูตั้งปัญหาและนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียน คิดสร้างสรรค์ เพื่อหาแนวทางการทดลองเองอย่างอิสระ และให้นักเรียนคาดถึงผลที่จะเกิดขึ้น จากการทดลองตามแนวทางนั้น

2) ขั้นปฏิบัติการทดลอง นักเรียนใช้อุปกรณ์ในการปฏิบัติการทดลองตาม แนวทางที่กำหนดและตามข้อจำกัดและความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่มีอยู่

3) ชั้นหลังการทดลอง ครูนำการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนผลการวิเคราะห์ ข้อสรุป และวิธีการประยุกต์ใช้ความรู้

โดยสรุปประเภทของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐาน แบ่งเป็น 3 แนวทางขึ้นอยู่กับบทบาทของครูและนักเรียน ได้แก่ การสืบสอบแบบมีการแนะนำ การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ

1.5 บทบาทของครูและนักเรียน

บทบาทของครู

การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานเป็นผู้สอนมีบทบาทสำคัญยิ่ง นักการศึกษาได้เสนอบทบาทของผู้สอนดังนี้

Suchman (1966: 24) ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับบทบาทของครูในการสอนแบบสืบสอบว่า บทบาทของครูที่สอนแบบสืบสอบ แตกต่างไปจากครูที่สอนตามปกติ ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางจิตวิทยาและครูควรมีบทบาทดังนี้

1. ระวังและท้าทายให้นักเรียนคิด
2. ให้อิสระภาพในการทดลอง การซักถามและการอภิปราย
3. หาสิ่งที่จะช่วยสนับสนุนการสืบสอบ
4. ช่วยวิเคราะห์ความยุ่งยากที่นักเรียนไม่สามารถทำได้
5. ให้ความรู้เพิ่มเติมเมื่อนักเรียนต้องการ

Massialas (1967) กล่าวถึงบทบาทสำคัญของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ สรุปได้ดังนี้

1. ครูต้องวางแผนอย่างดีในการเตรียมหัวข้อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า รวมทั้งวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ เวลา และสถานที่ด้วย
2. ครูต้องจัดเตรียมอุปกรณ์และกิจกรรมในลักษณะที่เป็นสปริงบอร์ดให้นักเรียนกระโดดเข้าสู่การสืบสอบ
3. ครูต้องกระตุ้นและท้าทายอย่างต่อเนื่อง ให้นักเรียนค้นคว้า และทดสอบแนวทางใหม่ๆ ที่นักเรียนคิดขึ้น
4. คำถามที่ควรถามคือคำถามเพื่อให้นักเรียนหาหลักฐานมาสนับสนุนหรือป้องกันแนวคิดของตนเอง

5.คำถามอีกประการหนึ่งที่ครูควรถามคือคำถามที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจในแนวคิดของตนเอง

6.ระหว่างช่วงเวลาที่นักเรียนคิดหาวิธีแก้ปัญหาไม่ได้ ครูอาจช่วยโดยการถามนำ เพื่อให้ นักเรียนหาแนวทางต่าง ๆ หลาย ๆ แนวทาง

7.ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนกระทำวิธีการต่าง ๆ ตามแนวคิดของนักเรียนเองและกระตุ้น ให้นักเรียนเห็นว่ากิจกรรมต่างๆ มีความสำคัญในการศึกษา

8.ในการควบคุมชั้นเรียนครูต้องให้โอกาสนักเรียนมีส่วนร่วมในการค้นหาแนวคิด ใหม่ ๆ หากความสัมพันธ์ใหม่ ๆ ของสิ่งต่าง ๆ อย่างทั่วถึง

Orlich et al.(1985)ได้อธิบายบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน แบบสืบสอบไว้ 2 แนวทาง คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ครูกำหนดแนวทางการ สืบสอบกับแนวทางจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ครูไม่ได้กำหนดแนวทางการสืบสอบ

1) การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ครูกำหนดแนวทางการสืบสอบ ครูต้อง วางแผนและเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สืบสอบ ให้นักเรียนกระทำการสังเกต จัดกระทำ และใช้อ้างอิงเป็นคำตอบ ครูมีบทบาทในการนำให้นักเรียนดำเนินการสืบสอบตาม แนวทางโดยครูใช้คำถามนำ จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะต้องทำตามแนวทางนั้นๆให้ และครูควรกระตุ้น ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการสืบสอบและสรุปเป็นหลักการ

2)การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่ครูไม่ได้กำหนดแนวทางการสืบสอบ ครูมีบทบาทน้อยกว่าแบบแรก เมื่อครูเสนอปัญหาแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนหาแนวทาง และ ดำเนินการสืบสอบวิธีต่างๆ เอง แต่ครูต้องคอยตรวจสอบความถูกต้องในการอ้างอิงหรือ อ้างเหตุผลของนักเรียน ถ้านักเรียนอ้างเหตุผลผิด ครูต้องชี้ให้นักเรียนเห็นจุดที่นักเรียนผิด หลักเหตุผล ถ้านักเรียนไม่ได้อ้างเหตุผล ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนอ้าง เพื่อยืนยันและครูควร กระตุ้นให้นักเรียนในชั้นแลกเปลี่ยนข้อสรุปกัน โดยให้แสดงการอ้างอิงให้เพื่อนรับรู้ด้วย

พิมพันธ์ เชชะคุปต์ (2530) ได้กล่าวถึงบทบาทการสอนของครูในการสอนแบบ สืบสอบไว้ดังนี้

1.เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิด (Catalyst) โดยการกำหนดปัญหา แล้วให้นักเรียนวางแผน หาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนหาคำตอบด้วยตนเอง

2.เป็นผู้ให้การเสริมแรง (Reinforcer) โดยการให้รางวัลกล่าวชม เพื่อให้กำลังใจและ เพื่อเกิดพฤติกรรมการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง

3. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ(Feedback Action) โดยการบอกข้อดี ข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4.เป็นผู้แนะนำกำกับ (Guide and Director) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิด และกำกับควบคุมไม่ให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง

5.เป็นผู้จัดระเบียบ (Organizer)เป็นผู้จัดบรรยากาศ และสิ่งแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์และสื่อการสอนแก่นักเรียน

โดยสรุปบทบาทครูในการสอนแบบสืบสอบมีดังนี้ คือ

1.กระตุ้นให้นักเรียนคิดและท้าทายนักเรียนอย่างต่อเนื่องนักเรียนทำความเข้าใจในแนวคิดของตนเอง

2.จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ และสนับสนุนให้นักเรียนมีอิสรภาพในการทดลอง การซักถามและการอภิปราย

3. ตรวจสอบความถูกต้องในการอ้างอิงหรืออ้างเหตุผลของนักเรียน

บทบาทของนักเรียน

การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบนักเรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญยิ่ง ภาย เลาห์ไพบูลย์ (2534 : 126-127)และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2548:74-75)ได้เสนอบทบาทของนักเรียน สรุปได้ว่า นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองสืบสอบความรู้ด้วยตนเอง ใช้ความคิดหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่พบได้เป็นมโนคติ หลักการต่าง ๆวางแผนการทดลองเพื่อหาคำตอบ หรือกำหนดปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำการศึกษา วัสดุ อุปกรณ์ และเอกสารก่อนที่จะเริ่มต้นทำกิจกรรม สังเกตและรายงานข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ร่วมกัน ตั้งสมมติฐาน และช่วยกันขยายความรู้เพิ่มเติม หรือปรับปรุงความรู้ที่ได้

1.6 ข้อดี และข้อจำกัด

ข้อดี

Suchman (1962 : 110-113), Carin and Sund (1975 : 22) และภพ เลาห์ไพบูลย์ (2542 : 156-157) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ดังนี้

1.นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากกว่าการสอนโดยครูเป็นผู้บอกให้ทั้งหมด

2.ผู้ที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบจะมีอิสระในการดูดซึม(assimilation)ประสบการณ์ต่างๆ เอาไว้

3.นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการค้นหาความรู้ได้เป็นอย่างดี เป็นผู้มีความกระตือรือร้นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนจะรู้สึกสนุกสนาน

4.นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีความ
อยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา และมีพัฒนาการในด้านการสร้างความคิดรวบยอดอีกด้วย

5.นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น และ
นักเรียนเป็นผู้ค้นพบความคิดรวบยอดต่าง ๆ ด้วยตนเอง

6.นักเรียนเพิ่มศักยภาพทางสติปัญญาและมีมโนทัศน์เกี่ยวกับตนเองดีขึ้น

7.นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบ
ความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเองทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้สามารถ
จดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย

ข้อจำกัด

ผดุงยศ ดวงมาลา (2528:69) และภพ เลาหไพบูลย์ (2542 : 156-157) กล่าวถึง
ข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ดังนี้

1.ใช้เวลาในการสอนมากในการสอนแต่ละครั้งทำให้การเรียนการสอนไปได้ช้า
ได้เนื้อหาน้อย

2.ครูยังขาดแหล่งความรู้ในการฝึกตั้งคำถาม ครูยังขาดแหล่งการค้นคว้าหาความรู้
เพราะการสอนแบบนี้ครูต้องมีความรู้กว้างขวาง

3.ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย
และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะ
ทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบสอบความรู้ด้วยตนเอง

4.นักเรียนที่มีเชาวน์ปัญญาค่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถ
ศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

5.นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและ
นักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนหลายๆอาจจะตอบคำถามได้ แต่
นักเรียน อาจจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้

2. เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้และแนวคิดที่สนับสนุนการเสริมศักยภาพ

การเสริมศักยภาพเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีทฤษฎีการเรียนรู้ และแนวคิดที่สำคัญที่ใช้เป็นพื้นฐาน ดังนี้

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism)เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจาก ทฤษฎีพัฒนาการของวิกอทสกี (Vygotsky's Socialhistorical) ซึ่งถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการ มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ตามบริบทของสังคม (Social Context) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทาง สังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อน กว้างขวางขึ้น

เลฟ เซเมโนวิช วิกอทสกี (Lev Semenovich Vygotsky) เป็นนักจิตวิทยาชาวรัสเซีย วิกอทสกีได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาในสมัยเดียวกับเพียเจต์ ทฤษฎีพัฒนาการ ทางเชาว์ปัญญาของวิกอทสกี เน้นความสำคัญของวัฒนธรรมและสังคม และการเรียนรู้ที่มีต่อการ พัฒนาการทางสติปัญญา

วิกอทสกี เชื่อว่าบริบททางสังคมและวัฒนธรรมมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และสนับสนุน ให้ใช้วิธีการด้านคั้นคว้าหาความรู้ในการเรียน โดยอธิบายไว้ว่า มนุษย์ได้รับอิทธิพลจาก สิ่งแวดล้อมมาตั้งแต่กำเนิด ซึ่งมีทั้งสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางสังคม คือ วัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น วัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะช่วยบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการ ของเด็กว่าเด็กควรจะเรียนรู้อะไรบ้าง ควรมีความสามารถทางใดบ้าง สถาบันสังคมต่างๆ ตั้งแต่ ครอบครัวขึ้นไป ก็มีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยให้เด็กเรียนรู้และมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทาง สติปัญญาพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กแต่ละวัยจะเพิ่มถึงขั้นสูงสุดตามศักยภาพแต่ละบุคคล ก็ต่อเมื่อได้รับการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็ก เช่น ญาติหรือเพื่อนวัยเดียวกัน

วิกอทสกี ได้แบ่งระดับเชาว์ปัญญาออกเป็น 2 ชั้น คือ

1.ระดับเชาว์ปัญญาขั้นเบื้องต้น(Elementary Mental Processes)หมายถึงเชาว์ปัญญา มูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจึงไม่มีอิทธิพลต่อกระบวนการนี้

2.ระดับเชาว์ปัญญาขั้นสูง (Higher Mental Processes) ซึ่งหมายถึง เชาว์ปัญญาที่เกิด จากปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา เด็กจะเรียนรู้

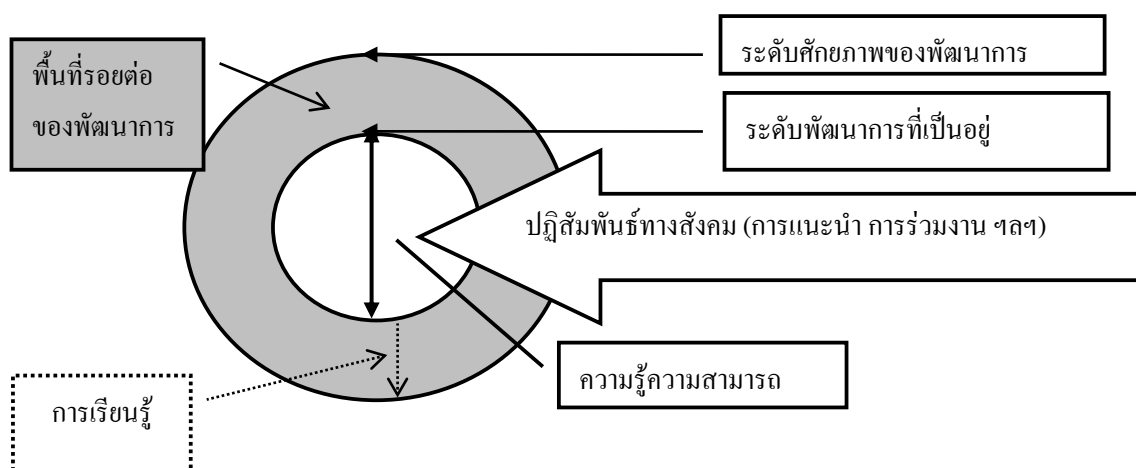
ภาษาทำให้เด็กเรียนรู้เรียนรู้ความคิดรวบยอด สัญลักษณ์ต่างๆ ช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อมภาษา เป็นเครื่องมือสำคัญในการคิด ภาษาจึงมีบทบาทที่สำคัญในการพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา

วิกิอทสกี เชื่อว่าพัฒนาการของภาษาและพัฒนาการความคิดของเด็กเริ่มด้วยการพัฒนาที่แยกกัน แต่เมื่ออายุมากขึ้นพัฒนาการทั้ง 2 อย่างจะพัฒนาร่วมกัน วิกิอทสกีจึงเน้นความสำคัญของความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้ การให้ความช่วยเหลือชี้แนะผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับที่เป็นอยู่ ไปถึงระดับพัฒนาการที่เด็กสามารถไปถึงได้ มีความสำคัญมาก วิกิอทสกี จึงได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (The Zone of Proximal Development) ขึ้นดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

พื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (Zone of Proximal Development: ZPD)

วิกิอทสกี เห็นความสำคัญของการสอนหรือการช่วยเหลือเด็กให้พัฒนาเชาว์ปัญญาอย่างเต็มศักยภาพของแต่ละคน จากการวิจัยของวิกิอทสกีในเรื่องนี้พบว่า เด็กบางคนสามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องให้ผู้ใหญ่ช่วย เด็กบางคนไม่สามารถจะเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ด้วยตนเองแต่ถ้าผู้ใหญ่ให้ความช่วยเหลือเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำได้ แต่เด็กบางคนจะไม่สามารถเรียนรู้ได้แม้ว่าจะได้รับความช่วยเหลือ ซึ่งวิกิอทสกีอธิบายว่า เด็กทุกคนจะมีระดับพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่ และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพว่า Zone of Proximal Development หรือ Zone of Proximal Growth แนวความคิดนี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการสอนซึ่งเคยเป็นลักษณะเส้นตรงคือการสอนให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการของเด็ก ไปเป็นการสอนที่อยู่ในลักษณะที่เหลื่อมกัน โดยการสอนจะต้องนำหน้าพัฒนาการเสมอ

Vygotsky (1978:86) ได้ให้นิยามของพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) ว่า หมายถึง ช่วงหรือระยะห่างระหว่าง ระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่เป็นอยู่ หรือความรู้ความสามารถเดิม ซึ่งพิจารณาได้จากการที่บุคคลสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง กับ ระดับศักยภาพของพัฒนาการทางสติปัญญา ที่พิจารณาความสามารถที่บุคคลจะแก้ปัญหาที่ยังแก้ด้วยตนเองไม่ได้ แต่อาจแก้ปัญหาได้ถ้าได้รับ การแนะแนว (Guidance) และการร่วมงาน (Collaboration) กับผู้ใหญ่ และเพื่อนวัยเดียวกันที่มีความสามารถหรือศักยภาพมากกว่า ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ส่งผลให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ความสามารถหรือพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นจนแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองได้ในที่สุด สอดคล้องกับ เฮดเดการ์ด (Hedegard, 1996: 175) ที่ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด พื้นที่รอยต่อของพัฒนาการกับการศึกษาว่า พื้นที่รอยต่อของพัฒนาการในทางปฏิบัติอาจมองเป็นลักษณะเฉพาะของการกระทำกิจกรรมที่แน่นอนอย่างหนึ่ง และสำหรับนักเรียนแล้วกิจกรรมนี้คือการเรียนการสอนนั้นสามารถสรุปแนวคิดดังกล่าวได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 3 ลักษณะของแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ

จากแผนภูมิดังกล่าว จะเห็นได้ว่า แนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ คือการอธิบายว่า ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมแบบต่าง ๆ เช่น การร่วมงาน และการได้รับคำแนะนำจากผู้มีความสามารถมากกว่าจะกระตุ้นพัฒนาการทางสติปัญญาที่เป็นอยู่ให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลให้ความสามารถหรือพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละบุคคล เพิ่มพูนขึ้นได้ในขอบเขตหนึ่งซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล

2.2. ความหมายและองค์ประกอบของการเสริมศักยภาพ

ความหมายของการเสริมศักยภาพ

ความหมายของการเสริมศักยภาพ (scaffold / scaffolding) สำหรับภาษาไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น การเสริมต่อการเรียนรู้ ฐานความช่วยเหลือ วิธีการแบบสแกฟโฟลด์ สำหรับการวิจัยนี้ขอใช้คำว่า การเสริมศักยภาพ นักการศึกษาให้ความหมายของการเรียนการสอนโดยใช้วิธีเสริมศักยภาพ ไว้ดังนี้

Wood Bruner and Ross (1976 : 90) ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้เด็กหรือนักเรียนฝึกหัด สามารถแก้ปัญหา ดำเนินงาน หรือบรรลุเป้าหมายที่อยู่เหนือความพยายามของเด็กที่จะทำได้ด้วยตนเองแต่จะทำได้เมื่อได้รับความช่วยเหลือสนับสนุน การช่วยเสริมศักยภาพเป็นการควบคุมองค์ประกอบต่างๆ ของงาน โดยครู หรือผู้ใหญ่

ที่ในครั้งแรกงานเหล่านั้นอยู่เหนือความสามารถของผู้เรียนที่จะกระทำด้วยตนเอง ด้วยวิธีที่ทำให้ผู้เรียนใส่ใจ และทำองค์ประกอบต่างๆ ของงานเหล่านั้นให้สำเร็จ ซึ่งองค์ประกอบของงานเหล่านั้นต้องอยู่ในช่วงหรือขอบเขตที่ผู้เรียนจะสามารถทำได้

Rosenshine and Meister (1992 : 26) ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่าเป็นการประยุกต์แนวคิด ZPD มาสู่การเรียนการสอน โดยกล่าวว่า การใช้การเสริมศักยภาพ เป็นรูปแบบของการสนับสนุน ที่ครูหรือผู้เรียนคนอื่น ๆ ให้แก่ผู้เรียนด้วยกัน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมต่อระหว่างความสามารถปัจจุบัน และเป้าหมายที่ตั้งใจไว้

Young (1993 อ้างถึงใน Dabbagh, 2003) ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่าเป็นการช่วยให้ผู้เริ่มเรียน เรียนโดยการจำกัดความซับซ้อนของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้และค่อยๆ ลดการจำกัดนี้ออกไป (เรียกว่าการ fading) เมื่อผู้เรียนได้รับความรู้ ทักษะและความมั่นใจในการจัดการกับบริบทที่มีความซับซ้อน การให้ความช่วยเหลือผู้เรียนพิจารณาจากความสามารถและความต้องการของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีความสามารถในการทำงานนั้นแล้วจะมีการลดความช่วยเหลือลงทีละน้อยเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานนั้นสำเร็จได้ด้วยตนเอง การลดความช่วยเหลือสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้โดยการกำกับตนเอง (self-regulated Learning) และนำไปสู่การเป็นผู้เรียนที่มีความเชื่อมั่นในตนเอง (self-reliant) ได้ในที่สุด

Dixon and Krass (1996 : 195) ได้ให้นิยามของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่าเป็นการที่ผู้สอนมอบหมายงานที่จะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ และมีการแนะนำ ชี้แนะ โดยการพูดคุยสนทนากับผู้เรียน เพื่อให้แนวทางในการเรียนรู้งานนั้น ๆ

Eggen and Kauchak (1997:56) ได้ให้นิยามของการเสริมศักยภาพสรุปได้ว่าเป็นการช่วยเหลือ (assistance) สนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำงานให้สำเร็จ ซึ่งงานนั้นเป็นงานที่ผู้เรียน ไม่สามารถทำสำเร็จได้ด้วยตนเอง

Larkin (2001:30-34) ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่าเป็นการช่วยเหลือสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถทำงานให้สำเร็จ เมื่อผู้เรียนต้องเรียนรู้สิ่งใหม่หรือสิ่งที่ยาก ผู้เรียนอาจต้องการความช่วยเหลือมากขึ้น และเมื่อผู้เรียนเริ่มจะทำงานนั้นได้สำเร็จ การช่วยเหลือสนับสนุนนั้นจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งผู้เรียนสามารถรับผิดชอบหรือทำงานนั้นได้ด้วยตนเอง การช่วยเหลือจะยุติลง

Brush and Saye (2002: 333) ได้ให้ความหมายของการเสริมศักยภาพ สรุปได้ว่า เป็นการช่วยเสริมศักยภาพเป็นเครื่องมือ (tool) กลยุทธ์ (strategies) และแนวทาง (Guide) ซึ่งสนับสนุนให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในระดับสูงขึ้น ซึ่งเป็นระดับที่ผู้เรียนไม่สามารถทำได้ด้วยตนเอง

โดยสรุป การเสริมศักยภาพ เป็นการเรียนการสอนที่ผู้สอนหรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่า ให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุนผู้เรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยผู้เรียนที่ไม่สามารถทำงานสำเร็จได้ด้วยตนเองให้สามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง และการช่วยเหลือจะลดลงอย่างเป็นลำดับ เมื่อผู้เรียนเพิ่มความสามารถในการปฏิบัติงานด้วยตนเองได้

องค์ประกอบของการเสริมศักยภาพ

นักการศึกษากล่าวถึงองค์ประกอบของการเสริมศักยภาพไว้ต่าง ๆ ดังนี้

Rosenshine and Meister (1992) กล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของการเสริมศักยภาพว่าประกอบด้วย 6 องค์ประกอบดังนี้ คือ

1. การนำเสนอวิธีการใหม่ ๆ ที่พัฒนาด้านสติปัญญา
2. การวางแผนของงานที่มีความยากลำบากระหว่างที่ฝึก
3. การให้บริบทที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนฝึก
4. การให้ผลตอบกลับ
5. การเพิ่มภาระงานให้มากขึ้น
6. การจัดเตรียมแบบฝึกที่มีความเป็นอิสระ

Puntambekar and Hubscher (2005 : 1-12) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของการเสริมศักยภาพ ว่าประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

1. ลักษณะของการแบ่งปันความรู้ความเข้าใจ (Shared understanding) คือ สร้างความเข้าใจในเป้าหมายของกิจกรรมร่วมกัน

2. ผู้ทำหน้าที่เป็นผู้ให้การเสริมศักยภาพ (Scaffolder) คือ ผู้ให้การเสริมศักยภาพ ต้องมีความรู้อย่างละเอียดเกี่ยวกับงาน องค์ประกอบย่อยของงาน และจุดประสงค์ รวมทั้งความสามารถของผู้เรียนที่เปลี่ยนแปลงไปตามความก้าวหน้าในการเรียน

3. ลักษณะของการสนับสนุนการปรึกษาหารือและการทำความเข้าใจ (Ongoing diagnosis and calibrated support) คือ สามารถปรับเปลี่ยนการช่วยเหลือสนับสนุนโดยพิจารณาจากระดับความเข้าใจของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

4. การลดบทบาทของผู้ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ให้การเสริมศักยภาพ เมื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แล้ว (fading) คือ การลดบทบาทต้องเป็นอย่างค่อยเป็นค่อยไปและเป็นไปทีละขั้นตอน

Berk and Winsler (1995: 26-29) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานของการเสริมศักยภาพของผู้เสริมศักยภาพ ว่าควรมีคุณลักษณะ 5 ประการ ดังนี้ คือ

1. การแก้ปัญหาาร่วมกัน (Join problem solving) คือ การสร้างความกระตือรือร้นร่วมกันในการแก้ปัญหา ซึ่งทำได้โดยการเลือกปัญหาที่สนใจร่วมกัน หรือเลือกเรื่องที่มีคุณค่ามีความหมาย มากพอที่จะต้องทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา หรือไปสู่จุดมุ่งหมายร่วมกัน ระหว่างเด็กกับเด็ก หรือเด็กกับผู้ใหญ่

2. การสร้างความเข้าใจร่วมกัน (Intersubjectivity) คือ กระบวนการที่เริ่มต้นจากผู้ที่มีความเข้าใจต่างกัน มาแลกเปลี่ยนความเข้าใจกัน ด้วยวิธีการสื่อสารแบบต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การมีความเข้าใจร่วมกันและการทำงานร่วมกันอย่างแท้จริงในที่สุด การสร้างความเข้าใจร่วมกันจะสร้างความเข้าใจพื้นฐานสำหรับผู้ร่วมงานแต่ละคน ในการติดต่อสื่อสาร และสร้างทักษะที่เหมาะสมต่อกัน ผู้ใหญ่จะพยายามสร้างความเข้าใจร่วมกันในขณะที่ถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจของตนให้แก่เด็ก

3. การตอบสนองอย่างอบอุ่น (Warmth and responsiveness) คือ การที่ผู้ใหญ่มีการตอบสนองต่อกิจกรรมต่าง ๆ ของเด็กอย่างชื่นชม และเป็นมิตร เพื่อให้เด็กรู้สึกมีความสุขและกระตือรือร้นในการทำงานที่ท้าทายความสามารถของตน

4. การเอาใจใส่ดูแลผู้เรียน (Keep the child in the ZPD) คือ การช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองจนเต็มตามศักยภาพ ด้วยการทำงานไปได้อย่างต่อเนื่องจนจบ โดยทำได้ 2 ทาง คือ 1) การจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับความต้องการของเด็ก เช่น ถ้างานนั้นยากเกินไปก็ช่วยทำให้ง่ายลง หรือถ้าเด็กเริ่มเบื่อก็นำเสนองานที่ท้าทายให้ 2) การสอดแทรกในจังหวะที่เหมาะสม คือการให้ความช่วยเหลือ และการสอน เมื่อเด็กต้องการ และคอยสังเกตอยู่ห่าง ๆ เมื่อเด็กทำงานได้แล้ว

5. การส่งเสริมการกำกับตนเอง (Promote self-regulation) คือ การสนับสนุนให้เด็กร่วมกันตั้งเป้าหมาย วางแผนดำเนินงาน และปฏิบัติงานตามแผนที่วางไว้ให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ โดยกระตุ้นให้เด็กพยายามแก้ปัญหาจนสำเร็จได้ด้วยตนเอง มากกว่าการให้คำตอบสำเร็จรูป และการออกคำสั่งให้เด็กทำตาม เพื่อให้เด็กสามารถทำงานโดยอิสระได้ในที่สุด

2.3 แนวทางและเทคนิคการเสริมศักยภาพ

แนวทางการเสริมศักยภาพ

นักการศึกษาเสนอแนวทางการเสริมศักยภาพเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

Eggen and Kauchak (1997: 55) เสนอแนวทางในการนำแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) ไปสู่การจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับภาระงาน 3 ประการ ได้แก่

1.การทดสอบความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจปัญหาที่แท้จริง จากการประเมินจาก ZPD ซึ่งเป็นการประเมินอย่างต่อเนื่อง

2.การกำหนดหรือการจัดการภาระงานการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการของผู้เรียน ภาระงานที่จัดไม่ง่ายหรือยากจนเกินไป ควรเป็นบริบทที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน

3. การสนับสนุนการเรียนการสอน โดยให้การช่วยเหลือแบบเสริมศักยภาพ

Crowl, kaminsky and Podell (1997:72) เสนอแนวทางในการนำแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) ไปสู่การจัดการเรียนการสอนดังนี้

1. ระบุระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนจะสามารถทำงานได้โดยอิสระและระดับที่สามารถทำได้ถ้าได้รับการชี้แนะ ซึ่งการระบุระดับความสามารถนี้จะช่วยให้ผู้สอนวางแผนกิจกรรมการเรียนการสอนได้ตรงกับศักยภาพของผู้เรียนที่จะพัฒนาต่อไปได้

2. จัดให้ผู้เรียนได้รับการเสริมศักยภาพเป็นรายบุคคลเป็นช่วง ๆ เมื่อผู้สอนเสนองานให้แก่ผู้เรียน ผู้สอนควรให้คำแนะนำและแสดงทักษะใหม่ให้ผู้เรียนดู จัดให้ผู้เรียนได้เรียนเป็นกลุ่มเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมจะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสพูดแสดงความคิดเห็น อธิบายข้อโต้แย้งต่อความคิดของตน สร้างและตอบคำถามและได้ทำงานร่วมกัน

3. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้การพูดกับตนเอง (Inner Speech) การพูดกับตนเองหรือการพูดขึ้นตอนออกมาดังๆ จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงมุมมองที่สำคัญ ตัดสินปัญหาที่เป็นไปได้และตระหนักถึงการให้เหตุผลที่ผิดพลาดและไม่คงเส้นคงวาของตนเอง

4. จัดให้ห้องเรียนเป็นชุมชนของผู้เรียน (Community of Learners) โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สนับสนุนช่วยเหลือการเรียนรู้ของกันและกันในกลุ่มที่จับเป็นคู่ ๆ หรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ

Person el at. (2001: 57) เสนอแนวทางในการนำแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (ZPD) ไปสู่การจัดการเรียนการสอนดังนี้

1. ใช้กลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ประกอบไปด้วยผู้เรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน

2. จัดโอกาสให้มีการสอนแบบเพื่อนสอนเพื่อน (peer tutoring) เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนที่มีความสามารถมากกว่าซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความช่วยเหลือและทำงานเสร็จภายใน ZPD ของตนเองได้

3. ใช้เทคนิคการประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อทดสอบระดับพัฒนาการที่อยู่ต่ำกว่าและสูงกว่า ZPD ในขั้นตอนนี้ผู้สอนควรใช้คำถามหรือสิ่งกระตุ้นในระดับความซับซ้อนที่แตกต่างกันระหว่างกระบวนการประเมิน และควรบันทึกระดับความสามารถของผู้เรียนในระยะก่อนและหลังการให้ความช่วยเหลือ

4. พัฒนาแผนการเรียนการสอนที่มีเป้าหมายที่ ZPD ของผู้เรียนแต่ละคน

โดยสรุป แนวทางการเสริมศักยภาพการเรียนการสอนสามารถกระทำได้หลายรูปแบบขึ้นกับระดับความสามารถของผู้เรียนและบริบทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้สอนต้องมีความเข้าใจในรายละเอียดและระดับความสามารถของผู้เรียน โดยนำแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (ZPD) ไปสู่การจัดการเรียนการสอนจึงจะสามารถจัดได้ตามความเหมาะสมสามารถแบ่งตามขั้นตอนการสอนดังนี้คือ

1. ขั้นเตรียม ทดสอบความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับความเข้าใจปัญหาที่แท้จริง จากการประเมินจาก ZPD อย่างต่อเนื่องและระบุระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน

2. ขั้นสอนสนับสนุนการเรียนการสอน โดยให้การช่วยเหลือแบบเสริมศักยภาพโดยจัดให้ผู้เรียนได้รับการเสริมศักยภาพเป็นรายบุคคลเป็นช่วง ๆ และกำหนดหรือการจัดการระงับการเรียนรู้อันสอดคล้องกับระดับพัฒนาการของผู้เรียน จัดโอกาสให้มีการสอนแบบเพื่อนสอนเพื่อน (peer tutoring) และกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้การพูดกับตนเอง (Inner Speech) พร้อมทั้งจัดให้ห้องเรียนเป็นชุมชนของผู้เรียน (Community of Learners) โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สนับสนุนช่วยเหลือการเรียนรู้ของกันและกันในกลุ่มที่จับเป็นคู่ ๆ หรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ

3. ขั้นสรุปใช้เทคนิคการประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อทดสอบระดับพัฒนาการที่อยู่ต่ำกว่าและสูงกว่า ZPD โดยใช้คำถามหรือสิ่งกระตุ้นในระดับความซับซ้อนที่แตกต่างกัน

เทคนิคการเสริมศักยภาพ

เทคนิคของการเสริมศักยภาพขึ้นอยู่กับบริบทต่าง ๆ ซึ่งนักการศึกษาได้แบ่งเทคนิคของการเสริมศักยภาพต่าง ๆ ดังนี้

Wood et al.(1976 : 98) แบ่งประเภทเทคนิคการเสริมศักยภาพของผู้เรียนไว้ 6 ประเภทคือ

1. การคัดสรรงานและแจกแจงงานให้เหมาะสม (Recruitment) คือ การทำให้ผู้เรียนสนใจการเรียน และตั้งเป้าหมายในการเรียน ด้วยการกระตุ้น ชักชวน รวมทั้งการเลือกเรื่องที่เหมาะสม และนำเสนอที่น่าสนใจ แจกแจงประเด็นที่ผู้เรียนสนใจ และเชื่อมโยงให้ผู้เรียนผูกติดกับสิ่งที่ต้องให้เกิดขึ้นในงานนั้น

2. การลดทางเลือก (Reduction in degrees of freedom) คือ โดยแจกงานให้เป็นขั้นย่อย ๆ ที่ไม่ซับซ้อน ลดกิจกรรมที่ไม่จำเป็น และลดขนาดของงานลง ให้งานมีลักษณะง่ายขึ้น แต่ละขั้นจะมีทักษะที่จำเป็น ๆ ซึ่งจะง่ายต่อการให้ข้อมูลป้อนกลับต่อผู้เรียน

3. การรักษาเส้นทาง (Direction maintenance) คือ การสร้างแรงจูงใจอย่างต่อเนื่อง รักษาความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อเป้าหมาย ด้วยการจัดงานที่มีความท้าทายให้ผู้เรียนทำงานที่อยู่ในระดับที่เหนือจากระดับที่ผู้เรียนเพิ่งทำงานเสร็จ

4. การชี้จุดสำคัญ (Marking critical features) คือ การชี้ให้เห็นคุณสมบัติสำคัญ ที่แสดงว่างานนั้นสำเร็จหรือไปถูกทางแล้ว รวมถึงการให้ข้อมูลเกี่ยวกับข้อบกพร่อง หรือคลาดเคลื่อนในงานที่กำลังทำอยู่ด้วย

5. การป้องกันปัญหา (Frustration control) คือ การป้องกันอันตราย และความเครียดในการเรียนของผู้เรียน โดยการจัดเตรียมงานให้มีความปลอดภัย และสะดวกพอเพียงสำหรับการทำกิจกรรมของผู้เรียน และป้องกันไม่ให้ผู้เรียนต้องกลัวทำผิด วิตกกังวล หรือต้องพึ่งพาผู้สอนมากเกินไปในระหว่างการทำกิจกรรม

6. การสาธิต (Demonstration) คือ การแสดงตัวอย่าง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนกำลังเผชิญอยู่ในขณะนั้น รวมถึงการเลียนแบบและสร้างเสริมคุณลักษณะเฉพาะตัวผู้เรียน

Roehler and Cantlon (1996) แบ่งเทคนิคการเสริมศักยภาพไว้ 5 ประเภท ดังนี้

1. การให้คำอธิบาย (offering explanation) เป็นการช่วยเหลือการเรียนรู้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนให้รู้ในเรื่องที่เรียน รู้เงื่อนไขว่าทำไมต้องใช้ความรู้นั้นใช้เมื่อไหร่ และใช้อย่างไร

2. การสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วม (inviting students participation) ให้ออกาสผู้เรียนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการที่เกิดขึ้น โดยให้ผู้เรียนได้เล่าหรือตอบคำถามในสิ่งที่รู้

3. การตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของความเข้าใจของผู้เรียน (verifying and clarifying student understandings) ครูตรวจสอบความเข้าใจที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนว่ามีเหตุผลหรือไม่ ถูกต้องชัดเจนหรือไม่

4. การเป็นตัวแทนของพฤติกรรมที่ต้องการ (modeling of desiring behaviors) ได้แก่

4.1) การคิดคังๆ (Think -aloud) เป็นการแสดงความคิดที่มีอยู่ให้ปรากฏออกมาชัดเจน เช่นครูแสดงความคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาออกมาโดยการพูดคัง ๆ ให้ผู้เรียนทำตาม

4.2) การพูดดัง ๆ (talk –alound) เป็นการใช้รูปแบบของการถามคำถาม ตั้งคำถาม และการให้คำแนะนำ

4.3) การเป็นตัวอย่างในการปฏิบัติ (performance modeling) ครูแสดงการทำงานที่สมบูรณ์โดยไม่ได้คิดหรือพูดดัง ๆ เกี่ยวกับงานนั้น เช่น ครูแสดงตัวอย่างของการอ่านและทำทางที่สนุกสนานกับการอ่าน เช่น การยิ้ม หัวเราะ

5.การให้ผู้เรียนแสดงประเด็นหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนการคิด (inviting students to contribute clues) เป็นการให้ผู้เรียนแสดงประเด็นชี้แนะ หรือหลักฐานเพื่อแสดงความมีเหตุผล หรือการทำงานสำเร็จ โดยครูและผู้เรียนร่วมกันพูดในประเด็นเหล่านั้น เช่น การให้ผู้เรียนเรียนรู้ความหมายของการเปรียบเทียบ ครูให้ผู้เรียนบอกความหมายของการเปรียบเทียบ และระบุถึงประเด็นที่แตกต่างกัน

Eggen and Kauchak (1997 : 57) ได้แบ่งเทคนิคการเสริมศักยภาพของผู้เรียนไว้ 5 ประเภท คือ

- 1.การเป็นตัวอย่าง (Modeling) เช่น การแสดงวิธีการแก้ปัญหา
- 2.การคิดดัง ๆ (Think-alound) เป็นตัวอย่างของกระบวนการโดยให้ผู้เรียนได้ทราบถึงความคิดของครูในขณะที่กำลังแก้ปัญหา
- 3.การใช้คำถาม (Questions)การใช้คำถามจะเป็นการช่วยเหลือเจาะประเด็นความสนใจ และแนะนำทางเลือก
- 4.การปรับสาระการเรียนการสอน (Adapting instructional material) เช่น การปรับงานให้มีความง่าย หรือลำดับงานย่อย ๆ
- 5.การใช้สิ่งเตือนหรือตัวชี้แนะ (Prompts and clues) เช่น การวางแผนการเขียนที่จะช่วยให้ผู้เรียนจัดการ จดระบบการคิดของตนเองก่อนเขียนงานที่ได้รับมอบหมาย การช่วยเหลือนี้จะหยุดเมื่อผู้เรียนซึมซับเอาแผนงานต่างๆ หรือขั้นตอนต่าง ๆ ไว้ในตนเองอย่างอัตโนมัติแล้ว

Collins (2001) แบ่งประเภทของเทคนิคการเสริมศักยภาพไว้ 8 ประเภท คือ

1.การนิเทศ การสื่อสารถึงความคาดหวัง (Orientation) คือ การอธิบายให้ผู้เรียนทราบเป้าหมายการเรียนรู้อย่างชัดเจน

2.การสอนแนะ (Coaching) คือ ผู้เรียนได้รับการสนับสนุนผ่านทางซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เพื่อช่วยในการปฏิบัติงาน

3.การกระตุ้นการแสดงความคิด (Eliciting Articulation)คือมีการกระตุ้นให้มีการแสดงความคิดออกมาเพื่อแสดงความเข้าใจและสะท้อนความคิด

4.การสนับสนุนการทำงาน (Task Support) คือ มีการจัดโครงสร้างของงานเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานนั้น ๆ ได้

5. การชี้นำโดยผู้เชี่ยวชาญ (Expert Regulation)คือ มีการสนับสนุนโดยผู้เชี่ยวชาญหรือที่ปรึกษา โดยแสดงให้เห็นตัวอย่างและผลการเรียนรู้ที่ต้องการ

6.การเสริมศักยภาพด้านมโนทัศน์ (Conceptual Scaffolding) คือ มีการจัดการช่วยเหลือเมื่อมีการเสนอปัญหา โดยทำให้ผู้เรียนเข้าใจนิยามของปัญหาในกรณีที่สามารถตีความได้หลากหลาย

7.การเสริมศักยภาพด้านเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Scaffolding) คือ การสนับสนุนด้านเมตาคอกนิชันของผู้เรียนนี้จัดทำได้โดยมีการจัดเครื่องมือด้านพุทธิปัญญา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถบันทึกความคิดของตนเองในขณะที่แก้ปัญหา

8.การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ (Procedural Scaffolding) คือ การสนับสนุนผู้เรียนในการใช้เครื่องมือและแหล่งข้อมูลที่มีในการเรียนบนเว็บ การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ อาจอยู่ในรูปของการเข้าถึงฐานข้อมูล หรือการสนับสนุนการเรียนรู้แบบร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนแหล่งข้อมูล

9.การเสริมศักยภาพด้านกลวิธี (Strategic Scaffolding) คือ เป็นการเน้นทางเลือกในการกระทำและเส้นทางการเรียนรู้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ การเสนอสถานการณ์ มุมมองที่หลากหลายช่วยให้ผู้เรียนสามารถวางแผนและตัดสินใจได้

Hannafin (1999) แบ่งประเภทของเทคนิคการเสริมศักยภาพไว้ 4 ประเภท คือ

1.การเสริมศักยภาพด้านมโนทัศน์(Conceptual Scaffolding) เป็นการแนะนำถึงสิ่งที่จะต้องพิจารณาโดยช่วยให้ผู้เรียนระบุมโนทัศน์สำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหา หรือการจัดโครงสร้างมโนทัศน์ให้ชัดเจน

2.การเสริมศักยภาพด้านเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Scaffolding) เป็นการแนะนำวิธีการคิดในระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งอาจเป็นแบบเฉพาะเจาะจงหรือแบบกว้าง ๆ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดการคิดไตร่ตรอง(Reflect) เกี่ยวกับเป้าหมาย หรือชี้แนะผู้เรียนให้เชื่อมโยงแหล่งข้อมูลที่กำหนด จะการเสริมศักยภาพจะเน้นที่กระบวนการในการสร้างรูปแบบ รวมถึงวิธีการเชื่อมโยงรูปแบบเหล่านั้นกับความรู้และประสบการณ์เดิมและเชื่อมโยงกับรูปแบบปัจจุบันเพื่อให้ผู้เรียนสามารถจัดลำดับความคิดได้

3.การเสริมศักยภาพด้านกระบวนการ (Procedural Scaffolding) เป็นการแนะนำโดยเน้นการใช้แหล่งข้อมูลที่มีอยู่และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบและหน้าที่ของระบบเป็นการช่วยนำทาง(Navigation)

4.การช่วยเสริมศักยภาพด้านกลวิธี (Strategic Scaffolding) เป็นการแนะนำทางเลือกของวิธีการในระหว่างการวิเคราะห์ วางแผน การตัดสินใจเลือกกลวิธี โดยช่วยระบุและเลือกข้อมูลที่จำเป็น ประเมินแหล่งข้อมูล และเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิม

Brush and Saye (2002) แบ่งประเภทของเทคนิคการเสริมศักยภาพไว้ 2 ประเภท คือ

1.การเสริมศักยภาพแบบเปลี่ยนแปลงได้ (Soft scaffolding) คือ การให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่ปรับเปลี่ยนตามความเหมาะสมของโดยพิจารณาจากการตอบสนองของผู้เรียน

2. การเสริมศักยภาพแบบไม่เปลี่ยนแปลงได้ (Hard scaffolding) การให้ความช่วยเหลือผู้เรียนที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าโดยพิจารณาจากปัญหาทั่วไปที่พบในกลุ่มผู้เรียน

โดยสรุป เทคนิคการเสริมศักยภาพสามารถกระทำได้หลายรูปแบบขึ้นกับระดับความสามารถของผู้เรียน และการพิจารณาเลือกให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน ซึ่งสามารถจำแนกเทคนิคการเสริมศักยภาพได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้คือ

1.จำแนกตามโครงสร้าง คือ 1)การเสริมศักยภาพแบบเปลี่ยนแปลงได้ 2)การเสริมศักยภาพแบบเปลี่ยนแปลงไม่ได้

2. จำแนกตามด้านที่ต้องการพัฒนา คือ 1) ด้านมโนทัศน์ (Conceptual Scaffolding)
 2) ด้านเมตาคอนนิชัน 3) ด้านกระบวนการ และ 4) ด้านกลวิธี (Strategic Scaffolding)
3. จำแนกตามพฤติกรรมที่ต้องการ คือ การปฏิบัติหรือทำให้ดูเป็นตัวอย่าง การอธิบาย การคิดต่าง ๆ การคัดสรรงานและแจกแจงงานให้เหมาะสมการใช้คำถามกระตุ้นเตือน การทำเป็นแบบอย่างบางส่วน การให้ข้อมูลป้อนกลับ

2.4 ขั้นตอนการเสริมศักยภาพ

ขั้นตอนการเสริมศักยภาพมีขั้นตอนที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของผู้สอนและระดับความสามารถของผู้เรียน Verna Leigh Lange (2002) Webster, Beveridge and Reed, (1996: 71–78) แบ่งขั้นตอนของการเสริมศักยภาพออกเป็น 3 ขั้น สรุปดังนี้ คือ

ขั้นที่ 1 ผู้สอนให้การเสริมศักยภาพโดยเป็นตัวแบบและเชิญชวนให้เข้าร่วมและจัดระบบการทำงาน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนลดบทบาทการเสริมศักยภาพ และให้ผู้เรียนเรียนรู้ทักษะโดยอาศัยการเสริมศักยภาพจากผู้สอน จากการทบทวนความเข้าใจในแนวทางการทำงานและการพิจารณางานอย่างรอบคอบ และให้ผลป้อนกลับแก่ผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ผู้เรียนเรียนรู้บรรลุในระดับชำนาญ และสามารถสร้างงานใหม่โดยไม่ต้องอาศัยความช่วยเหลือ

2.5 ข้อดีและข้อจำกัด

ข้อดี

Van Der Stuyf (2002), Verna Leigh Lange (2002) and Linda Lawson (2002) สรุปข้อดีของการเสริมศักยภาพสรุปดังนี้

1. สร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียนและลดระดับความสับสนของผู้เรียน
2. เพิ่มความมั่นใจให้แก่นักเรียน และสามารถเสริมศักยภาพของนักเรียนที่ไม่สามารถพัฒนาตนเองโดยลำพังการเสริมศักยภาพ
3. ทำทลายความสามารถของครูและเสริมศักยภาพของครูในการจัดการเรียนการสอน

ข้อจำกัด

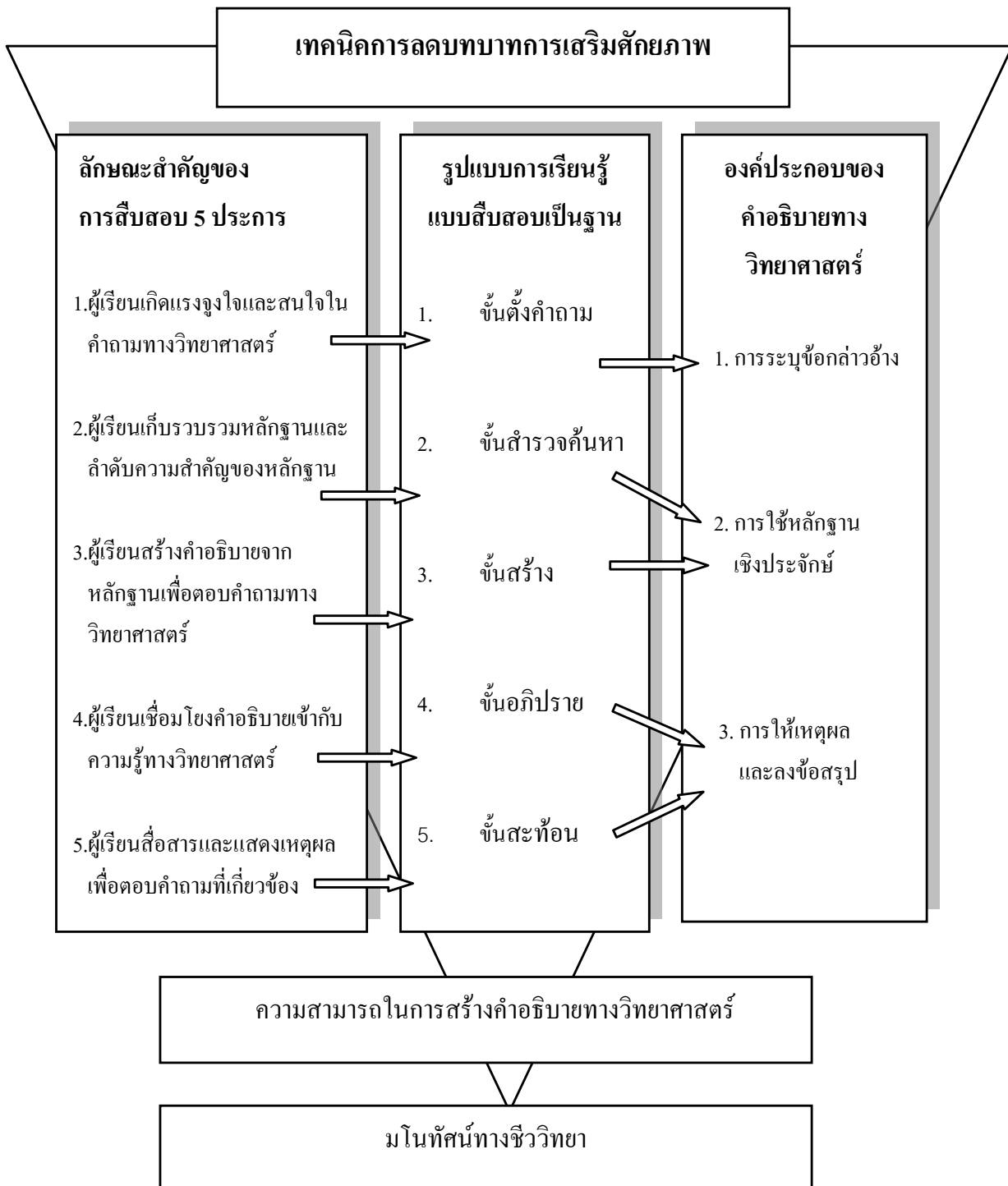
Latoya Henry (2002) and Linda Lawson,(2002) สรุปข้อจำกัดของการเสริมศักยภาพ แบ่งเป็น 2 ข้อดังนี้คือ

1. ความสามารถของผู้เรียนและระดับ ZPD ของผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน ทำให้ผู้สอนต้องมีความชำนาญ
2. การจัดสถานการณ์และสภาพแวดล้อมในการเรียนขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้สอน ผู้สอนจึงต้องสร้างบริบทที่เหมาะสม

รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ หมายถึง กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ที่มีการเสริมศักยภาพ 3 ประเภท จากการสืบสอบแบบมีการแนะนำ (guided inquiry) ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ (less- guided inquiry)และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ (unguided inquiry) เพื่อลดบทบาทครูและขณะเดียวกันเพิ่มบทบาทของนักเรียนเป็นลำดับจากครูมีบทบาทมากไปเป็นครูมีบทบาทน้อยหรือแทบไม่มี ส่วนนักเรียนมีบทบาทน้อยไปเป็นมีบทบาทมากที่สุด โดยผ่านขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย และส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้สอนหรือผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าที่ให้ความช่วยเหลือหรือสนับสนุนให้ผู้เรียนที่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองให้สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง และจะลดการช่วยเหลือเมื่อผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้ ผู้เรียนจะมีการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับเนื้อหาที่ผู้เรียนสามารถพบได้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการเสริมศักยภาพ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องและสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ แสดงความสัมพันธ์ได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ลักษณะสำคัญของการสืบสอบ และเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางชีววิทยา



3. มโนทัศน์ทางชีววิทยา

3.1 ความหมายและประเภทของมโนทัศน์

มโนทัศน์ (concept) เป็นคำมาจากรากศัพท์ภาษาละตินว่า Conceptus หรือ Concipere (Conceive) ซึ่งคำในภาษาไทยมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันออกไป เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ หรือ มโนมติ เป็นต้น สำหรับการศึกษาวิชาครั้งนี้ขอใช้คำว่า “มโนทัศน์” ซึ่งนักจิตวิทยาการศึกษาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศ ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

McDonald (1960:134) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ การจำแนกหรือจัดระบบของสิ่งเร้า หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะร่วมกัน

Good (1959: 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 2 ประการ คือ

1. แนวคิดที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท
2. แนวคิดทั่วไปหรือนำเสนอเชิงนามธรรมของสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ
3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

De Cecco and Crawford (1974: 288) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ เป็นกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะต่าง ๆ ร่วมกัน สิ่งเร้าเหล่านี้อาจเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้มโนทัศน์ต่าง ๆ มีลักษณะต่างกันคือ ลักษณะเฉพาะ (Attributes)

Klausmeier (1975:246) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความสามารถที่ทำให้เราเข้าใจถึงคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะ เป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการ ทำให้เราแยกสิ่งต่าง ๆ ออกจากกันได้ในขณะที่เดียวกันก็สามารถเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งที่เป็นประเภทเดียวกันได้

Page and Thomas (1977: 81) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ความคิดภายในใจของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ที่มาจากกระบวนการจำแนกประเภท

Jacobsen et al. (1985: 36) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ แนวคิดที่กล่าวถึงการจัดกลุ่มหรือการจำแนกประเภทของสิ่งที่มีลักษณะเหมือนกัน

Woolfolk (1995:286) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ กลุ่มประเภทของเหตุการณ์ ความคิด วัตถุ หรือบุคคลโดยใช้ลักษณะคล้ายคลึง

Line (2000: 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ การสร้างกลุ่มของความรู้ ซึ่งเกิดจากรวบรวมและการแยกแยะข้อมูลของมนุษย์

สุวัฒน์ นิยมคำ (2532: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งใดคือแนวคิดหลัก (main idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน

ธีระชัย ปุณณโชติ (2537: 40-41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น

โดยสรุป มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจในแนวความคิดหลัก (main idea) ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปซึ่งเป็นข้อสรุปของบุคคลที่มีต่อกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกัน

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ทางชีววิทยา

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Klopler (1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

Sund and Trowbridge (1973) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษา สังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (concrete objects) หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ

Carin (1989: 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2525:50) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของบุคคล

โดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปที่มีวัตถุกระบวนการต่างๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสมาศึกษาสังเกต จัดจำแนกประเภทและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ โดยที่ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า มโนทัศน์เป็นความเข้าใจเฉพาะสิ่งซึ่งจะแตกต่างกันไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปความหมายของได้ว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง ความเข้าใจในแนวคิดสำคัญของเนื้อหาชีววิทยา ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสมาศึกษาสังเกต จัดจำแนกประเภทและเชื่อมโยงความสัมพันธ์

ประเภทของมโนทัศน์

การจำแนกประเภทมโนทัศน์ สามารถจำแนกได้หลายลักษณะซึ่งนักจิตวิทยา และ นักการศึกษา ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ มีรายละเอียดดังนี้

Romey (1968: 117) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุ หรือสถานการณ์นั้นๆ
2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlation concepts) เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน เช่น แรงเป็นอำนาจผลักดันหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ได้

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

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส คล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า
2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) คือ กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concept)

Sund and Trobridge (1973: 17-18) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) เช่น เซลล์แม่เหล็ก คอลลอยด์ เป็นต้น
2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต (dynamic process concepts) เช่น ทฤษฎีพลังงาน จลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

Gibson (1980 : 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (Concrete concepts) คือ ความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้
2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concepts) คือ ความคิดที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้โดยตรง

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

1. มโนทัศน์ลำดับสูง (superordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับสูงสุด มโนทัศน์ประเภทนี้เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ด้วยกัน โดยจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ จากใหญ่ที่สุดไปเล็กที่สุดได้
2. มโนทัศน์ร่วม (coordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่มีลักษณะร่วมกัน แม้ว่าจะจัดอยู่คนละกลุ่ม แต่ก็ยังมีบางส่วนที่เหมือนกันอยู่
3. มโนทัศน์ลำดับรอง (subordinate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ความสัมพันธ์จัดอยู่ในลำดับรองลงมา

Lawson (2000: 996-1018) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่รับรู้ได้จากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เสนอ

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) คือ มโนทัศน์ที่เกิดจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์โดยตรง หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงลักษณะร่วมกันที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (intermediate concepts) คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถรับรู้ได้ ซึ่งการรับรู้มีข้อจำกัดที่ระยะเวลาและสถานการณ์

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

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

2. มโนทัศน์เชิงนิยาม (defined concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากสิ่งที่ตรงกับคำนิยามหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งที่มีคนรู้มาก่อน

โดยสรุปมโนทัศน์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม คือ มโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัสโดยตรง ซึ่งเป็นความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม คือ มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกันและมีความสัมพันธ์ กับมโนทัศน์อื่นๆ

3.2 กระบวนการสร้างมโนทัศน์

การสร้างมโนทัศน์แต่ละมโนทัศน์ของแต่ละบุคคลนั้น มีหลายขั้นตอน นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

Lovell (1966:12-13) ได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์สรุปได้ว่า กระบวนการสร้างมโนทัศน์มี 3 ประการ คือ การรับรู้ (Preception) การย่อ (Abstraction) และการสรุปครอบคลุม (Generalization) ซึ่งกระบวนการย่อนับเป็นจุดสำคัญของการสร้างมโนทัศน์

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

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

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 จะเรียกกลุ่มนี้ว่าอย่างไร อะไรที่เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งนี้อีก (What belongs under what?)

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

ระดับที่ 1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete Level) เป็นระดับที่ผู้เรียนจำวัตถุสิ่งต่าง ๆ ได้ และนึกถึงชื่อของสิ่งนั้น ๆ ได้ การเกิดมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับการพิจารณาวัตถุ

ระดับที่ 2 ระบุลักษณะ (Identity Level) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจดจำสิ่งใดสิ่งหนึ่งในสถานการณ์และเวลาที่แตกต่างกันได้ ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ระดับนี้คือความสามารถสรุปคล้ายคลึงและแผ่ขยายมโนทัศน์ได้ (Generalization)

ระดับที่ 3 แบ่งประเภท (Classificatory Level) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถจำแนกประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันเข้าด้วยกัน ของตัวอย่างหรือวัตถุตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่า

ระดับที่ 4 จัดระเบียบ (Formal Level) เป็นระดับที่ผู้เรียนสามารถใช้ชื่อมโนทัศน์อธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างกับมโนทัศน์อื่น ๆ

Arends (1998: 299) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. นำเสนอตัวอย่างสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่ โดยตัวอย่างที่ดีจะต้องชัดเจน สามารถบอกได้ว่าอะไรใช่ตัวอย่าง หรือไม่ใช่ตัวอย่าง
2. กระตุ้นให้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของมโนทัศน์นั้น และให้เหตุผลในการคาดเดานั้น โดยครูจะคอยถามคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดได้ตรงจุดที่ต้องการ และให้นักเรียนเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง
3. เมื่อนักเรียนเริ่มมองเห็นมโนทัศน์ ให้เขียนชื่อมโนทัศน์นั้นพร้อมรายละเอียดกระบวนการที่ใช้ระบุสิ่งนั้น ก่อนเรียนนักเรียนอาจจะเดา แต่ครูจำเป็นที่จะต้องนำเสนอสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างจนกระทั่งนักเรียนจำแนกได้อย่างชัดเจนและรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไร ชื่อว่าอะไร
4. ครูตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนได้โดยเพิ่มตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ แล้วถามนักเรียนต่อว่าเพราะเหตุใดสิ่งนั้นจึงใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง และให้นักเรียนลองยกตัวอย่างสิ่งที่ไม่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างด้วยตนเอง

โดยสรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. กระบวนการที่บุคคลได้สัมผัสกับสิ่งเร้า
2. ประสาทสัมผัสตีความความหมายและเปรียบเทียบรายละเอียดโดยใช้ประสบการณ์หรือความรู้เดิม ลักษณะร่วมกัน และต่างกัน
3. การจัดระเบียบความคิด แยกแยะให้เห็นความแตกต่างของสิ่งเร้า ให้รายละเอียดในสามารถบอกลักษณะเฉพาะของตัวอย่างแต่ละประเภท
4. เชื่อมโยงลักษณะเฉพาะกับตัวอย่างอื่น ๆ

3.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

การประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาเป็นแบบวัดความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ซึ่งมีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาเสนอแนวทางในการวัดมโนทัศน์ดังนี้

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

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบอัตร้อย
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

3. ให้นักเรียนเลือกรวงกลมหรือขีดเส้นใต้สิ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ

4. ให้นำคำศัพท์เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ เช่น ให้นำคำว่า rock ซึ่งเป็นคำนามมาแต่งเป็นประโยค โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

Haslam and Treagust(1987: 203-211) ได้เสนอแบบวัดมโนทัศน์ชนิดเลือกตอบพร้อมเหตุผลแบบเลือกตอบ

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 แบบจับคู่แบบถูก-ผิด แบบเลือกตอบ ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อย และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

Lavoie (1999 : 1127-1147) ได้ใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่พัฒนาโดยนักวิจัยในมหาวิทยาลัยจำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือกโดยข้อสอบแต่ละข้อกำหนดสถานการณ์หรือ กราฟ หรือ แผนภาพ ที่ไปสู่ข้อคำถามที่สะท้อนความเข้าใจของนักเรียน

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

1. ศึกษาโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2. สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน(two-tier multiplechoice format) คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน

3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

โดยสรุปแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ได้แก่

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตรันย
2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัย

2.1 แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format) โดยข้อสอบแต่ละข้อกำหนดสถานการณ์หรือ กราฟ หรือ แผนภาพ ที่ไปสู่ข้อคำถามที่สะท้อนความเข้าใจของนักเรียน

2.2. แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format)

1) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก (alternative reason) ในตอนที่หนึ่ง

2) แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

3. ใช้แบบสัมภาษณ์

4. ใช้แบบประเมินผลงาน เช่น ผังมโนทัศน์ แผนผังรูปวี การเขียน การอธิบายรูปภาพ

4.การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมาย องค์ประกอบและลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

Mark J. Gagnon and Sandra K.Abell (2008) ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการบอกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับจินตนาการ โดยให้ความสำคัญกับหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ

Hempel and Oppenheim ,1948 ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในโลก ตามประสบการณ์ของตนเองเพื่อที่จะตอบคำถาม “ทำไม” มากกว่า คำถาม “อะไร ”

คณะกรรมการสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Research Council:NRC,2000) ให้ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือหนทางต่าง ๆ ในการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งที่แปลกออกไปโดยดูความสัมพันธ์ของสิ่งที่ได้สังเกตไปยังสิ่งที่รู้มาก่อนแล้ว

K. Kampourakis and V.Zogza (2008) ได้สรุปความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในมุมมองเชิงปรัชญาวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปที่เกิดจากข้อเท็จจริงที่อันเป็นเหตุเป็นผลซึ่งรวมถึงกฎที่นำเสนอสมมติฐาน(covering law model / D-N model)
2. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เป็นการบรรยายถึงสาเหตุ(causal account)
3. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงชุดของข้อเท็จจริงที่หลากหลายโดยการรวบรวมข้อเท็จจริงเหล่านั้นภายใต้ชุดพื้นฐานของแบบแผนและหลักการ เป็นการอธิบายที่เป็นผลจากการรวมกัน (unification account)

โดยสรุป คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเชื่อมโยงชุดของข้อเท็จจริงที่หลากหลายเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยใช้กับหลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ต่างกันดังนี้

Hempel and Oppenheim (1948) กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ต้องการให้อธิบาย (explanandum) ซึ่งเป็นประโยคบรรยายปรากฏการณ์ที่จะได้รับการอธิบาย และส่วนที่เป็นการอธิบาย (explanans) ซึ่งเป็นประโยคประเภทต่าง ๆ ที่ใช้อ้างอิงเพื่ออธิบายปรากฏการณ์

McNeill et al. (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ส่วน โดยมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

- 1) การกล่าวอ้างอิง (claim) เป็นการยืนยันหรือเป็นข้อสรุปที่ตอบคำถามดั้งเดิม

2) การใช้หลักฐาน (evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนการกล่าวอ้าง ข้อมูลเหล่านี้ต้องมีความเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนการกล่าวอ้างอิงข้อมูลมาจาก การสืบสอบ หรือจากแหล่งข้อมูลอื่นเช่น การสังเกต ข้อเท็จจริงจากการอ่าน หรือ เอกสารสำคัญ

3) การให้เหตุผล (reasoning) เป็นการให้เหตุผลเกี่ยวกับความเชื่อมโยงของการกล่าวอ้าง กับหลักฐาน โดยแสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ใช้เป็นหลักฐานสามารถสนับสนุนการกล่าวอ้างได้ อย่างไร

โดยสรุป องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พิจารณาได้ 2 แนวทาง คือ 1) แบ่งตามโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ต้องการให้อธิบาย (explanandum) และส่วนที่เป็น การอธิบาย (explanans) และ 2) แบ่งตามหลักการซึ่งประกอบด้วยการกล่าวอ้างอิง (claim) การใช้หลักฐาน (evidence) และการให้เหตุผล (reasoning)

ลักษณะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Stephen P.Norris et al. (2005) ได้แบ่งลักษณะคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 10 ประเภท และแสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละลักษณะ ไว้ดังตารางที่ 2 แสดงลักษณะเฉพาะของ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท ดังนี้

1. Interpretive explanation เป็นลักษณะความหมายที่เข้าใจง่าย นิยาม ข้อเสนอ และ บทความ

2. Justificatory explanation เป็นการอธิบายจากการตัดสินใจว่าทำไมบางสิ่งถึงดำเนินไป เช่นนั้น มีการจัดเตรียมเหตุผลสำหรับการแสดงอาจจะตั้งสาเหตุเป็นเหตุผลสำหรับการแสดงและ บอกคุณค่า

3. Descriptive explanation เป็นการอธิบายโดยบรรยายขั้นตอนหรือโครงสร้าง

4. Causal explanation เป็นการอธิบายโดยอ้างสาเหตุของเหตุการณ์หรือกฎด้วย คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เหตุการณ์อาจรวมถึงการกระทำของมนุษย์

5. Deductive-nomological explanation เป็นการอธิบายข้อเท็จจริงบางส่วนหรือกฎ ทั่วไป ซึ่งเกิดจากข้อเท็จจริงอื่น ๆ หรือกฎทั่วไป ซึ่งต้องมีการรวมกฎที่เป็นสากลอย่างน้อย 1 กฎ มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นการให้ความเห็นแบบนิรนัย

6. Statistical explanation เป็นการอธิบายความจริงโดยแสดงลักษณะที่มีความเป็นไปได้ สูง ซึ่งต้องมีการรวมกฎทั่วไป ที่เป็นทางสถิติอย่างน้อย 1 กฎ มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นการให้ ความเห็นแบบอุปนัย ไม่แสดงสาเหตุสำคัญ

7. Functional explanation เป็นการอธิบายความจริงโดยวัดจากการทำงาน

8.Explanatory unification เป็นการอธิบายปรากฏการณ์โดยการหาหัวข้อที่เหมาะสมกับมุมมองทั่ว ๆ ไปของโลกมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงจำนวนมากที่สุดจากสมมติฐานที่มีจำนวนน้อยที่สุด เป็นการอธิบายแบบนิรนัย

9.Pragmatic explanation เป็นการอธิบายโดยตอบคำถาม “ทำไม” ซึ่งคำถามจะถูกตั้งขึ้นและคำตอบจะอยู่ในบริบทสามารถนำลงความเห็นเกี่ยวกับการแบ่งกลุ่มที่ตรงข้ามกันและความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกัน

10.Narrative explanation เป็นการอธิบายเหตุการณ์โดยการเล่าเหตุการณ์ที่สำคัญไปถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดย อ่างเหตุการณ์พิเศษเป็นคำอธิบายของเหตุการณ์ที่เป็นพิเศษอื่น ๆ และจัดวางบางเหตุการณ์เป็นสาเหตุของเหตุการณ์อื่น รวมทั้งค้นหารวบรวมสิ่งต่าง ๆ โดยการแสดงให้เห็นว่าเหตุการณ์ที่อธิบายนั้นเป็นหนึ่งในชุดของเหตุการณ์ที่เข้าใจได้ดีและไม่สนับสนุนการทำนาย แต่ขึ้นกับการอธิบายย้อนกลับว่าเพื่อชี้ว่าสิ่งที่ปัจจุบันอยู่ในลำดับหนึ่งของอดีต

4.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

คณะกรรมการสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards) ได้พิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยระบุเป็นพฤติกรรมตามระดับชั้น (National Council, 1996 : 19) แสดง พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ ดังตารางที่ 2 ดังนี้คือ

ตารางที่ 2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
เกรด K-4	ใช้ข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายในเชิงเหตุผล
	สื่อสารกระบวนการสืบสอบและคำอธิบาย
เกรด 5- 8	พัฒนาการบรรยาย การอธิบาย การทำนาย และแบบจำลองต่าง ๆ โดยใช้หลักฐาน
	คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดในเชิงเหตุผลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำอธิบาย
	ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและการทำนาย
เกรด 9-12	สื่อสารกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบาย
	สร้างและทบทวนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และแบบจำลองต่าง ๆ โดยใช้เหตุผล และหลักฐาน
	ยอมรับและวิเคราะห์คำอธิบายทางเลือกและแบบจำลอง
	สื่อสารและกล่าวโต้แย้งเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสภาการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา(National Research Council, 2000) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล เป็นการให้สาเหตุและสร้างความสัมพันธ์โดยใช้หลักฐานและการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับการทดลองและการสังเกตจากธรรมชาติเป็นการให้ความสำคัญกับหลักฐานและต้องใช้กระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การจัดจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การลงความเห็น การทำนาย และกระบวนการคิดทั่วไป เช่น การวิจารณ์ในเชิงเหตุผลและเชิงตรรกะ

Eugenia Etkina (2004) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. สร้างความกระจำงให้กับสถานการณ์และเสนอคำอธิบายจากการปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้การเหตุผลที่หลากหลาย ในเชิง อุปมาอุปไมย เปรียบเทียบ นิรนัยและอุปนัย
2. ลงความเห็นในการนำคำอธิบายไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น
3. ทำนายอย่างมีเหตุผล โดยใช้พื้นฐานจากคำอธิบาย
4. ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น
5. จำแนกประเภท ประเมิน และระบุข้อจำกัดของคำอธิบายโดยตรวจสอบความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่นๆ และพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐาน

McNeille et al (2006) ได้กล่าวถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยระบุเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ไว้ดังนี้

1. ยืนยันข้อมูลถูกต้องและ สมบูรณ์
2. ให้หลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนการอ้างอิง
3. ให้เหตุผลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ที่เชื่อมโยงหลักฐาน ไปสู่การกล่าวอ้างที่เหมาะสมและเพียงพอต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์

โดยสรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่ได้จากหลักฐาน การทดลองปฏิบัติการ การสืบค้น โดยพิจารณาจาก 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง 2) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 3) การให้เหตุผลและลงข้อสรุป

4.3.แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จัดเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความคิด โดยเน้นที่ความเข้าใจ วิเคราะห์และสังเคราะห์ วิธีการวัดโดยทั่วไปที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนจึงเป็นแบบอัตนัย นักการศึกษาได้เสนอแนะวิธีการให้คะแนนแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

Stanley (1972) ได้เสนอวิธีการให้คะแนนแบบจัดกลุ่ม (Sorting method) ซึ่งเป็นวิธีที่ผู้ตรวจจะต้องอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างรวดเร็วแล้วแบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง หลังจากนั้นจึงอ่านกระดาษคำตอบซ้ำอีกครั้งหนึ่งตามกลุ่มที่ได้แบ่งไว้ตลอดจนพิจารณาสลับเปลี่ยนกระดาษคำตอบที่จัดไว้ผิดกลุ่ม แล้วจึงให้คะแนนการตรวจวิธีนี้เหมาะสมสำหรับข้อสอบอัตนัยแบบตอบยาว

Thorndike and Hagen (1996) ได้เสนอวิธีการให้คะแนน 3 วิธี คือ

1.วิธีการประเมินค่ารวม (Holistic Method) เป็นวิธีที่ผู้ตรวจให้คะแนนข้อสอบแต่ละข้อโดยประเมินค่ารวม จะกำหนดน้ำหนักและการให้คะแนนเป็นส่วน ๆ

2.วิธีวิเคราะห์ (Analytic Method) เป็นวิธีที่ผู้ตรวจจะกำหนดน้ำหนักและการให้คะแนนเป็นส่วนๆ เช่น ให้คะแนนด้านเนื้อหา วิธีการ การจัดรวบรวมความคิด

3.วิธีกำหนดคะแนน (Point – score method) เป็นวิธีที่ผู้ตรวจนำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาอ่านเปรียบเทียบกับเฉลยที่ทำมา ถือว่าคำตอบที่เฉลยเป็นคำตอบที่ดีที่สุด และให้คะแนนเต็มสำหรับคำตอบที่เฉลย การตรวจวิธีนี้เหมาะสมทั้งข้อสอบอัตนัยแบบตอบยาว และข้อสอบอัตนัยแบบตอบสั้น

5.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยภายในประเทศยังไม่พบบางานวิจัยที่นำการเสริมศักยภาพมาใช้พัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยตรงแต่มีการนำแนวคิดการเสริมศักยภาพมาใช้พัฒนาผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ชินะพัฒน์ ชื่นแฉะชุ่ม (2542) ศึกษาผลของการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของไวคอตสกีที่มีต่อทักษะทางภาษาไทยและการกำกับตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 162 คน จากโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดมหาสารคาม แบ่งเป็น

กลุ่มควบคุม 1 กลุ่มและกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีจัดกลุ่มแบบยืดหยุ่นแบบ แลกเปลี่ยนบทบาท และแบบเพื่อนช่วยเพื่อน กลุ่มควบคุมสอนแบบเน้นกระบวนการ ตาม แนวทางของกรมวิชาการ กลุ่มทดลองได้รับการสอน 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นชักจูงให้ศึกษาอย่างมี เป้าหมาย 2) ขั้นทำความเข้าใจในแนวทางการศึกษา 3) ขั้นดำเนินการอย่างรอบคอบ 4) ขั้น แสดงผลการศึกษาด้วยสื่อทางภาษา และ 5) ขั้นสรุปผลการศึกษา ใช้เวลาในการทดลองสอน สัปดาห์ละ 4 คาบ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองโดยรวมมีคะแนน ทักษะทางภาษาไทยหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีคะแนนทักษะทางภาษาไทยและความคงอยู่ ของทักษะทางภาษาไทยหลังเรียนแตกต่างจากกลุ่มควบคุม และกลุ่มเพื่อนช่วยเพื่อนมีทักษะทาง ภาษาไทย ด้านทักษะการฟัง อ่าน และเขียน แตกต่างจากกลุ่มอื่น นอกจากนี้ นักเรียนกลุ่ม ทดลองมีการกำกับตนเองหลังการเรียน และความคงอยู่ของการกำกับตนเอง แตกต่างจากกลุ่ม ควบคุม แต่อาจารย์ผู้สอนประเมินนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน กลุ่มแบบยืดหยุ่นประเมิน การกำกับตนเองแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่น ๆ ส่วนอาจารย์ผู้สอน ประเมินกลุ่มแลกเปลี่ยนบทบาทช่วงหลัง แตกต่างจากกลุ่มอื่น

ฤทัยรัตน์ ธรเสนา (2546) ได้เปรียบเทียบทักษะการคิดขั้นสูงของนักศึกษาพยาบาลที่ เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบช่วยเสริมศักยภาพ(Scaffolding Instruction)เพื่อส่งเสริม ทักษะการคิดขั้นสูง ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการสรุปอ้างอิง ทักษะการ สังเคราะห์ และทักษะการประเมิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยพยาบาลราช ชนนี อุรธานี จำนวน 59 คน ที่เรียนวิชาสุขภาพจิตและการพยาบาลจิต 1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 แบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีจับคู่ แล้วสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่ม ทดลองมี 30 คน กลุ่มควบคุมมี จำนวน 29 คนใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ รวม 30 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการสรุปอ้างอิง ทักษะการสังเคราะห์ และทักษะการประเมินของกลุ่มทดลอง หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยทักษะการวิเคราะห์และทักษะการสรุปอ้างอิง ของกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่คะแนนเฉลี่ยทักษะ การสังเคราะห์และทักษะการ ประเมินของกลุ่มควบคุม หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการสรุปอ้างอิง ทักษะการสังเคราะห์ และ ทักษะการประเมิน หลังการทดลองของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

กมล โพธิ์เย็น (2547) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างเสริมความสามารถด้านทักษะการเขียนภาษาไทยของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้แนวคิดทฤษฎีไตรอาร์จิกและวิธีการแบบสแกฟโฟลด์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพณิชยการพระนคร จำนวน 90 คน ใช้เวลาทดลอง 6 สัปดาห์ รวม 18 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า คะแนนความสามารถด้านทักษะการเขียนความเรียงภาษาไทยของกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 หลังการทดลองสูงกว่าการก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนความสามารถด้านการคิดอย่างเป็นระบบของกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุจิตรา เขียวศรี (2550) ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบบนเว็บ วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้การช่วยเสริมศักยภาพเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนท้ายหาด จังหวัดสมุทรสงคราม จำนวน 25 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 ผลการทดลองพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะการแก้ปัญหาหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง

อารยา ปาละโชติ (2551) ศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องการอธิบาย วิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 49 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอยู่ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Lee และ Songer (2004) ศึกษาองค์ประกอบของของทฤษฎีการช่วยเสริมศักยภาพในวิชาชีววิทยาเรื่องความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต โดยใช้เทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนการสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่มีการเสริมศักยภาพแบบคงที่ มีการช่วยเสริมศักยภาพในการให้เหตุผล(Explanation Scaffolding) 3 แบบ เช่นการใช้ตัวอย่าง การใช้คำถาม และคำถามนำในสถานการณ์การสืบสอบ 11 สถานการณ์ อีกกลุ่มคือกลุ่มที่มีการลดการช่วยเสริมศักยภาพ การให้ความช่วยเหลือดังกล่าวจะค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลา 3 ช่วง ผลการวิจัยพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และกลุ่มที่มีการช่วยเสริมศักยภาพแบบคงที่สามารถให้เหตุผลจากข้อมูลจริงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีการลดการช่วยเสริมศักยภาพ

William A.Sandoval (2004)ศึกษาผลของการใช้การเสริมศักยภาพในการให้เหตุผล Explanation-Driven Inquiry : Integrating conceptual and Epistemic Scaffolds for Scientific Inquiry นักเรียนสร้างและประเมินคำอธิบายในเรื่องทฤษฎีทางธรรมชาติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า Explanation Constructor เป็นแรงผลักดันการอธิบายในกระบวนการสืบสอบ โดยใช้กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และใช้เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่องวิวัฒนาการและการคัดเลือกตามธรรมชาติ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าเครื่องมือนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยสนับสนุนการสืบสอบของนักเรียนและการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีทางธรรมชาติ

Katherine L. McNeill, David J Lizotte, and Joseph Krajcik (2006). ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพ โดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่อง(continuous written instructional support) กับการเสริมศักยภาพที่ค่อย ๆ ลดการบทแนะนำ (fading written instructional support (scaffolds)) ในหน่วยการเรียนรู้โครงการการสร้างสสารใหม่จากสสารเก่า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (เกรด 7) กลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการสอนที่เน้นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพ โดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่องและกลุ่มทดลองคือนักเรียนที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยค่อย ๆ ลดการบทแนะนำ ซึ่งจากงานวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองที่มีการเสริมศักยภาพที่ค่อย ๆ ลดบทแนะนำ สามารถสร้างคำอธิบายในส่วนการให้เหตุผลได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่อง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง(quasi-experimental research) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ และกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน มีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง (pretest-posttest) ดังภาพที่ 5

กลุ่มทดลอง	O_1	X	O_2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O_1	$\sim X$	O_2

O_1	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง
X	หมายถึง	การสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ
$\sim X$	หมายถึง	การสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน
O_2	หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

ภาพที่ 5 รูปแบบการวิจัยแบบ Two - group pretest-posttest design
(Campbell and Stanley, 1963)

การวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใน โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นตอนต่อไป

1) การเลือกโรงเรียน

ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง(purposive sampling) โดยเลือกโรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย เขตสีลม จังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนสถานศึกษาสำหรับการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่ที่เปิดสอนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพียงพอสำหรับการเป็นกลุ่มตัวอย่าง มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 นอกจากนี้ผู้อำนวยการโรงเรียนและอาจารย์ภายในโรงเรียนให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นครูโรงเรียนนี้ด้วย

2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง ใช้เกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้เป็นตัวแทนของเนื้อหาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4- 6 และผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่เป็นครูสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงใช้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีจำนวน 4 ห้องเรียนจึงพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปีในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียน โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียน โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ห้องเรียน มาทำการวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา

2551 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับกำหนดห้องเรียนที่จะเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน โดยที่นักเรียนของทั้งสองห้องเรียนมีความสามารถในการเรียนไม่แตกต่างกันได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบเอฟ(F-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2552

ห้องเรียน	(\bar{x})	SD	F-test
41	80.83	10.32	11.78*
42	80.56	7.56	
43	87.94	6.61	
44	86.50	6.24	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 อย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.2) ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ (post hoc comparisons) เพื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 ห้องใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2.3) พิจารณาห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่า นักเรียนจำนวน 4 ห้องเรียน หรือ 2 คู่ มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ ห้อง 41 กับ 42 และ ห้อง 43 กับ 44

2.4) เลือกห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาห้องที่มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์รายปี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2551 ในระดับต่ำจึงได้ห้อง 41 และ 42 เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2.5) ทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลอง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 41 จำนวน 48 คน และกลุ่มเปรียบเทียบคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 42 จำนวน 50 คน

2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ประเภท ได้แก่

2.1.1 แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

2.1.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือ

2 ฉบับ ได้แก่

1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มี 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

2.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

รายละเอียดของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

2.1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มี 2 ประเภท คือ แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแบ่งเป็น 1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

รายละเอียดของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

2.1.1. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เป็นแบบวัดความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ โดยสรุปเนื้อหาชีววิทยาเรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต จำนวน 1 ฉบับ ซึ่งใช้เก็บข้อมูลหลังเรียน (posttest) โดยดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2. ศึกษาหลักสูตร คู่มือการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ห่มโนทัศน์ที่ต้องการวัด และศึกษาเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาตามวิธีการของ Haslam และ Tregust (1987: 203-211) ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบพร้อมเหตุผล แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาจึงมีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนในตอนที่ 1

3. สร้างตารางวิเคราะห์ห่มโนทัศน์โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ เซลล์และทฤษฎีของเซลล์ โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การรักษาคูยภาพของเซลล์ การสื่อสารระหว่างเซลล์ การแบ่งเซลล์ การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์และการชราภาพของเซลล์ และเนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของร่างกาย เพื่อกำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์ โดยตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจำนวนข้อสอบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ย่อยแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำแนกตามลักษณะของมโนทัศน์ของแต่ละหัวข้อเรื่องในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

หัวข้อเรื่อง	ลักษณะของมโนทัศน์		จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
	เชิงทฤษฎี	เชิงบรรยาย	
1. เซลล์และทฤษฎีเซลล์	2	2	4
2. โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	3	7	10
3. การรักษาคูยภาพของเซลล์	2	3	5
4. การสื่อสารระหว่างเซลล์	-	1	1
5. การแบ่งเซลล์	2	6	8
6. การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์และการชราภาพของเซลล์	-	1	1
7. เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของร่างกาย	-	1	1
รวม	9	21	30
คิดเป็นร้อยละ	30	70	100

4.สร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์มโนทัศน์ โดยสร้างแบบวัดแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหา และส่วนเหตุผลสนับสนุน ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ในแต่ละส่วนได้ 0 คะแนน

5.นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบพิจารณาและแนะนำในการแก้ไขปรับปรุง

6.นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่แก้ไขปรับปรุงแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา(content validity)โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด (item objective congruence,IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ0.5ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 17) รวมถึงลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลง และความถูกต้องของภาษา จากนั้นรวบรวมข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่จะต้องปรับปรุง คือ การใช้คำถามควรปรับภาษาให้ชัดเจนและกระชับ เช่น จาก “จากตารางต่อไปนี้จึงเปรียบเทียบโพรคาริโอตกับยูคาริโอตข้อใดเปรียบเทียบไม่ถูกต้อง” เป็นคำถามที่ไม่ชัดเจน ควรระบุสิ่งที่ต้องการเปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันจึงควรแก้เป็น“จากตารางเปรียบเทียบโครงสร้างและลักษณะของส่วนประกอบในเซลล์โพรคาริโอต และเซลล์ยูคาริโอต ข้อใดเปรียบเทียบไม่ถูกต้อง” เป็นต้น

2) การใช้ศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ มีสิ่งที่จะต้องปรับปรุง คือ เปลี่ยนคำว่า “สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน” เป็น “ไซยาโนแบคทีเรีย” เพื่อให้ตรงกับหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแก้ไขคำศัพท์บางคำที่ไม่ถูกต้อง

3) การใช้ตัวลงมีสิ่งที่จะต้องปรับปรุง คือ ควรเลือกตัวลง ที่กล่าวในประเด็นเดียวกันทั้ง 4 ตัวเลือก เช่นกล่าวถึงหน้าที่ควรจะเป็นหน้าที่ทั้งหมด เป็นต้น

4) การใช้ภาพประกอบคำถาม มีสิ่งที่จะต้องปรับปรุง คือ ควรเลือกภาพที่มีความชัดเจน เห็นความแตกต่างของโครงสร้างชัดเจน

7. นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย ซึ่งผ่านการเรียนรู้เนื้อหาชีววิทยาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตแล้ว จำนวน 30 คน

8. นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมแบบสอบ (Test Analysis Program version 6.63 :TAP version 6.63) เพื่อหาความเที่ยงของแบบวัด ค่าระดับความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบเป็นรายชื่อ

9. พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบเป็นรายชื่อมาใช้ในการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาในข้อที่มีค่าระดับความยาก ค่าอำนาจจำแนกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถาม ตัวเลือกและตัวลวงให้เหมาะสม ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจำแนกตามระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนก

ค่าระดับความยาก	ค่าอำนาจการจำแนก		รวมจำนวนข้อ
	.01 - .19	.2 ขึ้นไป	
0.51-0.6	-	11	11
0.6-0.7	-	8	8
0.7-0.8	-	7	7
0.8 ขึ้นไป	-	4	4
รวม	0	30	30

10. นำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่เลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิม และนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด โดยใช้โปรแกรมแบบสอบ (Test Analysis Program version 6.63 :TAP

version 6.63) และหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตร KR 20 ของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายชื่อโดยใช้โปรแกรมดังกล่าวเพื่อหาค่าระดับความยากและค่าอำนาจการจำแนกพบว่าแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาทั้ง 30 ข้อ มีค่าระดับความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือ ค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.33 - 0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.25 -0.88 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 18) จากนั้นจึงนำแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.1.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายที่ได้จากหลักฐาน การทดลองปฏิบัติการ การสืบค้น ซึ่งกำหนดให้สร้างขึ้นระหว่างเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ ดังนั้นจึงสร้างแบบประเมิน 2 ฉบับในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบาย และแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงจาก McNeille.et al (2006) โดยพิจารณาจาก 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง 2) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 3) การให้เหตุผลและลงข้อสรุป

1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบการประเมินที่ใช้สังเกตความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างที่ทำการกิจกรรม ประเมินจากภาระงานและตัดสินใจผลของผู้เรียนแต่ละคนว่ามีความสามารถอยู่ในระดับใดโดยดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจุดมุ่งหมาย คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของวิชาชีววิทยา และศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตารางวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. สร้างตารางวิเคราะห์กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ พฤติกรรมที่ต้องการวัด และเกณฑ์การประเมินโดยให้ครอบคลุมกรอบการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อิงกรอบของ McNeille et.al (2006) ซึ่งแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน คือ 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง 2) การใช้หลักฐานเชิง

ประจักษ์ 3) การให้เหตุผล และลงข้อสรุป ตาราง เกณฑ์การประเมินของพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินของพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	การพิจารณาเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำถาม	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องครบถ้วน	1.1 การเสนอข้อมูลหรือหัวข้อเรื่องที่ต้องการศึกษา 1.2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 1.3 ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูล
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	การเลือกข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี ข้อมูลที่ผ่านการพิสูจน์ ทดลอง และข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่สอดคล้องสัมพันธ์กับสิ่งที่ต้องการคำตอบหรือหาข้อสรุป	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ ที่ถูกต้องครบถ้วน	2.1 การออกแบบและวางแผนการศึกษา 2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 2.3 การเลือกใช้หลักฐาน
3. การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่นำมายืนยันข้อมูล โดยการใช้หลักฐาน หลักการ กฎ ทฤษฎี มาสรุปเชื่อมโยงกับคำตอบที่ได้	อธิบายเชื่อมโยงและสรุปความสัมพันธ์ของหลักฐานกับหลักการกฎ ทฤษฎี ได้ถูกต้องชัดเจน	3.1 การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออ้างอิงเหตุผล 3.2 การลงข้อสรุป

3. กำหนดเกณฑ์การประเมิน พฤติกรรมของนักเรียนตามกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตารางแสดงเกณฑ์การประเมิน พฤติกรรมของนักเรียนตามกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียนตามกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมของนักเรียน
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	
1.1 การเสนอข้อมูลหรือหัวข้อเรื่องที่ต้องการศึกษา	เสนอข้อมูลหรือหัวข้อเรื่องที่ศึกษาจากการสังเกตสิ่งที่กำหนดโดยใช้ประสาทสัมผัสที่เหมาะสม 3 ส่วนขึ้นไป และนำมาใช้ในการลงความเห็นจากข้อมูล
1.2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา	วิเคราะห์คำถามที่เหมาะสมและเลือกใช้ข้อมูลที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ผ่านการสืบค้นหรือพิสูจน์ด้วยตนเอง
1.3 ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูล	ระบุข้อมูลถูกต้องครบทุกประเด็น
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	
2.1 การออกแบบและวางแผนการศึกษา	กำหนดตัวแปรครบถ้วนสัมพันธ์กับเรื่องที่ศึกษาและวางแผนการศึกษาเป็นลำดับ
2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	สืบค้นและสำรวจแหล่งข้อมูลต่างๆ และระบุรายละเอียดแหล่งที่มาของข้อมูล ชัดเจน
2.3 การเลือกใช้หลักฐาน	จำแนกและคัดเลือกหลักฐานที่สอดคล้องครบทุกประเด็น
3. การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	
3.1 การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สืบค้นและสำรวจองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาถูกต้องครบทุกประเด็น
3.2 การลงข้อสรุป	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน

4.สร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกซ์ (Nitko, 2004) แบ่งระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ และอิงกรอบเกณฑ์การให้คะแนนตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละรายการประเมินจำนวน 8 รายการ รายการละ 3 คะแนน รวม 24 คะแนน แสดงระดับความสามารถ ความหมายและจำนวนคะแนน ดังนี้

ระดับความสามารถ 3	หมายถึง	ดีมาก	ระดับคะแนน	3
ระดับความสามารถ 2	หมายถึง	ปานกลาง	ระดับคะแนน	2
ระดับความสามารถ 1	หมายถึง	ปรับปรุง	ระดับคะแนน	1

5.กำหนดเกณฑ์ประเมินคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการ(กระทรวงศึกษาธิการ, 2535: 24) แสดงช่วงคะแนนคิดเป็นร้อยละ และความหมาย ดังนี้

80 – 100	หมายถึง	มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายอยู่ในระดับดีมาก
70 – 79	หมายถึง	มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายอยู่ในระดับดี
60 – 69	หมายถึง	มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายอยู่ในระดับปานกลาง
50 – 59	หมายถึง	มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางในระดับต่ำ
0 – 49	หมายถึง	มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

6.นำแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาและแนะนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

7.นำแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงตามแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง(construct validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด พร้อมทั้งขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิในการปรับปรุงแก้ไข(item objective congruence,IOC)โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 19) รวมถึงความถูกต้องของภาษาจากนั้นรวบรวม

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ต้องปรับปรุง คือ ควรเขียนข้อความให้ชัดเจน และกระชับ โดยปรับข้อความในรายการประเมิน ข้อ 3.1 จาก “การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์” เป็น “การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออ้างอิงเหตุผล” และปรับข้อความในส่วนเกณฑ์การประเมิน ในข้อ 1.3 ระดับคะแนน 1 จาก “ระบุข้อมูลไม่ถูกต้อง และไม่ครบทุกประเด็น” เป็น “ระบุข้อมูลไม่ถูกต้อง”

2) การเขียนรายการประเมิน ควรอธิบายเพิ่มเติมในส่วนการระบุการใช้ความรู้ว่า ใช้ความรู้อย่างไร

8. นำแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องอีกครั้งและนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง เป็นแบบประเมินที่ใช้วัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงกลุ่ม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาประเมินผลสรุปตอนปลายภาคเรียนเพื่อสรุปและตัดสินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนว่ามีความสามารถอยู่ในระดับใดโดยดำเนินการสร้างเครื่องมือตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจุดมุ่งหมาย คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของวิชาชีววิทยา และศึกษาเอกสารตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยดำเนินการเช่นเดียวกับแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. สร้างตารางวิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ครอบคลุมกรอบการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อิงกรอบของ McNeille.et.al (2006)ซึ่งแบ่งเป็นองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน คือ 1) การระบุข้อกล่าวอ้าง 2)การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 3)การให้เหตุผลและลงข้อสรุป ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	การพิจารณาเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคำถาม	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	การเลือกข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี ข้อมูลที่ผ่านการพิสูจน์ ทดลอง และข้อมูลเชิงประจักษ์ ที่สอดคล้องสัมพันธ์กับสิ่งที่ต้องการคำตอบหรือหาข้อสรุป	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน
3. การให้เหตุผลและลงข้อสรุป	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่นำมายืนยันข้อมูล โดยการใช้หลักฐานหลักการ กฎ ทฤษฎี มาสรุปเชื่อมโยงกับคำตอบที่ได้	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎี ที่ถูกต้องและชัดเจน

3. สร้างแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ โดยกำหนดคำถามที่มีจุดมุ่งหมายในการวัดและสร้างตัวบ่งชี้โดยยึดตามองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และกำหนดสัดส่วนความสำคัญของแต่ละตัวบ่งชี้เท่ากัน

4. กำหนดเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเป็นการให้คะแนนแบบรูบริกซ์ (scoring rubrics) อิงตามกรอบของ Nitko (2004) โดยจัดทำเป็น 2 ส่วน คือ รูบริกซ์แบบภาพรวม (holistic general scoring rubric) เพื่อเป็นกรอบพิจารณา และรูบริกซ์แบบเฉพาะ (holistic specific scoring rubric) เพื่อประเมินพิจารณารายข้อ และแบ่งระดับความสามารถออกเป็น 3 ระดับ โดยอิงกรอบเกณฑ์การให้คะแนนตามพฤติกรรมที่ต้องการวัดในแต่ละตัวบ่งชี้ซึ่งปรากฏในทุกข้อ ทั้งหมด 3 ตัวบ่งชี้ ตัวบ่งชี้ละ 3 คะแนน แบบทดสอบชนิดอัตนัย มีจำนวน 3 ข้อ ข้อละ 9 คะแนน คะแนนเต็ม 27 คะแนน เวลา 1 ชั่วโมง ตาราง ระดับ

ความสามารถ ความหมายและระดับคะแนนดำเนินการเช่นเดียวกับแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5. กำหนดเกณฑ์ประเมินคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างดำเนินการเช่นเดียวกับแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

6. นำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างที่จัดทำขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาและแนะนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

7. นำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างที่แก้ไขปรับปรุงตามแล้วตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด พร้อมทั้งขอคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิในการปรับปรุงแก้ไข (item objective congruence, IOC) โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 20) รวมถึงความถูกต้องของภาษา จากนั้นรวบรวมข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ

1.1) การใช้คำถามควรมีความชัดเจน และครอบคลุมรายละเอียดในการประเมิน คือ แบบทดสอบข้อที่ 1 เปลี่ยนจากคำว่า “ศึกษาทฤษฎี” เป็น “ศึกษาทฤษฎีหรือหลักการ” แบบทดสอบข้อที่ 2 จาก “เพื่อศึกษา กระบวนการใดทางวิทยาศาสตร์” เป็น “กระบวนการเปลี่ยนแปลงใดในเซลล์” และแบบทดสอบข้อที่ 3 จาก “เพื่อศึกษากระบวนการใดทางวิทยาศาสตร์” เป็น “กระบวนการเปลี่ยนแปลงใดในเซลล์”

1.2) การใช้ภาพประกอบคำถาม มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ ควรเลือกภาพที่มีความชัดเจน เห็นความแตกต่างของกระบวนการต่าง ๆ ชัดเจน

2) การกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน มีสิ่งที่ควรปรับปรุง คือ

2.1) เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบข้อที่ 1 ในตัวบ่งชี้ที่ 2 การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ระดับคะแนนที่ 3 จาก “ระบุถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ ” เป็น “ระบุถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์โดยเฉพาะนิวเคลียส และการแบ่งเซลล์ ” และตัวบ่งชี้ที่ 3 การให้เหตุผล และลงข้อสรุป ระดับคะแนนที่ 3 เพิ่มข้อมูลว่า “นิวเคลียสมีลักษณะเป็นเม็ดกลมสีดำ มีความสำคัญต่อการมีชีวิตอยู่ของเซลล์และการแบ่งเซลล์ ”

2.2) เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบข้อที่ 3 ในตัวบ่งชี้ที่ 2 การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ในการให้ระดับคะแนนทุกระดับ จาก “ ระบุจำนวนเซลล์ ” เป็น “ ระบุจำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่จากการแบ่งเซลล์ ”

8. นำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง ที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความถูกต้องอีกครั้ง และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยมีครูผู้สอนวิชาชีววิทยาจำนวน 1 ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ ร่วมประเมิน

9. นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด โดยหาค่าระดับความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบเป็นรายชื่อ

10. พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบวัดและคุณภาพของข้อสอบเป็นรายชื่อ มาใช้ในการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงในข้อที่มีค่าระดับความยาก ค่าอำนาจจำแนก ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถามให้เหมาะสม

11. นำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง ที่เลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 3 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิม และนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัด โดยใช้สูตรการค่าระดับความยากและค่าอำนาจจำแนกสำหรับข้อสอบอัตนัย พบว่าแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างทั้ง 3 ข้อ มีค่าระดับความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือ ค่าระดับความยากอยู่ในช่วง 0.22 - 0.26 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.55 -0.63 และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 21)

12. นำผลการวัดที่ได้มาหาความเที่ยงของของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง 2 ส่วน คือ ค่าความเที่ยงของแบบวัดโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา(Alpha coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)กำหนดเกณฑ์ค่าความเที่ยงมีค่าตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไปโดยผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า ค่าความเที่ยงของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง มีค่า 0.64 จึงถือว่ามีความเที่ยง และค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินพิจารณาจากค่าความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน(Pearson Product-Moment Correlation)โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญรายข้อ มีค่าเท่ากับ 0.54 0.65 และ 0.65 ตามลำดับซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนน (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ง ตารางที่ 22) จากนั้นจึงนำแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ และแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่สอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

รายละเอียดของการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และขอบข่ายของเนื้อหาวิชาชีววิทยาจากหนังสือคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2. ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาชีววิทยาเรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต จากหนังสือเรียนและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม1 ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เพื่อกำหนดจำนวนคาบที่ใช้สอน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาสอนรวม 24 คาบ

3.วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง จุดประสงค์การเรียนรู้ และศึกษาเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะจัดการเรียนการสอน เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย และแผนรายคาบ

4.เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานรายหน่วยตามหัวข้อเรื่องที่กำหนดจำนวน 7 หน่วย เมื่อนำมาจัดทำเป็นแผนรายชั่วโมงได้จำนวน 14 แผน โดยผู้วิจัยใช้เวลาสอนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบเท่ากัน คือ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง จำนวน 6 สัปดาห์ รวม 24 ชั่วโมง

5.วิเคราะห์บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบดังตารางที่ 9

6.วิเคราะห์ การลดบทบาทการเสริมศักยภาพของครูในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 10

ตารางที่ 9 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน	บทบาทของครูและนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ					
	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ		การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ		การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	
	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน
1. ขั้นตั้งคำถาม (Ask) หมายถึง ครูนำการตั้งคำถามด้วยการจัดกิจกรรม การสาธิตและการใช้ตัวอย่างจริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนด	<ol style="list-style-type: none"> กำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนเกิดความสงสัย ฝึกให้นักเรียนไตร่ตรองผ่านทางเครื่องมือ การพูดอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสนใจ ฝึกให้นักเรียนตั้งคำถามย่อยที่เกี่ยวข้องกับคำถามหลัก และตั้งสมมติฐาน แนะนำการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล 	<ol style="list-style-type: none"> ทำความเข้าใจสถานการณ์ / ปัญหาตามที่ครูกำหนด ไตร่ตรองต่อประเด็นปัญหาจากการชี้นำของครู ตั้งคำถามที่นำไปสู่การสืบสอบจากการชี้นำของครู ตั้งสมมติฐานและวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลตามที่ครูกำหนด 	<ol style="list-style-type: none"> นำเสนอปัญหาและให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา ตรวจสอบการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล 	<ol style="list-style-type: none"> เสนอข้อมูล/หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอ ระบุปัญหาจากมีส่วนร่วมอย่างมุ่งมั่นในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน วางแผนและกำหนดวิธีการกระบวนการในการศึกษาตามคำแนะนำของครู 	<ol style="list-style-type: none"> ตรวจสอบประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจศึกษา กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเพื่อน 	<ol style="list-style-type: none"> เสนอข้อมูล/หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนสนใจด้วยตนเอง ระบุปัญหาจากมีส่วนร่วมอย่างมุ่งมั่นในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยตนเอง วางแผนและกำหนดวิธีการกระบวนการในการศึกษาด้วยตนเอง

ตารางที่ 9 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ (ต่อ)

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน	บทบาทของครูและนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ					
	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ		การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ		การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	
	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน
2. ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวางแผนการตรวจสอบ สมมติฐานและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ตามแผนที่วางไว้	1. กำหนดเวลา จัดเตรียมข้อมูล และแนะนำแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหา 2. แนะนำวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 3. ฝึกให้นักเรียนจำแนกข้อมูล และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่รวบรวมได้ 4. แบ่งลำดับงานออกเป็นขั้นย่อยๆ เพื่อให้ นักเรียนทำตามทีละขั้น 5. ตั้งคำถามและยกตัวอย่างคำตอบที่เป็นไปได้ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและเสนอแนะทางเลือกในการแก้ปัญหาอื่น 6. แสดงความคิดเห็นเพื่อตรวจสอบแก้ไข 7. จัดเตรียมบทชี้แนะ แบบฝึกหัด	1. สืบค้นข้อมูลและแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหาตามที่ครูกำหนด 2. รวบรวมข้อมูลจำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องปัญหาตามที่ครูกำหนด	1. ตรวจสอบที่มาของข้อมูลและแหล่งเรียนรู้	1. สืบค้นข้อมูลและแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลจำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องปัญหา	1. ตรวจสอบที่มาของข้อมูลและแหล่งเรียนรู้	1. สืบค้นข้อมูลและแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจด้วยตนเอง 2. รวบรวมข้อมูลจำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องปัญหาที่นักเรียนสนใจด้วยตนเอง

ตารางที่ 9 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ (ต่อ)

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน	บทบาทของครูและนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ					
	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ		การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ		การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	
	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน
3. ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) หมายถึงครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปหลักฐานที่รวบรวมได้เพื่อสร้างคำอธิบาย	1. ฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้บทชี้แนะ 2. ตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ สร้างคำอธิบายใหม่ และตรวจสอบความเข้าใจ 3. แนะนำวิธีการลงข้อสรุป 4. กำหนดรูปแบบการนำเสนอผลงานเช่น ผังมโนทัศน์ วารสาร पोสเตอร์	1. วิเคราะห์และอภิปรายการเลือกใช้หลักฐานและสร้างคำอธิบายตามบทชี้แนะ 2. ลงข้อสรุปและนำเสนอในรูปแบบที่ครูกำหนด	1. ตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	1. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามบทที่ครูชี้แนะ 2. นำเสนอผลงานในรูปแบบที่ครูชี้แนะ	1. ตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	1. สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง 2. นำเสนอผลงานในรูปแบบที่กำหนดเอง

ตารางที่ 9 บทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบสอบ (ต่อ)

ขั้นตอนรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน	บทบาทของครูและนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ					
	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ		การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ		การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	
	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน	ครู	นักเรียน
4. ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนนำคำอธิบายจากข้อ 3 มาทำการอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย	1. นำการอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบโดยใช้คำถามนำ 2. จัดกลุ่มให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้และคำแนะนำแก่เพื่อน	1. ตรวจสอบแหล่งการเรียนรู้อื่นและสร้างความเชื่อมโยง คำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2. อภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ	1. กระตุ้นให้นักเรียนนำอภิปราย 2. ร่วมอภิปรายกับนักเรียน	1. นำอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ	1. ตรวจสอบการนำอภิปรายของนักเรียน	1. นำอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ
5. ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) หมายถึง ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนไตร่ตรองและแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ จากนั้นเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ใหม่	1. กำหนดแนวทางในการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน 2. ฝึกการไตร่ตรองของนักเรียน	1. ประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน	1. ตรวจสอบการประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน	1. ประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน	1. ตรวจสอบการประเมิน การเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน	1. ประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน

บทบาทของนักเรียน		นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม
การเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (Inquiry-Based Learning)	ขั้นตั้งคำถาม(Ask)	1. เสนอข้อมูล / หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับคำถาม หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับคำถาม	ครูเตรียมเสริมศักยภาพให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง
		2. ระบุปัญหา จากกรณีมีส่วนร่วมอย่างมุ่งมั่น ในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์				
		3. วางแผนและออกแบบวิธีการ กระบวนการ ในการศึกษา				
	ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate)	4. รวบรวมข้อมูล จำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องกับคำถาม	ครูเตรียมเสริมศักยภาพ	ครูเตรียมเสริมศักยภาพให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 1 ภาระงานที่ 2 ภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง
	ขั้นสร้าง (Create)	5. วิเคราะห์และอภิปราย การเลือกใช้หลักฐานการเลือกใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบาย	ให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย			
		6. สร้างคำอธิบายเชื่อมโยงและสรุปความสัมพันธ์ของ หลักฐานกับหลักการ กฎ ทฤษฎี	ภาระงานที่ 1 ภาระงานที่ 2 ภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8	คำอธิบาย	คำอธิบาย	คำอธิบาย
	ขั้นอภิปราย (Discuss)	7. ตรวจสอบแหล่งการเรียนรู้อื่น และสร้างความเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ภาระงานที่ 1 ภาระงานที่ 2 ภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8	ครูเตรียมเสริมศักยภาพให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง	นักเรียนทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่ครูจัดเตรียม และนักเรียนทำภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8 ด้วยตนเอง
	ขั้นสะท้อน (Reflect)	8. สะท้อนความคิดและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น	ภาระงานที่ 1 ภาระงานที่ 2 ภาระงานที่ 3 ภาระงานที่ 4 ภาระงานที่ 5 ภาระงานที่ 6 ภาระงานที่ 7 ภาระงานที่ 8	คำอธิบาย	คำอธิบาย	คำอธิบาย
บทบาทครู		การสืบเสาะแบบมีการแนะนำ	การสืบเสาะแบบมีการร่วมแนะนำ			การสืบเสาะแบบไม่มีการแนะนำ

ตารางที่ 10 การลดบทบาทการเสริมศักยภาพของครูในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพจำแนกตามประเภทของการสืบเสาะ

7.วิเคราะห์โครงสร้างการลบทบาทการเสริมศักยภาพของครูเพื่อกำหนดหัวข้อเรื่องย่อย จำนวนคาบ และประเภทของการสืบสอบตามการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลบทบาทการเสริมศักยภาพ จากการสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ โดยใช้สัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 30 40 และ 30 ตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ประเภทของการสืบสอบหัวข้อ จำนวนคาบ ระยะและประเภทของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลบทบาทการเสริมศักยภาพในหน่วย เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

หัวข้อเรื่อง	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อเรื่องย่อย	คาบที่	จำนวนคาบ	ประเภทของการสืบสอบ	ร้อยละของเวลาที่ใช้ตามประเภทของการสืบสอบ
1.เซลล์และทฤษฎีเซลล์	1	1. เซลล์และทฤษฎีเซลล์	1-2	6	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ	30
	2	2.การคำนวณหากำลังขยายของภาพและขนาดของวัตถุจากกล้องจุลทรรศน์	3-4			
	3	3.การศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	5-6			
2.โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาค้นคว้ากล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	4	1. นิวเคลียส	7-8	12	การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ	40
	5	2. ไซโทพลาสซึม	9-10			
	6	3. ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์	11-12			
3.การรักษาคุณภาพของเซลล์	7	1. การลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์	13-14	12	การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ	40
	8	2. การลำเลียงสารไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์	15			
4.การสื่อสารระหว่างเซลล์	9	การสื่อสารระหว่างเซลล์	16	12	การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ	40
	10	1.การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	17-18			
5.การแบ่งเซลล์	11	2.การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส I	19-20	12	การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ	40
	12	3.การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส II	21-22			
6.การเปลี่ยนสภาพและการชราภาพของเซลล์	13	การเปลี่ยนสภาพของเซลล์และการชราภาพของเซลล์	23	6	การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	30
7.เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของร่างกาย	14	เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของร่างกาย	24	6	การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	30
รวม			24	24		100

8. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ รายหน่วย ตามหัวข้อเรื่องที่กำหนดจำนวน 7 หน่วย เมื่อนำมาจัดทำเป็นแผนรายชั่วโมงได้จำนวน 14 แผน โดยแบ่ง หัวข้อเรื่องย่อย จำนวน คาบ และประเภทของสืบสอบตามการลดบทบาทการเสริมศักยภาพของครูและความเหมาะสมของเนื้อหา โดยผู้วิจัยใช้เวลาสอนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบเท่ากัน คือ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง จำนวน 6 สัปดาห์ รวม 24 ชั่วโมง

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพและแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่สอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณาความตรงตามเนื้อหา การจัดกิจกรรม และความเหมาะสมกับเวลา จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) พิจารณาตรวจสอบความตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ความตรงตามเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 การจัดกิจกรรมตลอดจนความเหมาะสมกับเวลาเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบาย และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

11. รวบรวมข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไข โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

1) การใช้ภาษา สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ การใช้คำถามควรให้ตรงประเด็น และมีความชัดเจน และควรมีคำตอบหลากหลายเพื่อเป็นคำตอบสำหรับคำถามปลายเปิด

2) การออกแบบการจัดกิจกรรม สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ

2.1) ควรออกแบบกิจกรรมเน้นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวันเพื่อให้เรียนรู้จากรูปธรรมไปนามธรรม

2.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่คาบเกี่ยวช่วงการสืบสอบแบบมีการแนะนำกับการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำและช่วงการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำกับการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ การเปลี่ยนระดับไม่ควรเปลี่ยนทันทีควรมีการใช้คำถามและจัดกิจกรรมเชื่อมโยงระหว่างแต่ละระดับเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ต่อเนื่อง

3) ความเหมาะสมของเวลา สิ่งที่ควรปรับปรุง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ควรลดเนื้อหาบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับเวลา

12. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ พิจารณาอีกครั้งจากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้

(try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัยที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งข้อบกพร่องสรุป คือ เวลาที่ใช้ในการเสริมศักยภาพในแต่ละภาระงานโดยเฉพาะภาระงานที่ 1-3 ใช้เวลาเกินที่กำหนดไว้ในชั้นการตั้งคำถาม ทั้งนี้เพราะต้องมีการยกตัวอย่างคำถามและแนะนำแบบฝึกก่อน จึงทำให้ใช้เวลาเกินกำหนด และการกำหนดคำสั่งในแบบไม่ชัดเจน นักเรียนไม่เข้าใจคำว่าคำถามหลัก คำถามย่อย และการกล่าวอ้าง จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาแก้ไขปรับปรุงแล้วนำไปใช้ทดลองในการวิจัยครั้งนี้

2) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่สอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานดำเนินการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ แต่ไม่มีการจัดการเรียนการสอนร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเองโดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขึ้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง ดำเนินการก่อนการทดลองโดยใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการเรียนการสอนให้นักเรียนเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้

3.1.1 แนะนำวิธีการเรียน พร้อมทั้งแจ้งจุดประสงค์และเงื่อนไขในการเรียนให้กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบทราบ

3.1.2 แจ้งภาระงานที่ต้องทำรวมถึงข้อตกลงต่าง ๆ ในการเรียน

3.1.3 ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เวลา 60 นาที และแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง เวลา 60 นาที ในสัปดาห์แรกก่อนดำเนินการทดลอง จากนั้นนำผลการทดสอบมาทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยโดยใช้ค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) พบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 ขั้นดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.2.1 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยตนเองตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยจำนวน 7 หน่วย ซึ่งจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้รายชั่วโมง ได้จำนวน 14 แผน โดยใช้เวลาสอนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบเท่ากันคือ 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ชั่วโมงเรียนละ 50 นาที ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2552 รวมทั้งสิ้น 24 คาบเรียน

3.2.2 แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มทดลองโดยให้แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำ อยู่ด้วยกันและให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงคอยเป็นที่เลี้ยงและเป็นผู้ตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับต่ำ

3.2.3 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพโดยปรับระดับจากการสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบมีการแนะนำบ้างซึ่งการเปลี่ยนระดับพิจารณาการขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (Zone of Proximal Development : ZPD) ของผู้เรียนจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างที่วัดด้วยแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง โดยเปลี่ยนระดับเมื่อนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างสูงกว่าร้อยละ 70

3.3 ขั้นหลังการสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

3.3.1 ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตฉบับเดิม และแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างฉบับเดิม โดยทดสอบทั้งนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ

3.3.2 นำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลองที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน อภิปราย และสรุปผลการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

4.1 แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1.1 หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน จากแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ สืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพและกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วย รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows แล้วประเมินผลคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาโดยนำค่าเฉลี่ยร้อยละเทียบกับเกณฑ์ ของกรมวิชาการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2535 : 24)

4.1.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ สืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบด้วย รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน โดยใช้สถิติ ANCOVA

4.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ ข้อมูลดังนี้

4.2.1 หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน จากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง คะแนนจากของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพและกลุ่มที่ได้รับ การสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows

4.2.2 ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.5 for Windows มีการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วยรูปแบบ การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพและกลุ่มที่ได้รับ การสอนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน โดยใช้สถิติ ANCOVA

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ตอน ตามสมมติฐานการวิจัยลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และค่าทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่จำแนกตามประเภทการสืบสอบ จากการสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ กับนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ กับนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน หลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 30 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

ตัวแปรตาม	ก่อนทดลอง			หลังทดลอง		
	\bar{x}	$\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$	SD	\bar{x}	$\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
มโนทัศน์ทางชีววิทยา	9.84	32.81	2.83	21.63	71.53	6.19

จากตารางที่ 12 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนหลังเรียน เท่ากับ 21.63 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.19 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดี

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

2.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และค่าทางสถิติของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่จำแนกตามประเภทการสืบสอบ จาก การสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบ การเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

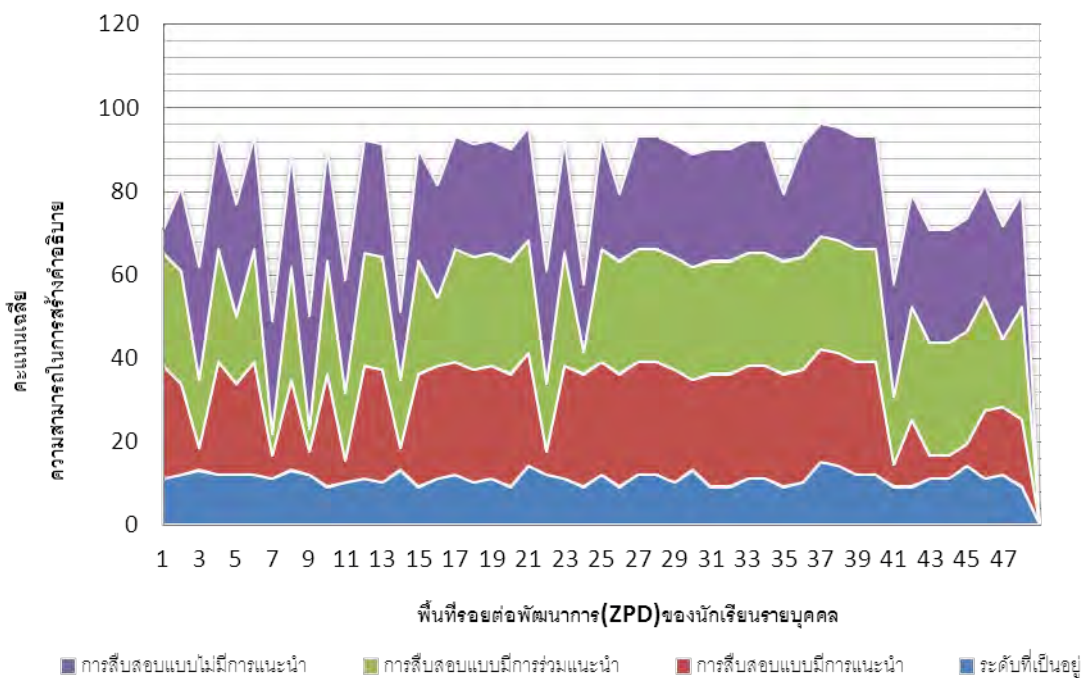
จากการวิเคราะห์ จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่จำแนกตามประเภทการสืบสอบจากประเภทการสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ ซึ่งมีการเปลี่ยนระดับตามประเภทการสืบสอบที่พิจารณาจากพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (ZPD) ของผู้เรียนจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างวัดด้วยแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง โดยเปลี่ยนระดับเมื่อนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างสูงกว่าร้อยละ 70 ดังนั้นจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์จึงพิจารณาจากจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างระหว่างเรียนจำแนกตามประเภทการสืบสอบคิดเป็นร้อยละ 70 ขึ้นไป จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 48 คน และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนพิจารณาจากคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างจากแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างของนักเรียน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนตามประเภทการสืบสอบ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 27 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนและร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริมศักยภาพ จำแนกตามประเภทการสืบสอบ

ระยะ	ประเภทการสืบสอบ	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป		คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง		
		จำนวน	ร้อยละ	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
ก่อนทดลอง	ไม่มีการจัดการเรียนการสอน	-	-	11.15	41.28	1.59
ระหว่าง	การสืบสอบแบบมีการแนะนำ	34	70.83	21.15	78.33	8.75
ทดลอง	การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ	37	77.08	23.85	88.33	6.24
6 สัปดาห์	การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ	43	89.58	25.65	95.00	4.24

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายจำแนกตามประเภทการสืบสอบ เป็น 3 ระยะ ดังนี้ คือ 1) ประเภทการสืบสอบแบบมีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 34 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 มีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับ 21.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 32.44 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดี 2) ประเภทการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 37 คน คิดเป็นร้อยละ 77.08 มีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับ 23.85 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 23.28 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 88.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก และ 3) ประเภทการสืบสอบ แบบไม่มีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 43 คน คิดเป็นร้อยละ 89.58 มีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับ 25.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.71 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 95.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก

จากการวิเคราะห์ จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายที่จำแนกตามประเภทการสืบสอบจากประเภทการสืบสอบแบบมีการแนะนำ ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ สามารถแสดงพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (ZPD) ของผู้เรียนจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างวัดด้วย แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างผังแผนภาพ พื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ (ZPD) แสดงผังแผนภาพ



actual development (ADL)

แผนภาพที่ 6 การขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) ของนักเรียนรายบุคคล

จากแผนภาพที่ 6 พบว่า ช่วงก่อนการทดลองนักเรียนมีพัฒนาการในระดับที่เป็นอยู่ (actual stage) ในระดับที่ใกล้เคียงกัน(แถบสีน้ำเงิน) แต่หลังจากเสริมศักยภาพด้วยการสืบสอบแบบมีการแนะนำ (แถบสีแดง) ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ (แถบสีเขียว) และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ (แถบสีม่วง) นักเรียนมีการขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการที่

แตกต่างกันในแต่ละบุคคลสังเกตจากความกว้างของแถบสีในแนวตั้ง หากมีแถบกว้างมากแสดงว่ามีพัฒนาการเร็วสามารถลดระดับการแนะนำได้ หากแถบแคบแสดงว่ามีพัฒนาการช้าต้องมีการแนะนำต่อไป การขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการขึ้นกับระดับความสามารถของนักเรียนที่จะพยายามไปให้ถึงระดับพัฒนาการที่เป็นจริง (actual development : ADL) ของแต่ละบุคคลซึ่งผลจากการวิจัยพบว่ามีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์สามารถไปถึงระดับพัฒนาการที่เป็นจริงได้ ในระยะการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำเท่ากับร้อยละ 95

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ได้แบ่งคะแนนวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ 1) คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 24 คะแนน และ 2) คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง จากแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 27 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และระดับความสามารถ ของคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างของนักเรียนระหว่างเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

คะแนน	\bar{x}	$\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$	SD	ระดับความสามารถ
กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	21.50	89.58	3.06	ดีมาก
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้าง	20.65	76.47	3.96	ดี

จากตารางที่ 14 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิค การลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.06 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 89.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับ 20.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.96 โดยคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 76.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดี

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ กับนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 30 คะแนน ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน (กลุ่มเปรียบเทียบ) ปรากฏผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา นักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มเปรียบเทียบ

คะแนน	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD	t-test
กลุ่มทดลอง	21.63	71.53	6.19	3.360*
กลุ่มเปรียบเทียบ	17.52	57.67	4.90	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 15 พบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนกลุ่มเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาท

การเสริมศักยภาพ (กลุ่มทดลอง) สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน (กลุ่มเปรียบเทียบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับ นักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

จากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนพิจารณาจาก คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้าง จากแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้าง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 27 คะแนนปรากฏผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

คะแนน	\bar{x}	$\bar{x}_{\text{ร้อยละ}}$	SD	t-test
กลุ่มทดลอง	20.64	76.47	3.959	8.907*
กลุ่มเปรียบเทียบ	15.00	55.56	1.937	

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 16 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนซึ่งพิจารณาจาก คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างของนักเรียนกลุ่มเรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (กลุ่มทดลอง) สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน (กลุ่มเปรียบเทียบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ 3) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน ประชากรที่ศึกษาคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายใน โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 41 จำนวน 48 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ คือ นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้อง 42 จำนวน 50 คนใช้ระยะเวลาสอน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 24 คาบ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองทั้งก่อนและหลังการทดลองและ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลองและหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเพื่อศึกษามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเท่ากับร้อยละ 71.53 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 70 ความสามารถระดับดี

2. นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบาย สรุปดังนี้

2.1 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนจำแนกตามระยะการสืบสอบ 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ระยะการสืบสอบแบบมีการแนะนำ ระยะที่ 2 ระยะการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และระยะที่ 3 ระยะการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เท่ากับร้อยละ 70.83 77.08 89.58 ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบาย พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 78.33 88.33 95.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 ความสามารถระดับ ดี ดีมาก และดีมากตามลำดับ

2.2 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 89.58 และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 76.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 ความสามารถระดับดีมาก และ ดี ตามลำดับ

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนซึ่งพิจารณาจาก คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย ได้อภิปรายตามสมมติฐานการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ 1) ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และ 2) ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ซึ่งอภิปรายตามลำดับดังนี้

1. ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เท่ากับร้อยละ 71.53 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 70 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 แสดงว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยา ทั้งนี้เนื่องมาจาก

1) การจัดการเรียนการสอนครูมีการสืบค้นสาระที่ถูกต้อง และนำสาระมาเป็นตัวกำหนดการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และกำหนดภาระงานเป็นขั้นย่อย ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ถูกต้อง และเรียนรู้ด้วยความหมาย

2) นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการลงมือปฏิบัติจากการทำกิจกรรม ตั้งคำถาม วางแผนและออกแบบวิธีการ/กระบวนการในการศึกษา รวบรวมข้อมูล จำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องกับคำถาม วิเคราะห์และอภิปรายการเลือกใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบาย สร้างคำอธิบายเชื่อมโยงและสรุปความสัมพันธ์ของหลักฐาน หลักการ กฎ ทฤษฎี ตรวจสอบแหล่งการเรียนรู้อื่น สร้างความเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสะท้อนความคิดและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น ควบคู่กับการใช้เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพของครูที่เน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดเป็นลำดับโดยจัดระดับจากง่ายไปยาก ด้วยการจัดการเรียนตามระดับของการสืบสอบจากที่มีการสืบสอบแบบมีการแนะนำ ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้น ซึ่งการจัดประสบการณ์ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนในช่วงที่นักเรียนกำลังพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงกว่า สามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว (Piaget,1972) อีกทั้งมีการทำงานเป็นกลุ่มที่มีทั้งกิจกรรมสื่อสารภายในตนเองและสื่อสารกับบุคคลอื่นจากการทำกิจกรรมเพื่อสะท้อนความคิดของตนและสื่อสารออกมาโดยอาศัยภาษา ทำให้เกิดการเรียนรู้ผ่านปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ซึ่งวัฒนธรรมที่สังคมสร้างขึ้น และสถาบันทางสังคมมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการทางเชาว์ปัญญา(Vygotsky,1997) ทำให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นลำดับขั้นจนเกิดเป็นการเรียนรู้อย่างเข้าใจ

3) นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการทำกิจกรรมที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่การตั้งคำถามที่นักเรียนมีการฝึกตั้งคำถามในหลายระดับ วิเคราะห์คำถามและเลือกคำถามที่เหมาะสมในการสืบสอบซึ่งแตกต่างตามความสนใจทำให้เกิดคำถามที่หลากหลายอันนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ สอดคล้องกับผลการวิจัยของนัยนา ตรงประเสริฐ (2542:ง) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยมีการฝึกตั้งคำถามเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยมีการฝึกตั้งคำถามเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการทำกิจกรรมตั้งสมมติฐานที่นักเรียนต้องคิดหาคำตอบที่เป็นไปได้และหาแนวทางการพิสูจน์โดยการออกแบบขั้นตอนกระบวนการหลากหลายวิธีทำให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่และเกิดเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548 : ง) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนปกติ จาก

การทำกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนต้องสืบค้นหาแหล่งที่มาของข้อมูลต่าง ๆ ทำให้ได้แหล่งข้อมูลเพิ่มขึ้น จนได้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สัมพันธ์กับข้อมูล จากนั้นจึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้กับหลักฐานด้วยการให้เหตุผลและลงข้อสรุปและสร้างเป็นคำอธิบายทำให้นักเรียนได้มโนทัศน์ที่ถูกต้อง จากการทำกิจกรรมฝึกสะท้อนความคิดซึ่งนักเรียนมีการตรวจสอบแหล่งเรียนรู้นอกเหนือจากที่ครูให้ และตรวจสอบแนวความคิดอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับเรื่องที่ศึกษา ตลอดจนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการสร้างผลงานที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เป็นองค์ความรู้ใหม่และนำมาใช้ไปในสถานการณ์ใหม่ได้

4) นักเรียนได้สะท้อนความคิด และเชื่อมโยงความรู้ จากการให้คำแนะนำ การให้ผลสะท้อนกลับจากครู อภิปรายกับเพื่อนในกลุ่มที่มีศักยภาพที่แตกต่างกัน และเพื่อนต่างกลุ่ม จากการทำกิจกรรมในชั้นสะท้อนความคิดที่ทำให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเอง บันทึกการเรียนรู้ ตรวจสอบแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย และตรวจสอบความคิดความเข้าใจ เพื่อสร้างความเชื่อมโยงคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้นไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งการสะท้อนความคิดเป็นรูปแบบหนึ่งของการคิดพินิจ พิเคราะห์ ตรึกตรอง ไคร่ครวญอย่างลึกซึ้ง โดยเริ่มจากความสงสัยใคร่รู้ในเรื่องที่เกี่ยวกับความคิดความเชื่อหรือองค์ความรู้ที่ยึดถืออยู่ และใช้ความพยายามในการค้นหาคำตอบ โดยอาศัยเหตุผลและข้อมูลอ้างอิง (Dewey, 1933:12) การสะท้อนความคิดจึงเป็นการแสดงออกถึงความคาดหวัง การรับรู้ และความรู้สึกเกี่ยวกับประสบการณ์ โดยผ่านกระบวนการพูดและเขียนโดยมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบ วางแผน หรือแก้ไขปัญหาซึ่งเหล่านี้เป็นการคิดระดับสูงกว่าการคิดระดับสูงกว่าการคิดทั่วไป (รัชนิกร ทองสุชาติ. 2545 : 45) จึงทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องซึ่งจะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงตามมา สอดคล้องกับผลงานวิจัยของจรวงจิต สีนอนันต์ (2549: ง) และอมรรัตน์ บุบผโชติ (2546: ง) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนไม่ใช้บันทึกการเรียนรู้

5) นักเรียนเกิดเรียนรู้ร่วมกันจากการจัดกลุ่มเพื่อเสริมศักยภาพโดยให้มีผู้ที่มีศักยภาพสูงและผู้มีศักยภาพต่ำมาทำงานร่วมกัน และกำหนดหน้าที่ให้ผู้ที่มีศักยภาพสูงกว่าให้การแนะนำ ผู้มีศักยภาพต่ำกว่าแบบเป็นพี่เลี้ยงคอยดูแล ทำให้ผู้มีศักยภาพต่ำกว่าเกิดการเรียนรู้วิธีการสร้างความรู้จากผู้มีศักยภาพสูงผ่านการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งช่วยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีโอกาสพูดแสดงความคิดเห็น อธิบายข้อโต้แย้งต่อความคิดของตน ส่งผลให้เกิดการเพิ่มพูนความรู้ความสามารถและพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นในขณะที่ผู้ที่มีศักยภาพต่ำเรียนรู้กระบวนการสร้าง

มโนทัศน์ ขณะเดียวกันผู้มีศักยภาพสูงได้เพิ่มความสามารถของตนจากการถ่ายทอด ทำให้ทั้งสองกลุ่มต่างเกิดมโนทัศน์ร่วมกัน

6) นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนจากการจัดบรรยากาศในห้องเรียนที่ทำให้นักเรียนสามารถเรียนได้อย่างสนุกสนานจากการให้ลงปฏิบัติทดลอง สืบค้นข้อมูล และนำเสนองานซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการสร้างแรงจูงใจของมาโลนอันประกอบด้วยปัจจัย 4 ประการ คือ ความท้าทาย จินตนาการ ความอยากรู้อยากเห็นทางความรู้และทางปัญญา และความรู้สึที่ได้ควบคุม (Malone.T.,1981.)เห็นได้จากการนำเข้าสู่บทเรียนที่ท้าทายให้นักเรียนเกิดความต้องการและมุ่งมั่นที่จะหาคำตอบให้ได้โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ ตัวอย่างจริง แบบจำลอง วัตถุทัศนภาพเคลื่อนไหว การใช้อุปกรณ์ที่นำเสนอภาพจากกล้องจุลทรรศน์ขึ้นไปยังจอภาพขนาดใหญ่ และการนำสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT) เข้ามามีส่วนร่วมในการสืบค้นข้อมูล ปฏิบัติกิจกรรม และนำเสนองานในรูปแบบผังกราฟิก แบบจำลอง นิทาน เพลง ทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการ และกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นทางความรู้สึ ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ที่แปลกใหม่ สนใจใฝ่รู้และเกิดความกระตือรือร้นมากขึ้นเป็นความอยากรู้อยากเห็นทางปัญญา นอกจากนี้การให้ความช่วยเหลือจากเพื่อนและครูเป็นแบบกัลยาณมิตรเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการเลือกเรื่องที่สนใจศึกษาในเรื่องที่ตนเองถนัด แสดงความคิดเห็นและนำเสนองานได้อย่างเต็มศักยภาพซึ่งเป็นความรู้สึที่ได้ควบคุม ทำให้นักเรียนเกิดเรียนรู้ด้วยตนเองและมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกับผู้อื่นส่งผลให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ที่ชัดเจนและคงทน

2.ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายพิจารณาในกรณีจำแนกตามประเภทการสืบสอบ 3 ประเภท พบว่า 1) การสืบสอบแบบมีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เท่ากับร้อยละ 70.83 และมีเฉลี่ยคะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 78.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จัดอยู่ใน

เกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดี 2) การสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เท่ากับร้อยละ 77.08 และมีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 88.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก และ3) การสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เท่ากับร้อยละ 89.58 มีคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับร้อยละ 95 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และในการพิจารณากรณีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายระหว่างเรียนและหลังเรียนที่ได้แบ่งคะแนนวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียน และ 2) คะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างจากแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง โดยเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนพบว่า คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เท่ากับร้อยละ 89.58ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างเท่ากับ ร้อยละ 76.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายหลังเรียนซึ่งพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้างสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 แสดงว่าการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบาย สอดคล้องผลการวิจัยของอารยา ปาละ โชติ (2551) ซึ่งศึกษาการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องการอธิบายวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน พบโดยสรุปว่า การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมา

1) การจัดการเรียนการสอนยึดแนวทางการขยายพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) โดยจัดกิจกรรมเสริมศักยภาพให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายได้ด้วยตนเองผ่านปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนกับครู และอาศัยการจัดการจัดกลุ่มให้มีนักเรียนที่มี

ศักยภาพสูง ปานกลางและนักเรียนที่มีศักยภาพต่ำทำงานร่วมกัน โดยนักเรียนที่มีศักยภาพสูงช่วยเสริมศักยภาพจากการเป็นผู้ช่วยฝึกและเป็นพี่เลี้ยงให้แก่ นักเรียนที่มีศักยภาพต่ำในลักษณะของการสนับสนุน การปรึกษาหารือและการทำความเข้าใจ เพื่อให้ผู้ที่มีศักยภาพต่ำไปสู่ระดับที่สูงขึ้น นอกจากนี้มีการจัดการเรียนการสอนที่กำหนดให้อยู่ในลักษณะที่ยืดหยุ่นและ จัดแบ่งภาระงาน ออกเป็นขั้นย่อย ๆ เพื่อลดความซับซ้อนของงานเพื่อปรับให้สอดคล้องตามลำดับพัฒนาการ และมีการเพิ่มความท้าทายตามระดับความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการขยายพื้นที่ รอยต่อของพัฒนาการ(ZPD) มีการพัฒนาจากระดับที่เป็นอยู่ (actual stage) ไปสู่ระดับพัฒนาการที่เป็นจริง (actual development : ADL)

2) นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นไปตามลำดับ ด้วยการลงมือปฏิบัติและการทำกิจกรรมที่ฝึกทักษะพื้นฐานก่อน เห็นจากการเสริมศักยภาพของครูที่เริ่มจากครูวางแผนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนฝึกทักษะการสืบค้นข้อมูล โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ในการระบุข้อกล่าวอ้างจากนั้นให้นักเรียนฝึกทักษะการจัดจำแนกประเภท การวิเคราะห์ การลงความเห็น และการทำนาย ผ่านการพิจารณาความสัมพันธ์ของหลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผลเชิงที่สอดคล้องกับการทดลองและการสังเกตจากธรรมชาติ ผ่านกระบวนการคิดที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การวิจารณ์ในเชิงเหตุผลและเชิงตรรกะ ทำให้นักเรียนจัดการและจัดระบบการคิดของตนเอง ก่อนเขียนงานที่ได้รับมอบหมาย จากนั้นครูจะค่อยๆ ลดการช่วยเหลือจนหยุดการช่วยเหลือเมื่อนักเรียนซึมซับขั้นตอนต่างๆ ไว้ในตนเองอย่างอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการสร้างความรู้จนสามารถสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายที่สมบูรณ์และครบทุกองค์ประกอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ McNeill, et al (2006) ที่พบโดยสรุปว่า กลุ่มทดลองที่มีการเสริมศักยภาพที่ค่อยๆลดบทแนะนำ สามารถสร้างคำอธิบายในส่วนการให้เหตุผลได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้การเสริมศักยภาพโดยการให้บทแนะนำอย่างต่อเนื่อง

3) นักเรียนได้รับการขยายพื้นที่รอยต่อพัฒนาการ(ZPD) จากการทำกิจกรรมที่ออกแบบให้มีการลดบทบาทของครูตามลำดับพัฒนาการ โดยความช่วยเหลือของครูจะเริ่มตั้งแต่มีคำแนะนำ ไปเป็นมีการแนะนำเล็กน้อย และมีการแนะนำบ้าง จนงดการให้ความช่วยเหลือ ผ่านรูปแบบการเรียนรู้แบบการสืบสอบเป็นฐานที่มีการปรับระดับจากการสืบสอบแบบมีการแนะนำ

ไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการทำซ้ำๆ และเพิ่มบทบาทของตัวเองมากขึ้นจนสามารถกระทำงานได้ด้วยตนเอง เกิดเป็นความสามารถในการสร้างคำอธิบายได้ในที่สุด และนักเรียนแต่ละคนมีระดับพัฒนาการที่แตกต่างกันเห็นได้จากจากช่วงรอยต่อของพัฒนาการที่อยู่ในระดับที่ต่างกันในแต่ละประเภทการสืบสอบ ซึ่งเห็นได้ว่าช่วงก่อนการทดลองนักเรียนมีพัฒนาในระดับที่เป็นอยู่ (actual stage) ในระดับที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อมีการเสริมศักยภาพในช่วงการสืบสอบแบบมีการแนะนำไปเป็นการสืบสอบแบบมีการร่วมแนะนำ และเป็นการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ จะพบว่าพื้นที่รอยต่อของนักเรียนบางคนมีขนาดกว้างในขณะที่บางคนมีขนาดแคบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของนักเรียนที่จะพยายามไปให้ถึงระดับพัฒนาการที่เป็นจริง (actual development : ADL) และการให้การเสริมศักยภาพที่เหมาะสมกับนักเรียนรายบุคคล ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่ามีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์สามารถไปถึงระดับพัฒนาการที่เป็นจริงได้ ในระหว่างการสืบสอบแบบไม่มีการแนะนำ เท่ากับร้อยละ 95 สอดคล้องกับ ผลงานวิจัยของชินะพัฒน์ ชื่นแค้น (2542 : ง) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของไวกอตสกีมีการกำกับตนเองหลังการเรียน และความคงอยู่ของการกำกับตนเอง สูงกว่าก่อนเรียน

4) นักเรียนได้รับการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นบุคคลที่มีใจกว้าง เต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดให้แก่บุคคลอื่นจากการจัดกลุ่มให้นักเรียนที่มีศักยภาพแตกต่างกันอยู่ด้วยกัน และกำหนดหน้าที่ให้นักเรียนผู้ที่มีศักยภาพสูงกว่าคอยช่วยเหลือนักเรียนผู้ที่มีศักยภาพต่ำกว่า ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้งจะมีการสลับเปลี่ยนกลุ่ม ทำให้ผู้ที่มีศักยภาพสูงได้แสดงความสามารถและแสดงน้ำใจแก่ผู้ที่มีศักยภาพต่ำกว่าหลาย ๆ คนเกิดเป็นความภูมิใจในการถ่ายทอดความรู้และวิธีการเรียนรู้อย่างเต็มใจ ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกลุ่มและมีบรรยากาศของการช่วยเหลือ และจากการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนผู้ที่มีศักยภาพสูงขณะให้การช่วยเหลือผู้ที่มีศักยภาพต่ำพบว่านักเรียนที่มีศักยภาพสูงกว่าแต่ละคนจะมีวิธีการถ่ายทอดที่แตกต่างกัน บางคนมีการประชุมกลุ่มนอกเวลาด้วยตนเองเพื่อให้สร้างเข้าใจให้แก่กลุ่ม บางคนคอยตรวจสอบการทำงานของกลุ่มและชี้แนะเมื่อผู้ที่มีศักยภาพต่ำกระทำผิดขั้นตอน ทำให้ผู้ที่มีศักยภาพต่ำที่มีความตั้งใจมากขึ้น ซึ่งการที่นักเรียนที่มีศักยภาพต่ำได้รับความช่วยเหลือจากหลาย ๆ บุคคลทำให้เห็นข้อบกพร่องของตนเองมากขึ้น สามารถยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์จากบุคคลอื่นได้กลายเป็นบุคคลที่จะรับรู้และยอมรับความคิดเห็นใหม่ ๆ อยู่เสมอ

จากผลงานวิจัยยังพบว่ามึนักเรียนจำนวนร้อยละ 5 ที่ไม่สามารถสร้างคำอธิบายได้ด้วยตนเอง ทั้งนี้เนื่องมาจากนักเรียนบางคนขาดทักษะการเขียนไม่สามารถสื่อสารและเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผลได้ อันเกิดจากความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านสติปัญญา ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย ด้านปฏิสัมพันธ์ และพฤติกรรมการเรียน ประกอบกับการวิจัยครั้งนี้จัดการเรียนการสอนที่เปลี่ยนระดับตามประเภทการสืบสอบทั้งชั้นทำให้นักเรียนบางคนที่มีศักยภาพต่ำกว่าที่มีพัฒนาการค่อนข้างช้าตามเพื่อนไม่ทัน ซึ่งนักเรียนเหล่านี้ต้องอาศัยเวลา ค่อนข้างมากกว่าปกติ จึงควรมีจัดการเรียนการสอนตามประเภทการสืบสอบแบบมีการแนะนำ มากกว่าจึงพัฒนาได้เต็มศักยภาพ และจัดสอนเพิ่มเติมนอกเวลาเพื่อพัฒนาศักยภาพให้เท่ากับผู้อื่น

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า การใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลด บทบาทการเสริมศักยภาพสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสร้าง คำอธิบายได้ดีกว่าการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1. ข้อเสนอแนะสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ เช่น สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศึกษานิเทศก์ ครูพี่เลี้ยง และครูวิทยาศาสตร์ ควรนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการ ลดบทบาทการเสริมศักยภาพไปใช้เผยแพร่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งจัดทำ เอกสารประกอบหลักสูตร เช่น คู่มือครู ประมวลการสอน เพื่อเป็นการเสนอทางเลือกในการ จัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แก่ครูวิทยาศาสตร์

1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

1.2.1 ครูวิทยาศาสตร์ควรนำรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพไปใช้ในการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างความเข้าใจอย่างลุ่มลึกแก่นักเรียน และเป็นแนวทางการจัดการเรียน การสอนที่นักเรียนสืบสอบเหมาะสมกับความสามารถและสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดความเข้าใจของตน และเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัยที่พบในครั้งนี้ จึงมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

2.1 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับสาขาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ที่นอกเหนือจากชีววิทยา เช่น เคมี ฟิสิกส์ ธรณีวิทยา ดาราศาสตร์ และวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมทั้งสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

2.2 ควรทำการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสังเคราะห์ ทักษะการสืบค้น ทักษะการสืบสอบ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และความใฝ่เรียนรู้ เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาวิจัยการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ระดับสูง และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ระดับต่ำในระดับการศึกษาต่างๆ เช่น ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กมล โพธิ์เย็น. 2547. รูปแบบการพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเสริมสร้างความสามารถด้านทักษะการเขียนภาษาไทยของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้แนวคิดทฤษฎีไตรอาร์จิกและวิธีการแบบสแกฟโฟลด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุยฎีบัณฑิต สาขาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกรียงไกร อภัยวงศ์. 2548. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรุงจิต สีนอนันต์. 2549. ผลของการใช้บันทึกการเรียนรู้แบบโต้ตอบสองทางในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. 2527. เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์.เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์. หน่วยที่ 7 สาขาการศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์. 2546. ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชินะพัฒน์ ชื่นแค้น. 2542. ผลของการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคิดการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของไวกอตสกี ที่มีต่อทักษะทางภาษาไทยและการกำกับตนเอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุยฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชินะพัฒน์ ชื่นแค้น. 2544. “Sociocultural theory : ทฤษฎีวัฒนธรรมเชิงสังคมของไวกอตสกี” ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ 16 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2544): 34-49

ชุดิมา รอดสุด. 2550. ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน),สถาบัน.ค่าสถิติ [online]. แหล่งที่มา :

<http://www.niets.or.th/O-net.html> [2009,January 10]

ทิสนา แวมมณี. 2550. ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนชาติ หล่อนกลาง. 2550. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวัฒนธรรมท้องถิ่นตามแนวการสอนประสบการณ์การอ่านแบบเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถการอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจและเจตคติต่อวัฒนธรรมท้องถิ่นของนักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระชัย ปุณณโชติ. 2537. หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์. ประมวลสาระชุดวิชา สาระดละและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1-4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช.

นัยนา ตรงประเสริฐ. 2542. การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตั้งคำถามของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยมีและไม่มีฝึกตั้งคำถามเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณี रामสุด. 2528. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เจริญกิจ.

ปรีชา ศรีเรืองฤทธิ์. 2549. การใช้แนวคิดเรื่อง พื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of Proximal Development) ของวิกตอเรีย เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนการเขียนภาษาอังกฤษสำหรับนักการศึกษา ระดับอุดมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. 2525. การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์ เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-7 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็คโปรดักชัน.

ผดุงยศ ดวงมาลา. 2528. การสอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ไมตรีสาส์นการพิมพ์

ฝันการศึกษาไทยติดอันดับ 1 ใน 15 อันดับโลก. เดลินิวส์. (18 ธันวาคม 2551) :23

- พรพรรณ พึ่งประยูรพงศ์. 2547. การพัฒนารูปแบบการสอนคอมพิวเตอร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาโสตทัศนศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2530. ความสัมพันธ์ระหว่างกลวิธีการสอน คุณภาพของกลวิธีสอน เวลาที่ใช้ในการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณศึกษบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2545. พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว) จำกัด.
- ภพ เลหาไพบูลย์. 2537. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัญญา ไม้สา. 2539. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบที่มีระดับการสืบสอบต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฤทัยรัตน์ ชรเสนา. 2546. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบช่วยเสริมศักยภาพเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงของนักศึกษาพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุุณศึกษบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัชนิกร ทองสุคดี. 2545. การเขียนสะท้อนความคิด : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. ศึกษาศาสตร์สาร. 29(2) : 45-51
- วรรณทิพา รอดแรงกล้า และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2542 การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว) จำกัด.
- วิทยาศาสตร์ เทรนด์การศึกษา ตรวจจอาการไทย ภาเวียดนามจะแขงหน้า. ประชาชาติธุรกิจ (23-26 สิงหาคม 2550) : 4
- วิวัฒน์ ผลประเสริฐ. 2549. ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับการสืบค้นบนเว็บที่มีต่อความสามารถในการสืบค้นข้อมูล การใช้แผนที่ดาว และมโนทัศน์ในวิชาดาราศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิรุยุทธ์ วิเชียรโชติ. 2521. จิตวิทยาการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน. กรุงเทพมหานคร: อำนวยการพิมพ์.
- ศึกษาธิการ,กระทรวง.กรมวิชาการ.2520. ประมวลศัพท์บัญญัติวิชาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : พระนครรุ่งเรืองการพิมพ์ .

- ศึกษาธิการ,กระทรวง. 2544. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
คุรุสภาลาดพร้าว.
- ศึกษาธิการ,กระทรวง. 2551. หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
คุรุสภาลาดพร้าว.
- ศึกษาธิการ,กระทรวง.สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.2552.สรุปผลการดำเนินงาน 9 ปี ของการปฏิรูป
การศึกษา (พ.ศ. 2542 - 2551). พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.ที.ซี.คอมมิว
นิเคชั่น
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2546. คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม
ชีววิทยาเล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 . กรุงเทพมหานคร:
โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. บทสรุปการบริหาร[online]. แหล่งที่มา :
<http://www.ipst.ac.th/pisa/pisa2.html> [2009, January 10]
- ส่องกล้องมองการศึกษา:อันดับ..เวที แห่งการแข่งขันทางการศึกษาไทยตกต่ำ. สยามรัฐสัปดาห์วิจารณ์
(19-25 มกราคม 2550): 38
- สุจิตรา เขียวศรี . 2550. การพัฒนารูปแบบการสอนแบบสืบสอบบนเว็บวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้การเสริม
ศักยภาพเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎี
บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจินต์ เลี้ยงจรรยารัตน์. 2543. ผลการใช้กระบวนการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรัคติวิซิมและการใช้
แฟ้มสะสมผลงานในการสอนหัวข้อเรื่องพลังงานกับชีวิตและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ระดับ
มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต สาขา
หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุนีย์ คล้ายนิลและปรีชาญ เดชศรี. 2549. การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้ รายงานการประเมินผลการเรียนรู้
จาก PISA 2006. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุรางค์ ใ้้วตระกูล. 2541. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ ไกรมาก. 2544. ผลของการใช้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการ
ที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการแก้ปัญหาสังแวดล้อมของ
นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เล่ม 1-2
กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุคส์ เซนเตอร์

- อมรรัตน์ บุษปโชติ. 2546. ผลของการใช้บันทึกการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการ
รับรู้ความสามารถของตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารยา ปาละโชติ. 2551. การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกรอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิค
fading scaffold เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลของนักเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อิสรา ชัยพันธ์วิริยาพร. 2542. ผลการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

- Ai-choo Ong , and Gary D. Borich. 2006. Teaching Strategies that Promote Thinking:Model and
Curriculum approaches. Singapore: McGraw-Hill.
- American Association for the Advancement of Science,Project 2061. 1993. Benchmarks for Science
Literacy. New York: Oxford University Press.
- Anthony J. Nitko. 2004. Educational Assessmrent of Students. 4th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Arends, R. I. 1998. Learning to teach. 4th ed. Boston: McGraw-Hill.
- Berk, Laura E., and Winsler, Adam. 1995. Scaffolding Children's Learning: Vygotsky and Early
Childhood Education. Washington, DC: National Association for the Education of Young
Children.
- Beyer, B.K. 1971. Inquiry in the social studies classroom : A strategy for teaching.Columbus,
OH:Charles E.Merrill.
- Brush,T.A., and Saye, J. W. 2002. A summary of research exploring hard and soft scaffolding for
teachers and students using a multimedia supported learning environment. The journal of
Interactive online learning 1(2): 1-12
- Byrnes, B. (2001, Second Edition). Cognitive Development and Learning in Instructional
Contexts. Allyn and Bacon: Needham Heights, M.A.
- Campbell, D. T. and Stanley, J. C. 1963. Experimental and quasi-experimental designs
for research. Boston : Houghton Mifflin.
- Carin,A.,and Sund R.B. 1975. Teaching Science Through Discovery. 3rd ed. Ohio: Bell & Howell

- Clark, L.H. 1973. Teaching Social Studies in A Handbook Secondary schools. New York :Macmillan.
- Crowl, T. K., Kaminsky, S., and Podell, D. M. 1997. Educational Psychology: Windows on Teaching.
Time Mirror Higher Education Group.
- Cruikshank, D. R., Bainer, D. L., and Metcalf, K. K. 1995. The act of teaching, 5th ed. New York:
McGraw-Hill.
- Dabbagh, N. 2003. Scaffolding:An important teacher competency in online learning,Tech Trends 47(2):
39-44
- DeCecco, J. P. and Crawford, W. R. 1974. The Psychology of Learning and Instruction: Educational
Psychology. 2nd ed. Englewood: Pentice-Hall.
- Dewey, J. 1933. How We Think. A restatement of the relation of reflective thinking to the educative
process (Revised edn.), Boston: D. C. Heath. Brilliant.
- Dixon-Krauss,L. 1996. Vygotsky in the classroom:Mediated literacy instruction and assessment.
Newyork: Longman.
- Eggen, Paul and Kauchak. 1997. Educational Psychology: Windows on Classroom. Third Edition.
Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Esler, W.K., and Esler, M. K. 1985. Teaching Elementary Science. California: Wedsworth.
- Eugenia Etkina . 2004 . Developing and Assessing Scientific Abilities. [online] .Available from :
<http://paer.rutgers.edu/PT3> [2008,Aug 1]
- Good, C. V. 1959. Dictionary of Education. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book.
- Good, C.V. 1973. Dictionary of Education. 3rd ed. New York : McGraw – Hill.
- Gibson, J.T. 1980. Psychology for the Classroom.New Jersey: Prentice-Hall.
- Hamiton, Richard and Ghatala, Elizbeth. 1994.Learning and Instruction. New York: McGraw-Hill.
- Hannafin,M. 1999. Learning in open-ended enviroments:Tool and technologies for the next
millennuium[online].Available from: <http://it.coe.uga.edu/itforum/paper34/html>.
[2008, Feb 16]
- Haslam, F.and Tregust , D.F. 1987. Diagnosing secondary student misconceptions of photosynthesis and
respiration in plant using a two-tier multiple choice instrument Journal of Biological Education
21 : 203-211
- Hempel C,Oppenheim. 1948. Studies in the logic of explanation. Philos Sci 15 (Reprinted in Pitt (1988)
: 9-50) : 135-175

- Hedegaard, Mariane. 1996. The Zone of Proximal Development as Basis for Instruction. An Introduction to Vygotsky. London: Routledge.
- Hogan, K., & Pressley, M. 1997. Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues. Cambridge, MA: Brookline Books.
- Jacobsen, D., Eggen, P., Kauchak, D., and Dulaney, C. 1985. Methods for teaching: a skills approach. 2nd ed. Columbus, Ohio: Merrill.
- Jacobson, D., and others. 1989. Method for Teaching a Skill Approach. 3rd ed. Ohio: Merrill
- Joyce, B. and Weil, M. 1980. Model of Teaching. New Jersey: Prentice-Hall Inc.,
- Klausmeier, J. H. 1985. Educational Psychology. 5th ed. New York: Harper & Row.
- Klopper, E. L. 1971. Handbook on formative and summative evaluations. New York: Addison-Wesley.
- Krogh, Suzanne Lowell. 1994. Educating Young Children: Infancy to Grade Three. New York: McGraw-Hill.
- Lapp, D., Bender, H., Ellenwood, S., and John, M. 1975. Teaching and learning: philosophical, psychological, curricular applications. New York: Macmillan.
- Larkin, MJ. 2001. Providing Support for Student Independence through Scaffolded Instruction. Council for Exceptional Children 34(1): 30-34.
- Latoya A. Henry .2002. Educational Concept of Scaffolding [online]. Available from : <http://condor.admin.ccnycuny.edu/~group4/> [2008, July 16]
- Lavoie, D.R. 1999. Effect of emphasizing hypothetico-predictive reasoning within the science learning cycle on high school student's process skills and conceptual understanding in biology. Journal of Research in Science Teaching 36: 1127 -1147.
- Lee, H. S., and Songer, N.B. 2004. Expanding an understanding of scaffolding theory using an inquiry-fostering science program [online]. Available from : <http://biokids.umich.edu/about/papers/56LeesongerScaffolding.pdf> [2008, Feb 1]
- Line, K. K. 2000. Exploring Science in Early Childhood Education: a development approach. 3rd ed. University of Louisville. Delmar Thomson Learning. USA.
- Lovell, K. 1966. The growth of basic mathematical and scientific concepts in children. London: University of London Press.
- Malone, T. 1981. Towards a theory of intrinsically motivating instruction. Cognitive Science. 4 :333-369.
- Mark J. Gagnon and Sandra K. Abell .2008. Explaining Science. Science and Children 45 (5): 60-61.

- Massialas, B. G., and Cox C.B. 1968. Inquiry in Social Study. New York: McGraw-Hill.
- McDonald, F.J. 1960. Educational Psychology. 2th ed. San Francisco: Wadsworth Publishing.
- McNeill, K.L., D.J. Lizotte, and J. Krajcik . 2006. Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. The Journal of learning science. 15 (2). 153-191.
- National Research Council. 1996. National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. 2000 Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. Washington,DC : National Academy Press.
- 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.
- Orlich, D.C., and others. 2001. Teaching Strategies : A Guide to better Struction. 6rd ed. Boston: Houghton Mifflin.
- Page, G. T. and Thomas, J. B. 1977. International Dictionary of Education. London: Kogan Page.
- Parson,R. 1997. An investigation into instruction available on the world wide web [online] Available from : <http://www.osie.on.ca/~parson/out1d.htm> [2008, July20]
- Puntambekar,Sadhana and Hubscher, Roland. 2005. Tools for Scaffolding Students in a Cimplex Learning Enviroment: What have We Gained and What Have we Missed. Educational Phychologist. 40(1): 1-12.
- Randoll, S.,and Kali,Y. 2004. Design principles for the use of scaffolds [online] Available from : http://www.kie.berkeley.edu/transitions/scaffold_principles.htm [2006, May 15]
- Roehler,L.R. and Cantlon,D.J. 1996. Scaffolding : A Powerful Tool in Social Constructivist Classroom [online]. Available form : <http://ed.Web3.edu.msu.edu/literacy/papers/paperlr2.htm> [2008, July16]
- Romey, W.D. 1968. Inquiry Techniques for Teaching Science. New Jersey : Prentice -Hall
- Rosenshine and Meister,C. 1992. The Use of Scaffolds for Teaching Higher-Level Cognitive Strategies.Educational Leadership 49 (7) : 26 – 33 .

- Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. 2004. Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. Science Education, 88: 345-372.
- Schwab, J. J. 1962. The Teaching of Science as Enquiry. The Teaching of Science. Cambridge: Harvard University Press.
- Slavin, R.E. 1995. Cooperative learning: Theory, research, and practice. Boston: Allyn and Bacon
- Suchman, R.J. 1966. Inquiry : Inquiry in curriculum. The Instructor. 75 (5 January): 24
- Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. 1973. Teaching Science by Inquiry in secondary school. 2nd ed. Ohio: A bell & Howell.
- Verna Leigh Lange. 2002 . Instructional Scaffolding [online] .Available from :
<http://condor.admin.ccnycuny.edu/~group4/> [2008, July16]
- Vygotsky, L. S. 1997. Educational Psychology. Boca Raton: St. Lucie. Press
- Vygotsky, L. S. 1978. Mind in Society: The Development of Higher Psychological process. In M.Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, E. Souberman (eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. 1978. Thought and Language. Massachusetts: The MIT press website
- Webster , Alec; Beveridge, Michael; and Reed, Malcolm. 1996. Managing the Literacy Curriculum: How school can Become Communities of Readers and Writers. London: Routledge.
- Weil, M. and Joyce, B. 1978. Information Processing Model of Teaching. New Jersey: Prentice-Hall
- Wood, David. Bruner, Jerome S. and Ross. Gail. 1976. "The Role of Tutoring in Problem Solving". Journal of Child Psychology and Psychiatry. 17(2)
- Woolfolk, A.E. 1995. Educational psychology. 6th ed. Ohio: A Simon & Schuster.
- Yore, L.D. 1984. The Effect of Cognitive Development and Age on Elementary Student Science Achievement for Structure Inductive and Semi-Deductive Inquiry strategies. Journal of Research in Science Teaching. 13(7) : 745 – 753

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. ดร.พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ | ประธานสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. อาจารย์ดวงกมล เหมะรัตน์ | อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเทพศิรินทร์ |
| 3. อาจารย์ ดร. ชนะวัฒน์ บุนนาค | อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจิตรลดา |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. อาจารย์นิพนธ์ ศรีนฤมล | อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา |
| 2. ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | หัวหน้าสาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรณู ถาวโรฤทธิ์ | อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

- | | |
|---|--|
| 1. ดร. จันทิพร พรหมมาศ | อาจารย์ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ | อาจารย์แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจตุรัส | อาจารย์แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช |

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่
 - 1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

ตัวอย่าง แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง

1. ข้อสอบนี้มีทั้งหมด 20 หน้า มีจำนวน 30 ข้อ
2. คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที
3. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ข้อคำถามเชิงเนื้อหา และเหตุผลในการเลือกตัวเลือกของคำตอบนั้นๆ
4. เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมายกากบาท(X)ลงบนข้อที่เลือกและหากต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบใหม่ลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ข้อคำถาม				เหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	1	2	3	4
1		X						X
2		X		X				X
3								

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

คำสั่ง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ขณะที่ศึกษาการเคลื่อนที่ของพารามีเซียมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงหากเห็นพารามีเซียมเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและหายไปจากสนามภาพ (field) ท่านจะอย่างไร
- หมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพื่อหาภาพใหม่
 - เลื่อนสไลด์ไปทางขวามือ
 - เปลี่ยนใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูง
 - เลื่อนสไลด์ไปทางซ้ายมือ

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- ภาพไม่คมชัด
- ขนาดของเลนส์มีกำลังขยายต่ำเกินไป
- ทิศทางการเคลื่อนที่ของพารามีเซียมตรงข้ามกับทิศทางของภาพ
- ทิศทางการเคลื่อนที่ของพารามีเซียมเป็นทิศทางเดียวกับทิศทางของภาพ

2. ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูเซลล์พืช โดยใช้กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุเป็น 60 เท่า และกำลังขยายของเลนส์ใกล้ตาเป็น 10 เท่า เห็นภาพที่มีขนาด 1.5 เซนติเมตร ขนาดจริงของเซลล์พืชมีขนาดเท่าไร

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| ก. 0.25 มิลลิเมตร | ค. 0.025 มิลลิเมตร |
| ข. 4×10^3 มิลลิเมตร | ง. 4×10^4 มิลลิเมตร |

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- ขนาดจริงของเซลล์พืช = $\frac{\text{ขนาดภาพ}}{\text{กำลังขยายของกล้อง}}$ และ 100 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร
- ขนาดจริงของเซลล์พืช = $\frac{\text{ขนาดภาพ}}{\text{กำลังขยายของกล้อง}}$ และ 10 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร
- ขนาดจริงของเซลล์พืช = $\frac{\text{กำลังขยายของกล้อง}}{\text{ขนาดภาพ}}$ และ 10 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร
- ขนาดจริงของเซลล์พืช = $\frac{\text{กำลังขยายของกล้อง}}{\text{ขนาดภาพ}}$ และ 100 มิลลิเมตร = 1 เซนติเมตร

3. ใจความสำคัญของทฤษฎีเซลล์คือข้อใด

- ก. สิ่งมีชีวิตมีสารพันธุกรรมและมีกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้ชีวิตดำรงอยู่ได้
- ข. สิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์และเซลล์คือหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด
- ค. เซลล์ คือ หน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต
- ง. เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์แรกเริ่ม โดยเกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เดิม

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นข้อเท็จจริงที่ปรากฏในคุณลักษณะของสิ่งมีชีวิต
2. ทฤษฎีเซลล์เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์
3. ทฤษฎีเซลล์เป็นความหมายของเซลล์
4. ทฤษฎีเซลล์กำเนิดจากพันธุกรรม

4. จากตารางข้อใดเปรียบเทียบโครงสร้างและลักษณะของส่วนประกอบในเซลล์โพรคาริโอตกับเซลล์ยูคาริโอต ไม่ถูกต้อง

ชื่อโครงสร้าง	โพรคาริโอต	ยูคาริโอต
A. เยื่อหุ้มนิวเคลียส	+	-
B. ไมโทคอนเดรีย	-	+
C. ไรโบโซม	-	+
D. ไกลโซโซม	-	+

(+ หมายถึง มี , - หมายถึง ไม่มี)

- ก. A, C ข. A, D ค. B, C ง. B, D

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นโครงสร้างและลักษณะที่พบได้ทั้งเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต
2. เป็นโครงสร้างและลักษณะที่พบได้เฉพาะยูคาริโอตเท่านั้น
3. เป็นโครงสร้างและลักษณะที่ใช้แบ่งแยกเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต
4. เป็นโครงสร้างและลักษณะ

5. หากนำเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 ชนิดมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบลักษณะของเซลล์และส่วนประกอบดังตาราง

ตารางเปรียบเทียบลักษณะของเซลล์และส่วนประกอบในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต 3 ชนิด

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ลักษณะของเซลล์และส่วนประกอบ		
	ผนังเซลล์	เยื่อหุ้มนิวเคลียส	คลอโรพลาสต์
A	-	+	-
B	+	+	+
C	+	-	-

(+ หมายถึง มี , - หมายถึง ไม่มี)

สิ่งมีชีวิต A B C คือสิ่งมีชีวิตใด

- แบคทีเรีย พืช สัตว์
- สัตว์ พืช ไชยาโนแบคทีเรีย
- ไชยาโนแบคทีเรีย สัตว์ พืช
- พืช สัตว์ แบคทีเรีย

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- เซลล์โพรคาริโอตคือ พืช และสัตว์ เซลล์ยูคาริโอตคือ แบคทีเรียทั่วไป และไชยาโนแบคทีเรีย
- เซลล์ยูคาริโอตมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีคลอโรพลาสต์ และไม่มีผนังเซลล์
- ไชยาโนแบคทีเรียมีลักษณะและส่วนประกอบคล้ายพืชคือมีผนังเซลล์ แต่ไม่มีคลอโรพลาสต์จึงไม่พบคลอโรพลาสต์
- สัตว์และพืชมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส เพราะเป็นเซลล์ยูคาริโอต และต่างกันว่าพืชมีคลอโรพลาสต์ และผนังเซลล์ และไชยาโนแบคทีเรียเป็นเซลล์โพรคาริโอตไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส

6. ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma membrane) ได้ถูกต้องที่สุด
- เป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกสุดของเซลล์ทุกชนิด
 - ทำหน้าที่ห่อหุ้มเซลล์ และมีสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน
 - โครงสร้างประกอบด้วยสารโปรตีนเรียงตัว 2 ชั้นและมีส่วนของไขมันแทรกอยู่
 - โครงสร้างประกอบด้วยสารฟอสโฟลิปิดเรียงตัว 2 ชั้นและและหันปลายที่ไม่มีขั้วซึ่งมีสมบัติไม่ชอบน้ำออกด้านนอก

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- มีหน้าที่ป้องกันเซลล์
- สารบางชนิดไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้
- โครงสร้างเป็นสารฟอสโฟลิปิดที่เคลื่อนตัวแยกออกจากกันได้
- มีไขมันเป็นตัวพาสารต่างๆ เข้าไปในเซลล์

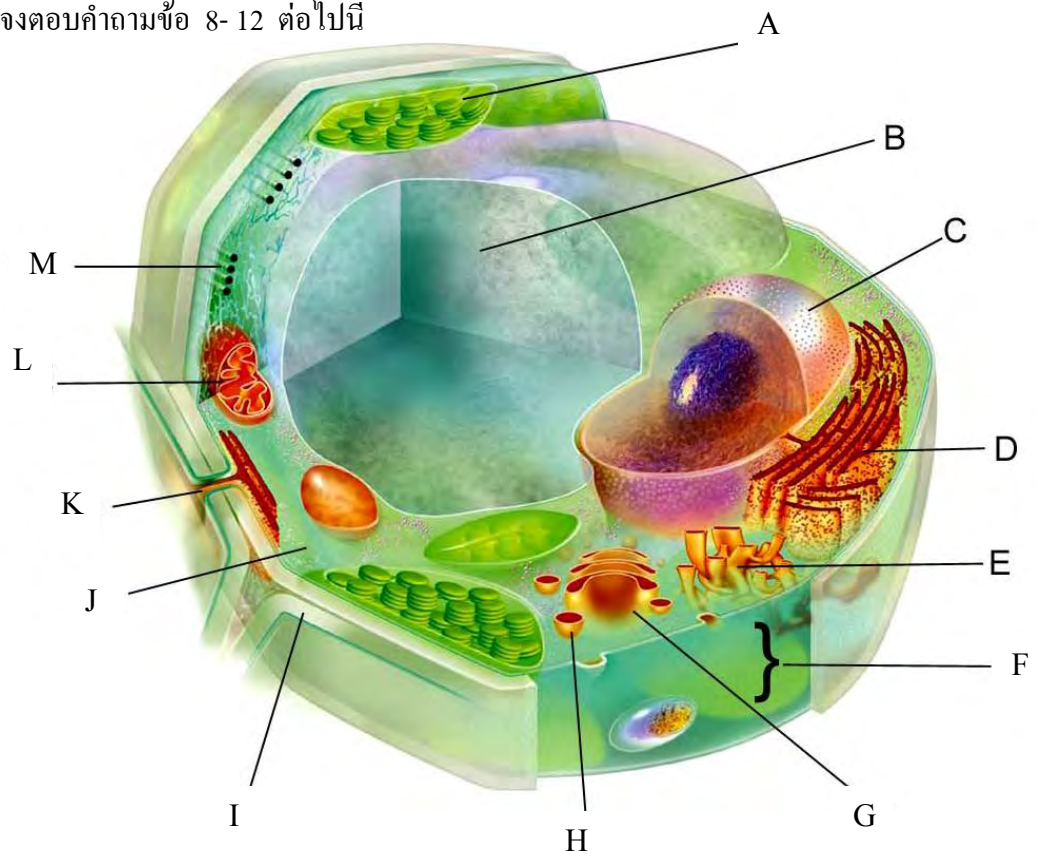
7. เมื่อย้อมสีเซลล์เยื่อหุ้ม และเซลล์เยื่อข้างแก้มด้วยสารละลายไอโอดีนแล้วส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง จะเห็นโครงสร้างใดที่พบในเซลล์ทั้ง 2 ชนิด

- | | | |
|-------------------|-----------|--------------|
| ก. เยื่อหุ้มเซลล์ | นิวเคลียส | แซบแควิวโอล |
| ข. เยื่อหุ้มเซลล์ | นิวเคลียส | ไซโทพลาสซึม |
| ค. ผนังเซลล์ | นิวเคลียส | ไมโทคอนเดรีย |
| ง. ผนังเซลล์ | นิวเคลียส | ไรโบโซม |

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- ออร์แกเนลล์มีขนาดใหญ่ชัดเจน
- โครงสร้างเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของเซลล์
- โครงสร้างข้อมติดีและพบได้ทั้งในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์
- เป็นโครงสร้างที่พบได้ทั้งในเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต

จากรูปจงตอบคำถามข้อ 8-12 ต่อไปนี้



8. เซลล์ใดที่ไม่พบโครงสร้าง G

- ก. เซลล์อสุจิ
- ข. เซลล์เฟลท
- ค. เซลล์เยื่อผนังลำไส้
- ง. เซลล์เม็ดเลือดแดงที่เจริญเต็มที่

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ทำหน้าที่สร้างฮีโมโกลบิน
2. ทำหน้าที่สร้างสารที่ให้พลังงานแก่เซลล์
3. ทำหน้าที่ย่อยสลายเซลล์ที่มีการเสื่อมสลาย
4. ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารกลุ่มไกลโคโปรตีนและไกลโคไลพิด

9. ขณะมีเมทามอร์โฟซิส ที่บริเวณเซลล์หางลูกอ๊อดคืบ และคางคกจะพบออร์แกนелล์ใดมากที่สุด

- ก. D
- ข. E
- ค. G
- ง. H

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ออร์แกนลล์นั้น คือ ไรโบโซม
2. ออร์แกนลล์นั้น คือ ไลโซโซม
3. ออร์แกนลล์นั้น คือ แวกิวโอล
4. ออร์แกนลล์นั้น คือ ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม

10. ในไซโทพลาสซึมของเซลล์ที่ต้องใช้พลังงานมาก เช่นเซลล์ตับ และเซลล์ไข่ม้วน จะพบออร์แกนลล์ใดมีจำนวนเพิ่มขึ้นมาก

- ก. A
- ข. C
- ค. L
- ง. M

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ออร์แกนลล์นั้น คือ ไมโทคอนเดรีย
2. ออร์แกนลล์นั้น คือ คลอโรพลาสต์
3. ออร์แกนลล์นั้น คือ ไลโซโซม
4. ออร์แกนลล์นั้น คือ กอลจิบอดี

11. ออร์แกนลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอาหาร และพบเฉพาะในเซลล์พืช คือออร์แกนลล์ใด

- ก. A
- ข. B
- ค. I
- ง. L

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ทำหน้าที่จับพลังงานแสง
2. ทำหน้าที่ลำเลียงสารอาหาร
3. ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กับพืช
4. ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหาร

12. เซลล์ใดถ้าไม่มี ออร์แกเนลล์ D จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์

ข้อ	เซลล์	ผล
ก.	อัญชะ	ไม่สามารถสังเคราะห์ฮอร์โมนได้
ข.	สมอง	การผ่านเข้าออกของแคลเซียมไอออนผิดปกติ
ค.	ตับอ่อน	ไม่มีเอนไซม์ย่อยสารอาหารต่าง ๆ
ง.	เม็ดเลือดแดง	ขัดขวางการลำเลียงออกซิเจน

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. กอลจิ บอดี
2. นิวเคลียส
3. ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดขรุขระ
4. ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัมชนิดเรียบ

13. โครงสร้างใดที่พบในสเปิร์มของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

- ก. ไลโซโซม ไมโทคอนเดรีย
- ข. เซนทริโอล ไมโทคอนเดรีย ไมโครทิวบูล
- ค. ไรโบโซม ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม
- ง. ร่างแหเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ไมโครทิวบูล

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ทำหน้าที่ย่อยสลายทางสเปิร์ม และสร้างพลังงานให้แก่เซลล์
2. ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของไมโครทิวบูล และสร้างพลังงานให้แก่เซลล์
3. ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนและสร้างพลังงานให้แก่เซลล์
4. ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหาง และสังเคราะห์โปรตีน

14. โครงสร้างใดเกี่ยวข้องกับการไหลเวียนของไซโทพลาสซึม การเคลื่อนที่ของเซลล์ และการแบ่งเซลล์

- ก. นิวคลีโอลัส
- ข. ไมโครฟิลาเมนต์
- ค. ไลโซโซม
- ง. กอลจิบอดี

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- 1. ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม
- 2. ทำหน้าที่สร้างพลังงานให้เซลล์
- 3. ทำหน้าที่เป็นโครงร่างค้ำจุนเซลล์
- 4. ทำหน้าที่สร้างโครงสร้างที่ค้ำจุนและควบคุมการเคลื่อนที่

15. เพราะเหตุใด การเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาเซลล์เยื่อข้างแก้มจะต้องนำเซลล์มาวางลงบนหยดน้ำเกลือ 0.85% แทนที่จะวางบนหยดน้ำเช่นเดียวกับเซลล์เยื่อหอม

- ก. ป้องกันไม่ให้เซลล์แตกขณะศึกษา
- ข. เซลล์เต่งขึ้นเพื่อง่ายต่อการศึกษา
- ค. เซลล์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นและเห็นโครงสร้างชัดเจน
- ง. ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์จะเพิ่มขึ้น

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- 1. ป้องกันไม่ให้เซลล์แตกเนื่องจากกระบวนการแพร่
- 2. ขนาดของเซลล์ใหญ่และเต่งขึ้นจากกระบวนการแพร่
- 3. ขนาดของเซลล์ใหญ่และเต่งขึ้นจากกระบวนการออสโมซิส
- 4. ป้องกันไม่ให้เซลล์แตกเนื่องจากกระบวนการออสโมซิส

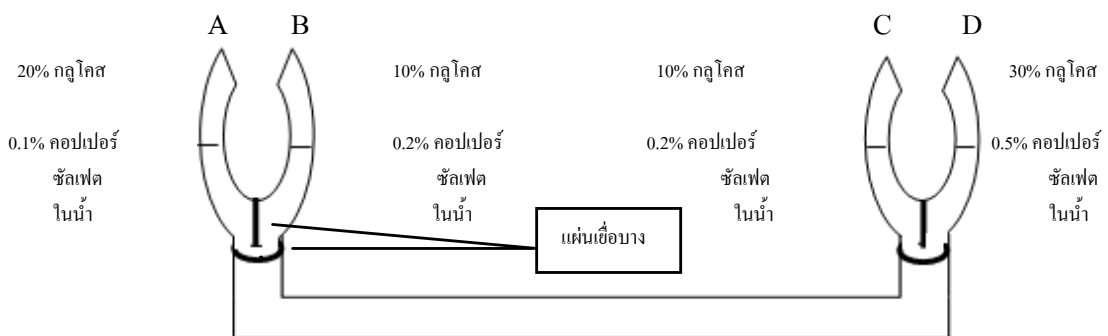
16. การแพร่ธรรมดา และ การแพร่แบบฟาซิลิตेट เหมือนกันในข้อใด

- ใช้พลังงานจากเซลล์ในการเคลื่อนที่ของสาร
- ไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ในการเคลื่อนที่ของสาร
- การเคลื่อนที่ของสาร โมเลกุลขนาดเล็กโดยการแพร่
- การเคลื่อนที่ของสาร โมเลกุลขนาดใหญ่โดยการแพร่

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- เป็นการเคลื่อนที่ของสาร โมเลกุลขนาดใหญ่จึงต้องใช้พลังงาน
- เป็นการเคลื่อนที่ของสาร โมเลกุลขนาดเล็กจึงไม่ต้องใช้พลังงาน
- เป็นการเคลื่อนที่ของสารจากที่ความเข้มข้นมากไปความเข้มข้นต่ำจึงไม่ใช้พลังงาน
- เป็นการเคลื่อนที่ของสารจากที่ความเข้มข้นต่ำไปความเข้มข้นสูงจึงต้องใช้พลังงาน

17. เมื่อเริ่มต้นการทดลอง ระดับของเหลวในหลอด A,B,C, และ D เท่ากัน ดังภาพ ที่ก้นหลอดมีท่อที่ทำด้วยเยื่อบาง ๆ ที่ยอมให้น้ำและคอปเปอร์ซัลเฟต ผ่านเข้าออกได้ เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ระดับของเหลวในหลอดต่างๆ จะเป็นเช่นไร (เครื่องหมาย > แสดงระดับน้ำที่สูงกว่า)

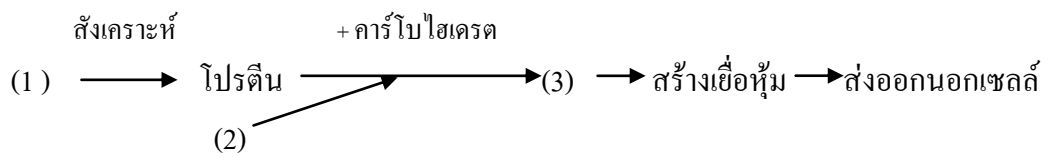


- $A > C > D > B$
- $D > A > B > C$
- $C > A > B > D$
- $C > B > A > D$

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- เป็นการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลของสารจากที่มีสารละลายเจือจางไปสารละลายที่เข้มข้น
- เป็นการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลของสารจากที่มีสารละลายเข้มข้นไปสารละลายที่เจือจาง
- เป็นการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลของน้ำจากที่มีสารละลายเจือจางไปสารละลายที่เข้มข้น
- เป็นการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลของน้ำจากที่มีสารละลายเข้มข้นไปสารละลายเจือจาง

18. จากผังการลำเลียงสารผ่านออกนอกเซลล์ (Exocytosis) หมายเลข 1,2,3 คืออะไร



- ก. ไรโบโซม กอลจิบอดี ไกลโคโปรตีน
 ข. ไรโบโซม ไกลโคโปรตีน กอลจิบอดี
 ค. ไลโซโซม, กอลจิบอดี ไกลโคโปรตีน
 ง. ไลโซโซม ไกลโคโปรตีน กอลจิบอดี

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. ระบุหน้าที่ถูกต้อง
2. เป็นการลำเลียงสารออกที่ต้องใช้พลังงาน
3. เป็นการลำเลียงสารออกที่ไม่ต้องใช้พลังงาน
4. เป็นการทำงานที่ถูกควบคุมโดยไรโบโซม

19. กระบวนการพินไซโทซิส พบได้กับเซลล์อะไร

- ก. อะมีบา
 ข. ราเมือก
 ค. เม็ดเลือดขาว
 ง. เซลล์ของท่อหน่วยไต

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีการใช้ขาเทียม
2. เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีการโอบล้อมเซลล์
3. เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่ละลายน้ำเข้าสู่เซลล์
4. เป็นกระบวนการลำเลียงสารที่มีขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้เข้าสู่เซลล์

20. การแบ่งนิวเคลียสแบบ ไมโทซิส(Mitosis)มีระยะที่ถูกต้องตามระยะใด

- | | | | |
|------------|---------|---------|---------|
| ก. เทโลเฟส | แอนาเฟส | เมทาเฟส | โพรเฟส |
| ข. เทโลเฟส | เมทาเฟส | แอนาเฟส | โพรเฟส |
| ค. โพรเฟส | เมทาเฟส | แอนาเฟส | เทโลเฟส |
| ง. โพรเฟส | แอนาเฟส | เมทาเฟส | เทโลเฟส |

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- เรียงลำดับตามระยะการเกิดกระบวนการ
- เรียงลำดับตามความยาวของโครโมโซม
- เรียงลำดับตามขนาดของโครโมโซม
- เรียงลำดับตามจำนวนโครโมโซม

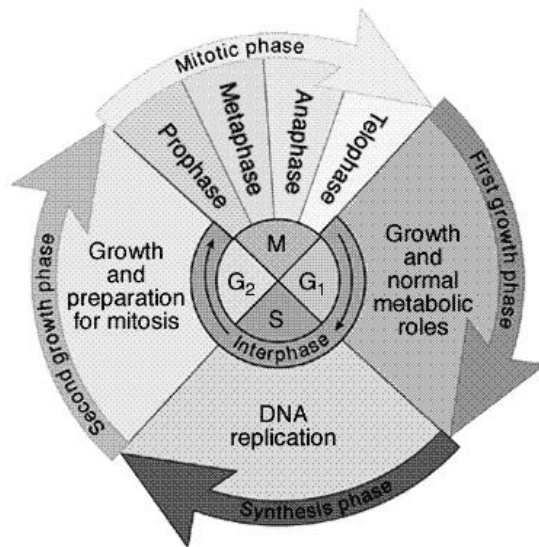
21. ข้อใดเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส ในตัวเลือกใด ไม่ถูกต้อง

ข้อ	ไมโทซิส	ไมโอซิส
ก	เกิดครอสซิงโอเวอร์ 1 ครั้ง	เกิดครอสซิงโอเวอร์ 2 ครั้ง
ข	เป็นการแบ่งเซลล์ร่างกาย	เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
ค	เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นจำนวนโครโมโซมเป็น $2n$	เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นจำนวนโครโมโซมเป็น n
ง	เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้เซลล์ที่เกิดใหม่จำนวน 2 เซลล์	เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้เซลล์ที่เกิดใหม่จำนวน 4 เซลล์

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์
- การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นจำนวนโครโมโซมเป็น n
- เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะได้เซลล์ที่เกิดใหม่จำนวน 4 เซลล์
- การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสไม่เกิดการครอสซิงโอเวอร์ของฮอโมโลกัสโครโมโซม

22. จากแผนภาพ ระยะเวลาใดบ้างที่แต่ละโครโมโซมมี 2 โครมาติด



- ก. G₂ P M
 ข. G₁ A T
 ค. G₁ S G₂
 ง. M A T

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นระยะที่สั้นที่สุด
2. เป็นระยะที่เห็นโครโมโซมชัดเจน
3. เป็นระยะเริ่มสร้างโครโมโซมและไม่มี การแยกโครโมโซม
4. เป็นระยะที่มีการแยกโครโมโซม

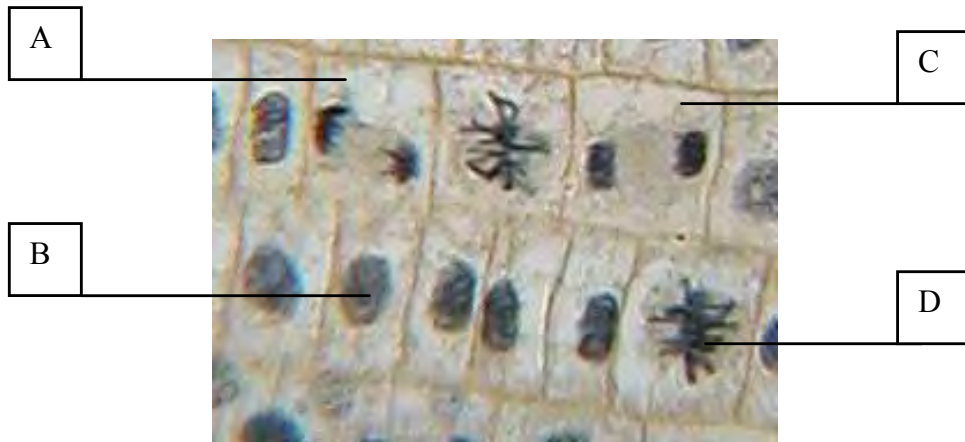
23. หากเซลล์เริ่มต้น $2n = 32$ เมื่อเข้าสู่ระยะแอนาเฟส และ แอนาเฟส I เทโลเฟสII จะมีโครมาติดเป็น จำนวนเท่าไร

- ก. 64 32 32
 ข. 32 64 64
 ค. 64 64 64
 ง. 64 64 32

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. จำนวนชุดโครโมโซมเรียงลำดับตามนี้คือ $2n$ $2n$ n
2. จำนวนชุดโครโมโซมเรียงลำดับตามนี้คือ n $2n$ $2n$
3. จำนวนชุดโครโมโซมเรียงลำดับตามนี้คือ $2n$ $2n$ $2n$
4. จำนวนชุดโครโมโซมเรียงลำดับตามนี้คือ $2n$ n n

จากภาพจงตอบคำถามข้อ 24 – 26 ต่อไปนี้



24. จากภาพเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตใด และพบการแบ่งเซลล์แบบใด

- ก. เซลล์สัตว์ แบ่งแบบไมโทซิส
- ข. เซลล์สัตว์ แบ่งแบบไมโอซิส
- ค. เซลล์พืช แบ่งแบบไมโอซิส
- ง. เซลล์พืช แบ่งแบบไมโทซิส

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

- 1. รูปร่างเซลล์กลม และเห็นโครโมโซมชัดเจน
- 2. รูปร่างเซลล์กลม และแบ่งแล้วได้ 2 เซลล์
- 3. รูปร่างเซลล์เหลี่ยม และเห็นผนังเซลล์ชัดเจน
- 4. รูปร่างเซลล์เหลี่ยม และเห็นโครโมโซมชัดเจน

25. จากภาพ ถ้าต้องการศึกษาโครโมโซมของเซลล์ควรเลือกศึกษาขณะที่เซลล์มีการแบ่งระยะใด และในระยะนั้นจะเห็นจำนวนโครโมโซมเท่าไร

- ก. ระยะ A จำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$
- ข. ระยะ B จำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$
- ค. ระยะ C จำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$
- ง. ระยะ D จำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เห็นโครโมโซมชัดเจน และจำนวนโครโมโซมเป็น $4n = 8$
2. เห็นโครโมโซมชัดเจน และจำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$
3. โครโมโซมมีการแยกกัน และจำนวนโครโมโซมเป็น $4n = 8$
4. โครโมโซมมีการแยกกัน และจำนวนโครโมโซมเป็น $2n = 4$

26. หากเซลล์พืชนี้แบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ในระยะ C จะเกิดการเปลี่ยนแปลงใดบ้างและถ้าเซลล์เริ่มต้น $2n = 4$ จำนวนโครโมโซมเป็นเท่าไร

- ก.เกิดการแบ่งเซลล์ที่ไซโทพลาสซึม และจำนวนโครโมโซมเป็น $n=2$
- ข.เกิดการแบ่งเซลล์ที่ไซโทพลาสซึม และจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=4$
- ค.เกิดการแบ่งเซลล์ที่นิวเคลียส และจำนวนโครโมโซมเป็น $n=2$
- ง.เกิดการแบ่งเซลล์ที่นิวเคลียส และจำนวนโครโมโซมเป็น $2n=4$

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นระยะ เทโลเฟส มีการแบ่งเซลล์ที่ไซโทพลาสซึม
2. เป็นระยะ เทโลเฟส มีการแบ่งเซลล์ที่นิวเคลียส
3. เป็นระยะ เทโลเฟส จำนวนโครโมโซมเป็นเริ่มต้น $n= 4$
4. เป็นระยะ เทโลเฟส จำนวนโครโมโซมเป็นเริ่มต้น $2n= 4$

27. ถ้าเซลล์รากหอมในสารละลายที่ผสมสารยับยั้งการสร้างไมโทติคสปินเดิล กระบวนการแบ่งเซลล์จะหยุดที่ระยะใด

- ก. โพรเฟส
- ข. เมทาเฟส
- ค. แอนาเฟส
- ง. อินเตอร์เฟส

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. เป็นระยะที่มีการแยกโครโมโซม
2. เป็นระยะที่มีการสร้างเส้นใยสปินเดิล
3. เป็นระยะเริ่มต้นของการแบ่งเซลล์
4. เป็นระยะที่มีโครโมโซมหดสั้นที่สุด

28. การเข้าคู่กันของฮอมอโลกัสโครโมโซม และเกิดครอสซิงโอเวอร์ พบในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบใดและระยะใด

- ก. ไมโทซิส ระยะโพรเฟส I
- ข. ไมโทซิส ระยะโพรเฟส II
- ค. ไมโอซิส ระยะโพรเฟส II
- ง. ไมโอซิส ระยะโพรเฟส I

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. การแบ่งเซลล์ร่างกายระยะนี้มีการแยกโครโมโซม
2. การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้มีการแยกโครโมโซม
3. การแบ่งเซลล์ร่างกายระยะนี้มีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรม
4. การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ระยะนี้มีการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรม

29. การเจริญของออบริโอจนเกิดอวัยวะต่างๆ ต้องผ่านกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการใด

- ก. การแบ่งเซลล์
- ข. การขยายขนาดของเซลล์
- ค. การเปลี่ยนสภาพของเซลล์
- ง. การเกิดรูปร่างของเซลล์

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. สามารถทำงานเฉพาะอย่างได้อย่างเหมาะสม
2. ต้องมีการขยายและเพิ่มจำนวนเซลล์
3. ต้องมีการรวมตัวของเนื้อเยื่อ
4. ต้องมีการสร้างเซลล์ใหม่

30. ข้อใดเรียงลำดับจากความซับซ้อนของการทำงานประสานกันของร่างกายจากน้อยไปมากได้ถูกต้อง

- ก. เซลล์ (cell) เนื้อเยื่อ (tissue) อวัยวะ (organ) ระบบ (system) ร่างกาย (body)
 ข. เซลล์ (cell) ระบบ (system) อวัยวะ (organ) เนื้อเยื่อ (tissue) ร่างกาย (body)
 ค. เซลล์ (cell) ร่างกาย (body) ระบบ (system) อวัยวะ (organ) เนื้อเยื่อ (tissue)
 ก. ร่างกาย (body) ระบบ (system) อวัยวะ (organ) เนื้อเยื่อ (tissue) เซลล์ (cell)

เหตุผลที่เลือกคำตอบข้อดังกล่าว

1. พิจารณาจากการประสานงานของร่างกาย
2. พิจารณาจากการรวมตัวของหน่วยย่อย
3. พิจารณาจากการขนาดเซลล์
4. พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

วิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552

วันที่ประเมิน

ครั้งที่.....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.ชื่อ- นามสกุล ผู้ได้รับการประเมินห้อง.....

2.คำอธิบายเรื่อง

ส่วนที่ 2 ประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการสังเกตระหว่างปฏิบัติการ

ทำเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			สรุปคะแนน	หมายเหตุ
	3	2	1		
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง					
1.1 การเสนอข้อมูลหรือหัวข้อเรื่องที่ต้องการศึกษา					
1.2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา					
1.3 ความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูล					
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์					
2.1 การออกแบบและวางแผนการศึกษา					
2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล					
2.3 การเลือกใช้หลักฐาน					
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป					
3.1 การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออ้างอิงเหตุผล					
3.2 การลงข้อสรุป					




ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

คะแนนเต็ม 24 คะแนน	รวม.....	คะแนน	คิดเป็นร้อยละ
..... 			
ระดับความสามารถ	ดีมาก	ดี	ต้องปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ความสามารถ ในการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	สังเกตสิ่งที่กำหนดโดยใช้ ประสาทสัมผัสที่เหมาะสม อย่างน้อย 3 ส่วนขึ้นไป และ มีการลงความเห็นจากข้อมูล	สังเกตสิ่งที่กำหนดโดยใช้ ประสาทสัมผัสที่เหมาะสมน้อย กว่า 3 ส่วน และมีการลง ความเห็นจากข้อมูล	สังเกตสิ่งที่กำหนดโดยใช้ ประสาทสัมผัสที่เหมาะสม น้อยกว่า 3 ส่วน และไม่มี การลงความเห็นจากข้อมูล
1.1 การเสนอข้อมูล หรือหัวข้อเรื่อง ที่ต้องการศึกษา	พิจารณาคำถามที่เหมาะสม และเลือกใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ที่ผ่านการ สืบค้นหรือพิสูจน์ด้วยตนเอง	พิจารณาคำถามที่เหมาะสมแต่ เลือกใช้ข้อมูลที่ขาดความ เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ผ่าน การสืบค้นหรือพิสูจน์ด้วย ตนเอง	ไม่พิจารณาคำถามและ เลือกใช้ข้อมูลขาดความ เชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่ ผ่านการสืบค้นหรือพิสูจน์ ด้วยตนเอง
1.2 การเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ ของข้อมูลกับ ปัญหา	ระบุข้อมูลถูกต้องครบทุก ประเด็น	ระบุข้อมูลถูกต้องแต่ไม่ครบทุก ประเด็น	ระบุข้อมูลไม่ถูกต้อง
1.3 ความถูกต้อง และครบถ้วน ของข้อมูล	กำหนดตัวแปรครบถ้วน สัมพันธ์กับเรื่องที่ศึกษาและ วางแผนการศึกษาเป็นลำดับ	กำหนดตัวแปรไม่ครบถ้วนแต่ สัมพันธ์กับเรื่องที่ศึกษาและ วางแผนการศึกษาเป็นลำดับ	กำหนดตัวแปรไม่ครบถ้วน และไม่สัมพันธ์กับเรื่องที่ ศึกษาและวางแผนการศึกษา ไม่ชัดเจน
2. การใช้หลักฐานเชิง ประจักษ์	สืบค้นและสำรวจแหล่งข้อมูล อย่างน้อย 3 แหล่งขึ้นไปและมี รายละเอียดแหล่งที่มาของ ข้อมูล ชัดเจน	สืบค้นและสำรวจระบุ แหล่งข้อมูลน้อยกว่า 3 แหล่ง และมีรายละเอียดแหล่งที่มาของ ข้อมูล ชัดเจน	สืบค้นและสำรวจแหล่งข้อมูล น้อยกว่า 3 แหล่งและมี รายละเอียดแหล่งที่มาของ ข้อมูล ไม่ชัดเจน
2.1 การออกแบบ และวางแผน การศึกษา	จำแนกและคัดเลือกหลักฐาน ที่สอดคล้อง ครบทุกประเด็น	จำแนกและคัดเลือกหลักฐานที่ สอดคล้อง แต่ไม่ครบทุก ประเด็น	จำแนกและคัดเลือกหลักฐาน ที่ไม่สอดคล้อง
2.2 การเก็บรวบรวม ข้อมูล	สืบค้นและสำรวจองค์ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่ออ้างอิงเหตุผลกับเรื่องที่ ศึกษาถูกต้อง ครบทุกประเด็น	สืบค้นและสำรวจองค์ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อ อ้างอิงเหตุผลกับเรื่องที่ศึกษา ถูกต้อง แต่ไม่ครบทุกประเด็น	สืบค้นและสำรวจองค์ความรู้ ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่ออ้างอิงเหตุผลกับเรื่องที่ ศึกษาไม่ถูกต้อง
2.3 การเลือกใช้ หลักฐาน	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของหลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีได้ ถูกต้องและชัดเจน	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของหลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของหลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ ถูกต้องและไม่ชัดเจน
3. การให้เหตุผล และ ลงข้อสรุป			
3.1 การใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เพื่ออ้างอิงเหตุผล			
3.2 การลงข้อสรุป			

แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

วิชาชีววิทยา

สอบวันที่

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย

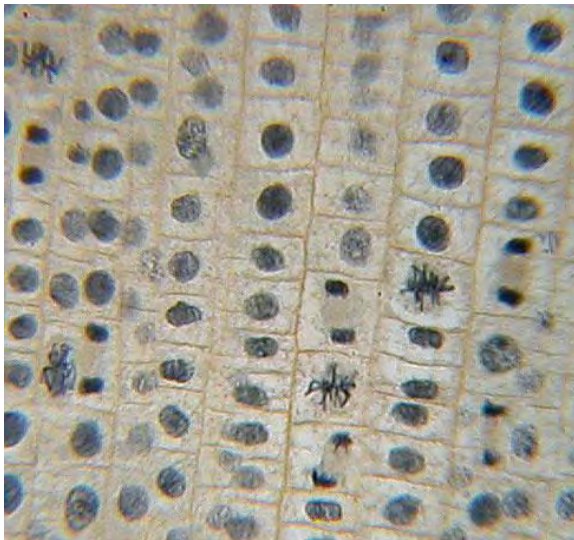
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนใช้ปากกาในการเขียนคำตอบ
2. ข้อสอบมีทั้งหมด 5 หน้า ให้นักเรียนเขียนชื่อ เลขที่และห้องให้ครบทุกหน้า
3. ข้อสอบเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง
4. คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจากการศึกษาและทำการทดลองที่ผ่านมา

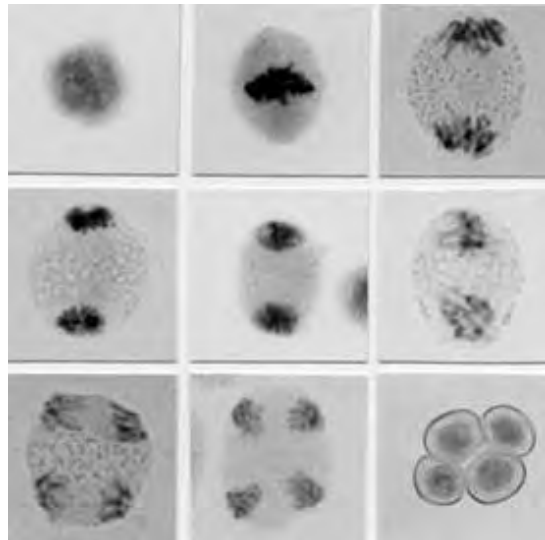
ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

3. นำเซลล์บริเวณปลายรากมาศึกษา โดยส่องดูองค์ประกอบต่างๆ ปรากฏว่าเห็นภาพทั้งสอง
ด้านล่าง นักเรียนคิดว่าเป็นการศึกษา กระบวนการเปลี่ยนแปลงใดในเซลล์ นักเรียนทราบได้
อย่างไรว่ามีกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้น ให้นักเรียนอธิบายการเกิดกระบวนการดังกล่าว

A



B



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง
3. การให้เหตุผลและลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนประโยคที่เชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์(ข้อ 1)

ตัวบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงทฤษฎีเซลล์”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงทฤษฎีอื่นที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีเซลล์”	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยงกับคำถามหรือเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง “ไม่มีการกล่าวอ้างถึงทฤษฎีเซลล์”
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน “ระบุถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์ โดยเฉพาะ นิวเคลียส และการแบ่งเซลล์”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น “ระบุถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ อย่างใดอย่างหนึ่ง”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง “ไม่มีการระบุถึงระบุถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์ และการแบ่งเซลล์”
3. การให้เหตุผลและลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน ดังนี้ “ให้เหตุผลเชื่อมโยงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์สรุปได้ว่า นิวเคลียสมีลักษณะเป็นเมื่อดกลมสีดำ มีความสำคัญต่อการมีชีวิตอยู่ของเซลล์และการแบ่งเซลล์ พร้อมทั้งระบุถึงทฤษฎีเซลล์ ซึ่งมีใจความสำคัญ 3 ข้อ คือ 1) สิ่งมีชีวิตทั้งหลายอาจมีเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ซึ่งภายในมีสารพันธุกรรมและมีกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้ 2) เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตที่มีการจัดระบบการทำงานภายใน โครงสร้างของเซลล์ 3) เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์แรกเริ่มเซลล์เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เดิม”	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ ทฤษฎีได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โครงสร้างของเซลล์ สรุปได้ว่า นิวเคลียสมีลักษณะเป็นเมื่อดกลมสีดำ มีความสำคัญต่อการมีชีวิตอยู่ของเซลล์และการแบ่งเซลล์กับ แต่กล่าวใจความสำคัญของทฤษฎีเซลล์ ทั้ง 3 ข้อ ไม่ชัดเจน”	เขียนประโยคที่เชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ ทฤษฎีไม่ถูกต้องและไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงโครงสร้างของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ กับทฤษฎีเซลล์ ว่าเกี่ยวข้องกับเรื่องอื่น”

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 2)

ตัวบ่งชี้ความสามารถ ในการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยง กับคำถามได้อย่างถูกต้องและ ครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงกระบวนการ ออสโมซิส ”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยง กับคำถามได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงกระบวนการ อื่นแต่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการออสโมซิส ”	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยง กับคำถามหรือเชื่อมโยง แต่ไม่ถูกต้อง “ไม่กล่าวอ้างถึง กระบวนการออสโมซิส”
2.การใช้หลักฐานเชิง ประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ ถูกต้องและครบถ้วน “ระบุถึงลักษณะและสภาวะที่ เซลล์อยู่ของเซลล์ ดังนี้คือ A :เซลล์เหี่ยว อยู่ในภาวะ สารละลายภายนอกเซลล์มีความ เข้มข้นมากกว่าภายในเซลล์ B :เซลล์ไม่เปลี่ยนแปลง อยู่ใน ภาวะสารละลายภายนอกเซลล์มี ความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ C : เซลล์เต่ง อยู่ในภาวะ สารละลายภายนอกเซลล์มีความ เข้มข้นน้อยกว่าภายในเซลล์ ”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ ถูกต้องแต่ไม่ครบทุก ประเด็น “ระบุถึงลักษณะและสภาวะ ที่เซลล์อยู่ของเซลล์ อย่างใด อย่างหนึ่ง”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ ไม่ถูกต้อง “ไม่ระบุถึงลักษณะและ สภาวะที่เซลล์อยู่ของ เซลล์”
3.การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐาน เชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่าการที่ เซลล์มีลักษณะเซลล์เต่ง เซลล์ เหี่ยวและเซลล์ไม่เปลี่ยนแปลง เกิดจากกระบวนการออสโมซิส ซึ่งเป็นกระบวนการที่น้ำแพร่ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากด้านที่มี ความเข้มข้นของสารละลายต่ำ ไปยังด้านที่มีความเข้มข้นของ สารละลายสูงกว่า ”	เขียนประโยคเชื่อมโยง หลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีได้ ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่าการ ที่เซลล์มีลักษณะเซลล์เต่ง เซลล์เหี่ยวและเซลล์ไม่ เปลี่ยนแปลงเกิดจาก กระบวนการ ออสโมซิสแต่อธิบาย กระบวนการไม่ชัดเจน”	เขียนประโยคที่เชื่อมโยง หลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ ถูกต้องและไม่ชัดเจน “ไม่สามารถให้เหตุผล เชื่อมโยงว่าการที่เซลล์มี ลักษณะเซลล์เต่ง เซลล์ เหี่ยวและเซลล์ไม่ เปลี่ยนแปลงเกิดจาก กระบวนการออสโมซิส”

ตารางประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 3)

ตัวบ่งชี้ความสามารถ ในการสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การระบุ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ อย่างถูกต้องและครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงการแบ่งเซลล์”	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยง กับคำถามได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน “กล่าวอ้างถึงเรื่องอื่นที่ เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์”	ระบุข้อมูลไม่เชื่อมโยง กับคำถามหรือเชื่อมโยง แต่ไม่ถูกต้อง “ไม่กล่าวอ้างถึงการ แบ่งเซลล์”
2. การใช้หลักฐานเชิง ประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้อง และครบถ้วน “ระบุชื่อกระบวนการ และระบุจำนวน เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่จากการแบ่งเซลล์ ชัดเจน ดังนี้คือ A คือการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเมื่อ แบ่งเสร็จแล้วจะได้จำนวนเซลล์ที่ เกิดขึ้นใหม่ 2 เซลล์ B คือการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เมื่อแบ่งเสร็จแล้วจะได้จำนวนเซลล์ที่ เกิดขึ้นใหม่ 4 เซลล์”	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ ถูกต้องแต่ไม่ครบทุก ประเด็น “ระบุชื่อกระบวนการ หรือ ระบุจำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้น ใหม่จากการแบ่งเซลล์อย่าง ใดอย่างหนึ่ง”	ระบุหลักฐานเชิง ประจักษ์ไม่ถูกต้อง “ไม่สามารถระบุชื่อ กระบวนการ และระบุ จำนวนเซลล์จำนวน เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่จาก การแบ่งเซลล์”
3. การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิง ประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ ถูกต้องและชัดเจน “ให้เหตุผลเชื่อมโยงว่าการแบ่งเซลล์มี 2 แบบ คือ แบบไมโทซิสและแบบไม โอซิส โดย A คือการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็น การแบ่งนิวเคลียสที่ทำให้มีจำนวน โครโมโซมคงที่ แบ่งเสร็จแล้วจะได้ จำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่ 2 เซลล์ B คือการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งนิวเคลียสที่ทำให้มี จำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง เมื่อ แบ่งเสร็จแล้วจะได้จำนวนเซลล์ที่ เกิดขึ้นใหม่ 4 เซลล์”	เขียนประโยคเชื่อมโยง หลักฐานเชิงประจักษ์กับ หลักการ กฎ ทฤษฎีได้ ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน “ว่าการแบ่งเซลล์มี 2 แบบ คือ แบบไมโทซิสและแบบ ไมโอซิส โดย A คือการแบ่งเซลล์ แบบไมโทซิส B คือการแบ่งเซลล์ แบบไมโอซิส ไม่ชัดเจน	เขียนประโยคที่ เชื่อมโยงหลักฐานเชิง ประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีไม่ถูกต้อง และไม่ชัดเจน “ให้เหตุผลเกี่ยวกับ การการแบ่งเซลล์ไม่ ถูกต้อง”

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่าง

แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน

เรื่อง เซลล์และทฤษฎีของเซลล์

วิชา ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ผู้สอน น.ส. สุพัตรา จันทร์โหมยิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของเซลล์ได้
2. อธิบายทฤษฎีเซลล์ได้
3. เขียนแผนภาพความคิดความหมายของเซลล์ และทฤษฎีเซลล์
4. จัดทำโปสเตอร์สรุปคุณประโยชน์ของการศึกษาเรื่องเซลล์

สาระ / เนื้อหา

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่มีชีวิตที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างของเซลล์ประกอบด้วย นิวเคลียส ไซโทพลาสซึม และส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ เซลล์มีรูปร่างแตกต่างกัน ส่วนมากมีขนาดเล็กมาก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยในการศึกษา โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะเห็นรายละเอียดมากกว่าการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์

ทฤษฎีเซลล์มีใจความว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์ และเซลล์คือหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

สื่อการเรียนรู้

1. แผนภาพสิ่งมีชีวิต
2. แผนภาพแสดงลำดับของสิ่งมีชีวิต
3. กระดาษฟลิปชาร์ต
4. สีชอล์ก

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) (5 นาที)

- ครูให้นักเรียนจับคู่ภาพเซลล์พืช เซลล์สัตว์และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวกับสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น แมว ต้นเฟิร์น อะมีบา มาให้นักเรียนศึกษา จากนั้นตั้งคำถามดังนี้
 - นักเรียนรู้อย่างไรว่าภาพโครงสร้างเซลล์ที่นักเรียนเห็นเป็นของสิ่งมีชีวิตใด (สังเกตลักษณะเนื้อเยื่อ)
 - นักเรียนจะศึกษาหน่วยย่อย ๆ เหล่านี้ได้อย่างไร
- ครูให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับเซลล์ และบันทึกลงกระดาษ

ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบ (Investigate) (20 นาที)

- ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน จากนั้น ครูอธิบายขั้นตอนการศึกษาโครงสร้างของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์บนกระดาน
- ครูให้ตัวแทนนักเรียนมารับอุปกรณ์ จากนั้นศึกษาโครงสร้างของเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ และบันทึกผลลงในใบงาน

ขั้นที่ 3 ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) (20 นาที)

- ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและส่งผู้แทนกลุ่มนำเสนอผลการศึกษาหน้าชั้นเรียน และนำข้อมูลที่ได้มาอภิปราย
- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนแผนภาพความคิดเกี่ยวกับความหมายของเซลล์ และจัดทำโปสเตอร์สรุปคุณสมบัติของเซลล์ของการศึกษาเรื่องเซลล์

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) (10 นาที)

- ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งผู้แทนกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงาน
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้
 - สิ่งไม่มีชีวิตจัดเป็นเซลล์หรือไม่ (ไม่จัดเป็นเซลล์)
 - สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กทุกชนิดจัดเป็นเซลล์หรือไม่ เพราะอะไร (ไม่) เพราะไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิตแต่มีองค์ประกอบไม่ครบคือไม่มีเยื่อหุ้มเซลล์ จึงไม่จัดเป็น เซลล์)
 - เซลล์คืออะไร (หน่วยพื้นฐานที่มีชีวิตที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต)

- โครงสร้างของเซลล์ประกอบด้วยอะไรบ้าง
(นิวเคลียส ไซโทพลาสซึม และส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์)
- เซลล์มีรูปร่างอย่างไร
(แตกต่างกัน ส่วนมากมีขนาดเล็กมาก)
- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ศึกษาเรื่องเซลล์ คืออะไร มีกี่ประเภท อะไรบ้าง
(กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน)
- ทฤษฎีเซลล์ มีใจความสำคัญกี่ข้อ อะไรบ้าง
(ทฤษฎีเซลล์ มีใจความสำคัญ 3 ข้อ คือ
 - 1) สิ่งมีชีวิตทั้งหลายอาจมีเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ซึ่งภายในมีสารพันธุกรรม และมีกระบวนการเมแทบอลิซึม ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้
 - 2) เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตที่มีการจัดระบบการทำงานภายในโครงสร้างของเซลล์
 - 3) เซลล์มีกำเนิดมาจากเซลล์แรกเริ่มเซลล์เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์เดิม)
- นักเรียนสรุปใจความสำคัญของทฤษฎีเซลล์ได้อย่างไร
(ทฤษฎีเซลล์มีใจความว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายประกอบด้วยเซลล์ และเซลล์คือหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด)

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) (5 นาที)

1. ครูให้นักเรียนจัดทำโปสเตอร์สรุปคุณประโยชน์ของการศึกษาเรื่องเซลล์
2. ครูให้นักเรียนตัวแทนนักเรียนออกมาพูดแสดงความรู้สึกลังการเรียน ในประเด็นต่อไปนี้
 - ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับเรื่องศึกษา
 - สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ
 - สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของตนเองคือ
 - สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของห้อง
 - สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมคือ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1. ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายจากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตระหว่างทำกิจกรรม และ โดยครูเป็นผู้ประเมิน
2. ประเมินประเมินแผนภาพความคิดความหมายของเซลล์ และทฤษฎีเซลล์ และ โปสเตอร์สรุปคุณประโยชน์ของการศึกษาเรื่องเซลล์ โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ

เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (Guided inquiry)

เรื่อง การศึกษาเซลล์ของสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ วิชา ชีววิทยา
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 2 คาบ (100 นาที)
 ผู้สอน น.ส. สุพัตรา จันทร์โสมิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. เตรียมสไลด์สดเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด
2. บันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตและชี้ส่วนต่าง ๆ ของเซลล์
3. อธิบายเปรียบเทียบรูปร่าง ลักษณะ ขนาด และโครงสร้างของเซลล์ที่นำมาศึกษาได้
4. อธิบายปรากฏการณ์การไหลเวียนของไซโตรพลาสซึมในใบสาหร่ายหางกระรอกได้
5. นำความรู้ไปใช้ในการอธิบายลักษณะที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเซลล์

สาระ / เนื้อหา

เซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน แต่มีโครงสร้างบางอย่างเหมือนกัน ซึ่งโครงสร้างที่เหมือนกันได้แก่ นิวเคลียส ไซโตรพลาสซึม และเยื่อหุ้มเซลล์ โครงสร้างที่แตกต่างกันได้แก่ ผนังเซลล์ และคลอโรพลาสต์ พบในเซลล์ของพืชและสาหร่ายบางชนิด

ปรากฏการณ์การไหลเวียนของไซโตรพลาสซึมในใบสาหร่ายหางกระรอกพบในใบอ่อน ส่วนใบแก่ไม่พบปรากฏการณ์นี้ เนื่องจาก ใบอ่อนมีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงกว่า และมีกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเจริญเติบโต จึงต้องมีการสังเคราะห์สารและลำเลียงสารที่ผลิตได้ไปใช้ในส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ และในขณะที่เดียวกันจะต้องลำเลียงสารที่ไม่ต้องการจากส่วนต่าง ๆ ออกมานอกเซลล์ ซึ่งสังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของคลอโรพลาสต์ ปรากฏการณ์การไหลเวียนของไซโตรพลาสซึม เรียกว่า ไซโคลซิส (cyclosis)

สื่อการเรียนรู้

1. กล้องจุลทรรศน์พร้อมสไลด์ และกระจกปิดสไลด์
2. เจ็มเจีย
3. หลอดหยด
4. ไบมิคโคน
5. ไม้จิ้มฟัน
6. กระดาษเยื่อ
7. น้ำ
8. สารละลายไอโอดีน ความเข้มข้น 2 %
9. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.85% และ 2%
10. สารละลายเมทิลีนบลู
11. ตัวอย่างแหล่งน้ำที่สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว
12. หัวหอม (เยื่อหอมขนาด $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$)
13. สาหร่ายหางกระรอก
14. ว่านกาบหอย
15. เยื่อข้างแก้ม
16. ใบงาน บทปฏิบัติการเรื่องเซลล์คืออะไร
17. กระดาษฟลิปชาร์ต และสี

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) (10 นาที)

1. ครูให้ตัวแทนนักเรียนออกมาสาธิตการเตรียมสไลด์สดจากสาหร่ายหางกระรอก จากนั้นตั้งคำถามดังนี้
 - นักเรียนคิดว่าเพื่อนเตรียมสไลด์ได้ถูกต้องหรือไม่ อย่างไร (ตัวอย่างคำตอบ เช่น ถูกต้อง / ไม่ถูกต้อง)
 - นักเรียนคิดว่าเราจะพบโครงสร้างอะไรบ้างในเซลล์หัวหอม สาหร่ายหางกระรอก ว่านกาบหอย และเซลล์เยื่อข้างแก้ม (นิวเคลียส คลอโรพลาสต์ แวกคูลโอล ฯลฯ)
 - นักเรียนคิดว่าโครงสร้างดังกล่าว มีขนาด และรูปร่างอย่างไร

2. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 4 คน โดยจัดกลุ่มนับเลข 1-4 มีทั้งคนเก่งและคนอ่อน โดยกำหนดให้นักเรียน ที่ได้เลขคี่ เป็นคนที่เก่งกว่า และเลขคู่เป็นที่อ่อนกว่า จากนั้นให้นักเรียน จับคู่ตั้งคำถามเกี่ยวกับ โครงสร้างนิวเคลียส ไซโตรพลาซึม และเยื่อหุ้มเซลล์ ที่ต้องการศึกษา
3. ครูแนะนำขั้นตอนและวิธีการตั้งคำถามที่เหมาะสมเพื่อกำหนดคำถามเพื่อการสืบสอบ และฝึกตั้งคำถาม โดยระบุสิ่งที่สงสัย และการจำแนกคำถาม คำถาม ลงใน *แบบฝึกการตั้งคำถาม (ภาระงานที่ 1-2)* โดยให้นักเรียนที่ได้เลขคู่ตั้งคำถามก่อนและให้เลขคี่ช่วยตรวจและแก้ไข จากนั้นจึงร่วมกันคิด 4 คน
(ตัวอย่างเรื่องที่ศึกษา คือ โครงสร้างภายใน ขนาดและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ เป็นต้น)
4. ครูแนะนำวิธีการและขั้นตอนการตั้งสมมติฐาน และให้นักเรียนทำแบบฝึกการตั้งสมมติฐาน (ภาระงานที่ 3) จากนั้นครูสุ่มผู้แทนนักเรียนออกมาหน้าห้องและอ่านให้เพื่อนฟัง
5. ครูสาธิตการตั้งสมมติฐาน โดยครูเป็นตัวแบบ (Modeling) ตั้งสมมติฐานจากนั้นให้นักเรียนทำตามสมมติฐาน
6. ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับ โครงสร้างนิวเคลียส ไซโตรพลาซึม และเยื่อหุ้มเซลล์ และบันทึกลงกระดาษ

ขั้นที่ 2 สืบตรวจตรวจสอบ (Investigate) (40 นาที)

1. ครูแนะนำแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง และแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน จากนั้นให้แต่ละคนสืบค้นข้อมูลแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 5-6 คน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ หัวหอม สาหร่ายหางกระรอก ว่านกาบหอย ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม้จิ้มฟันและใบมีดโกน มาล่วงหน้า
2. ครูอธิบายขั้นตอนการเตรียมสไลด์สด และสาธิตให้นักเรียนดู
3. ครูให้นักเรียนส่งตัวแทนนักเรียนออกมาจับอุปกรณ์ จากนั้นฝึกปฏิบัติการตามขั้นตอนบันทึกงาน และ *แบบฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ภาระงานที่ 4)*

ขั้นที่ 3 ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนบันทึกภาพเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ และเขียนชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ เปรียบเทียบ โครงสร้างของเซลล์ตัวอย่าง ลงในใบงาน
2. ครูให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาและให้นักเรียนฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสร้างคำอธิบาย (ภาระงานที่ 5-6)

3. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ สร้างคำอธิบายใหม่ และตรวจสอบความเข้าใจ
4. ครูแนะนำวิธีการอธิบายและลงข้อสรุป และวิธีการนำเสนอผลงาน (offering explanation) และ เป็นพี่เลี้ยง (Coaching) ขณะที่นักเรียนดำเนินกิจกรรม
5. ครูกำหนดให้นักเรียนนำเสนอผลงานโดยสรุป ลักษณะสำคัญและส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์ แต่ละชนิดที่นำมาศึกษาในรูปแบบแผนผังกราฟิก

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งผู้แทนกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงาน
2. ครูจัดกลุ่มใหม่ โดยการนับเลข 1-10 และให้คนที่นับเลขเดียวกันอยู่ด้วยกัน จากนั้นให้นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อยในประเด็นที่ได้จากการศึกษา และระบุประเด็นที่ต้องการอภิปรายเพิ่มเติม บันทึกประเด็นที่ได้อภิปรายลงในกระดาษฟลิปชาร์ต โดยใช้เวลา 10 นาที
3. ครูให้นักเรียนกลับเข้ากลุ่มเดิม และแลกเปลี่ยนประสบการณ์
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้
 - เซลล์ที่จัดเป็น โพรคาริโอต (Prokaryotic cell) คือ (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
 - เซลล์ที่จัดเป็น ยูคาริโอต (Eukaryotic cell) คือ
 - (1) โพรทิสต์ เช่น พารามีเซียม ยูกลีนา ฯลฯ
 - 2) เซลล์พืช คือ ว่านกาบหอย เชื้อหอม สาหร่ายหางกระรอก
 - 3) เซลล์สัตว์ คือ เซลล์เยื่อข้างแก้ม)
 - สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่พบในแหล่งน้ำได้แก่อะไรบ้าง (ไฮดรา พารามีเซียม ยูกลีนา สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ฯลฯ)
 - รูปร่างของเซลล์เยื่อข้างแก้มกับ รูปร่างของเซลล์พืช แตกต่างกันอย่างไรร (เซลล์เยื่อข้างแก้มเป็นเซลล์สัตว์มีรูปร่างกลม ส่วนเซลล์พืชมีรูปร่างเหลี่ยม)
 - เซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันมีขนาดเท่ากันหรือไม่ นักเรียนสามารถหาขนาดโดยประมาณของเซลล์เชื้อหอมได้กี่ไมโครเมตร (มีขนาดไม่เท่ากัน เซลล์เชื้อหอมมีขนาดประมาณ 93 ไมโครเมตร)
 - โครงสร้างที่พบเห็นชัดเจนในเซลล์เชื้อหอมคืออะไร (นิวเคลียส ผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์)
 - เซลล์ของว่านกาบหอยพบโครงสร้างใดชัดเจน (นิวเคลียส ไซโตรพลาสซึม เยื่อหุ้มเซลล์ เซลล์ปากใบและแวคิวโอล)
 - เซลล์ของเยื่อข้างแก้มพบโครงสร้างใดชัดเจน

(นิวเคลียส ไซโตรพลาสซึม และเยื่อหุ้มเซลล์)

- สำหรับหากระรอกพบโครงสร้างใดชัดเจน
(นิวเคลียส ไซโตรพลาสซึม เยื่อหุ้มเซลล์ ผนังเซลล์ และคลอโรพลาสต์)
- โครงสร้างของเซลล์ที่นักเรียนศึกษาเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
(โครงสร้างที่เหมือนกันได้แก่ นิวเคลียส ไซโตรพลาสซึม และเยื่อหุ้มเซลล์
โครงสร้างที่แตกต่างกันได้แก่ ผนังเซลล์ และคลอโรพลาสต์ พบในเซลล์ของพืชและ
สาหร่ายบางชนิด)
- เปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่พบในไซโตรพลาสซึมของใบอ่อนกับใบแก่ของสาหร่าย
หากระรอกแตกต่างกันอย่างไร
(ใบอ่อนที่บริเวณยอดของสาหร่ายหากระรอกมีการไหลเวียนของไซโตรพลาสซึม
ซึ่งสังเกตได้จากการเคลื่อนที่ของคลอโรพลาสต์ ส่วนใบแก่ไม่พบปรากฏการณ์นี้
ปรากฏการณ์การไหลเวียนของไซโตรพลาสซึม เรียกว่า ไซโคลซิส (cyclosis))
- การไหลเวียนของไซโตรพลาสซึมมีประโยชน์อย่างไร เหตุใดจึงพบในใบอ่อน แต่
ไม่พบในใบแก่
(ใบอ่อนมีกระบวนการเมตาบอลิซึมสูงกว่า เพราะมีกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การ
เจริญเติบโต จึงต้องมีการสังเคราะห์สารและลำเลียงสารที่ผลิตได้ไปใช้ในส่วนต่าง ๆ
ของเซลล์ และในขณะที่เดียวกันจะต้องลำเลียงสารที่ไม่ต้องการจากส่วนต่างๆ ออกมา
นอกเซลล์)
- เมื่อนำสารละลายไซเดียมคลอไรด์มาหยดที่เซลล์ พบว่าไซโตรพลาสซึมมีการ
เปลี่ยนแปลงอย่างไร และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าอย่างไร
(ไซโตรพลาสซึมมีการหดตัว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์อยู่ห่างจากผนังเซลล์ เนื่องจากมี
การสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ เพราะสภาพแวดล้อมภายนอกเซลล์เป็นสารละลายที่มีความ
เข้มข้นสูงกว่าภายในเซลล์ น้ำจึงออสโมซิสออกนอกเซลล์ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า
พลาสโมไลซิส (plasmolysis))

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่และสลับกันทบทวนสิ่งที่ได้เรียนในวันนี้คนละ 1 นาที
2. ครูให้นักเรียนฝึกการสะท้อนความคิดโดยใช้แบบฝึกการสะท้อนความคิด (ภาระงานที่ 7)
โดยเขียนแผนภาพสรุปเรื่องที่เรียน และเชื่อมโยงประเด็น แหล่งการเรียนรู้อื่นที่เกี่ยวข้อง
การนำความรู้ไปใช้ แนวคิดสำคัญอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กัน
3. ครูให้นักเรียนฝึกการสะท้อนความคิดโดยใช้แบบบันทึกการสะท้อนความคิด (ภาระงานที่ 8)

และให้ตัวแทนนักเรียนออกมาพูดแสดงความรู้สึกหลังการเรียน ในประเด็นต่อไปนี้

- ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับเรื่องศึกษา
- สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ
- สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของตนเองคือ
- สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของห้อง
- สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมคือ

4.ครูให้นักเรียนจัดทำโปสเตอร์จำแนกประเภทพืชพืชในสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียนจาก
ละอองเรณูโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

การประเมินผลการเรียนรู้

- 1.ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายจากแบบประเมินกระบวนการสร้าง
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเก็บข้อมูล
จากการสังเกตระหว่างทำกิจกรรม และ โดยครูเป็นผู้ประเมิน
- 2.ประเมินผังกราฟิกสรุปลักษณะสำคัญและส่วนประกอบต่างๆ ของเซลล์แต่ละชนิดที่
นำมาศึกษา จากแบบประเมินผังกราฟิก โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน
3. ประเมินโปสเตอร์จำแนกประเภทพืชจากละอองเรณู จากแบบประเมินโปสเตอร์ โดย
ครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ
เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (Less - guided inquiry)**

เรื่อง ส่วนห่อหุ้มเซลล์

วิชา ชีววิทยา

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ผู้สอน น.ส. สุพัตรา จันทร์โสมิต

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

- 1) บอกลักษณะของโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนห่อหุ้มเซลล์ได้
- 2) เขียนผังมโนทัศน์สรุปส่วนประกอบของส่วนห่อหุ้มเซลล์ได้
- 3) แต่งนิทานเพลงเปรียบเทียบการทำงานของส่วนห่อหุ้มเซลล์ต่างๆ กับโรงงานได้

สาระ / เนื้อหา

ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ หมายถึง โครงสร้างที่ห่อหุ้มไซโทพลาซึมของเซลล์ให้คงรูปร่างและแสดงขอบเขตของเซลล์ ได้แก่

1. เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) ประกอบด้วยโปรตีนประมาณร้อยละ 60 ลิพิดประมาณร้อยละ 40 การเรียงตัวของโปรตีนและลิพิดจัดเรียงตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน การเรียงตัวในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ยูนิต เมมเบรน (unit membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์มีหน้าที่หลายประการคือ

1. ห่อหุ้มส่วนของไซโทพลาซึมที่อยู่ข้างในทำให้เซลล์แต่ละเซลล์แยกออกจากกัน
2. ช่วยควบคุมการเข้าออกของสารต่างๆ ระหว่างภายในเซลล์และสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติเป็นเซมิเพอร์มีเอเบิล เมมเบรน (semipermeable membrane) ซึ่งจะยินยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านเข้าออกได้ การผ่านเข้าออกจะมีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน
3. นำสารพวกไอออนเข้าหรือออกจากเซลล์ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อ
4. รับสัมผัสสาร ทำให้เกิดการเร่งหรือลดการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์นั้นๆ

2. ผนังเซลล์ (cell wall)

ผนังเซลล์ พบได้ในสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด เช่น เซลล์พืช สาหร่าย แบคทีเรีย และรา ผนังเซลล์ทำหน้าที่ป้องกันและให้ความแข็งแรงแก่เซลล์ โดยที่ผนังเซลล์เป็นส่วนที่ไม่มีชีวิตของเซลล์

สื่อการเรียนรู้

1. เปลือกไม้
2. ภาพเชื้อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์
3. วิดิทัศน์เรื่องเชื้อหุ้มเซลล์ และผนังเซลล์

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) (10 นาที)

1. ครูนำเปลือกไม้ มาให้นักเรียนศึกษา จากนั้นให้นักเรียนสัมผัสเปลือกไม้ และเปรียบเทียบกับสัมผัสกับผิวหนังของตนเอง จากนั้นให้นักเรียนจับคู่กันและเขียนสิ่งที่ต้องการศึกษาลงแบบฝึกการตั้งคำถาม (ภาระงานที่ 1-2) และให้นักเรียนนำเสนอประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา
2. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกการตั้งสมมติฐาน (ภาระงานที่ 3) และตรวจสอบการวางแผนการเก็บข้อมูล จากนั้นครูสุ่มผู้แทนนักเรียนออกมาหน้าห้องและอ่านให้เพื่อนฟัง จากนั้นตั้งคำถามดังนี้
 - ส่วนที่หุ้มร่างกายของเราคือส่วนใด (ผิวหนัง)
 - ผิวของเปลือกไม้และผิวของร่างกายแตกต่างกันอย่างไร (ผิวของเปลือกไม้มีลักษณะแข็งและหยาบ ส่วนผิวของร่างกายมีลักษณะอ่อนนุ่ม)
 - นักเรียนคิดว่าพืชมีโครงสร้างใดที่ทำให้พืชมีลักษณะดังกล่าว (พืชมีผนังเซลล์)
3. ครูให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับผนังเซลล์ และเชื้อหุ้มเซลล์ โดยจับคู่และวาดภาพโครงสร้างดังกล่าว ภายในเวลา 1 นาที

ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบ (Investigate) (30 นาที)

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 5 คน จากนั้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่และความสำคัญของส่วนต่อหุ้มเซลล์ ล้างหน้า 1 อาทิตย์ และบันทึกลงแบบฝึกการ สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ภาระงานที่ 4) สรุปในรูปแบบที่กลุ่มสนใจนำเสนอ

2. ครูตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อมูลและแหล่งเรียนรู้
3. ครูให้นักเรียนศึกษาวิดีโอทัศน์เรื่องผนังเซลล์ และเยื่อหุ้มเซลล์ และบันทึกผลงานขององค์ประกอบของเซลล์

ขั้นที่ 3 ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) (30 นาที)

1. ครูให้นักเรียนฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสร้างคำอธิบาย (ภาระงานที่ 5-6)
- 2.ครูตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
- 3.ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดทำผังมโนทัศน์สรุปส่วนประกอบของส่วนห่อหุ้มเซลล์
4. ครูให้นักเรียนแต่งนิทานเพลงเปรียบเทียบการทำงานส่วนห่อหุ้มเซลล์ กับ โรงงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งผู้แทนกลุ่มออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันประเมินผลงาน
2. ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำอภิปรายเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้
 - ผนังเซลล์พืชมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยสารใดจึงทำให้เพิ่มความแข็งแรง (เซลลูโลส ลิกนิน เพกตินและซูเบอร์ริน)
 - สารต่าง ๆ ภายในเซลล์มีการติดต่อสื่อสารผ่านเซลล์ของเซลล์พืชได้อย่างไร (ผ่านทางช่องว่างที่เรียกว่า พลาสโมเดสมาตา)
 - เยื่อหุ้มเซลล์มีโครงสร้างประกอบด้วยอะไรบ้าง (ไขมันเรียงตัว 2 ชั้น มีโปรตีนแทรกอยู่ระหว่างไขมัน)
 - เพราะเหตุใดสารบางชนิดจึงไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (เยื่อหุ้มเซลล์มีคุณสมบัติเป็นเซมิเพอร์มีเอเบิล เมมเบรน (semipermeable membrane) ซึ่งจะยินยอมให้สารบางชนิดเท่านั้นที่ผ่านเข้าออกได้ การผ่านเข้าออกจะมีอัตราเร็วที่แตกต่างกัน)
 - การควบคุมปริมาณสารผ่านเข้าออกของเซลล์ มีประโยชน์ต่อการทำงานของเซลล์อย่างไร (ช่วยรักษาคุณภาพของเซลล์)
 - เยื่อหุ้มเซลล์ ควบคุมการลำเลียงเข้าและออกของสารเพื่อรักษาคุณภาพของเซลล์ได้อย่างไร (มีกลไกการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์)

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนจับคู่และสลับกันทบทวนสิ่งที่ได้เรียนในวันนี้คนละ 1 นาที
2. ครูให้นักเรียนตรวจสอบการประเมินการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อน โดยการให้นักเรียนออกข้อสอบเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนคนละ 1 ข้อ จากนั้นสุ่มมา 5 ข้อ และให้ทุกคนทำข้อสอบนั้น
3. ครูให้ผลสะท้อนกลับและนำอภิปรายเพื่อตรวจสอบการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน

การประเมินผลการเรียนรู้

1. ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายจากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตระหว่างทำกิจกรรม และ โดยครูเป็นผู้ประเมิน
2. ประเมินผังมโนทัศน์สรุปส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และแต่งนิทานเพลงเปรียบเทียบการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ กับโรงงานจากแบบประเมิน โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ
เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ (unguided inquiry)

เรื่อง เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบของร่างกาย
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้สอน น.ส. สุพัตรา จันทร์โสมิต

วิชา ชีววิทยา
เวลา 1 คาบ (50 นาที)

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อจบคาบเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของเนื้อเยื่อได้
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกายได้
3. บอกหน้าที่ของเนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกาย
4. แสดงละครนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกายและคุณค่าของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกายได้

สาระ / เนื้อหา

เนื้อเยื่อ หมายถึง กลุ่มของเซลล์ชนิดเดียวกันที่อยู่ร่วมกันเพื่อทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกาย มีดังนี้ เซลล์ (cell) ในร่างกายเกิดจากการแบ่งแบบไมโทซิสของไซโกต บางกลุ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง และรวมตัวเป็นเนื้อเยื่อ ต่อมาเกิดการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ต่างกัน และทำหน้าที่ร่วมกันเป็นระบบ (system) และการทำงานประสานกันทุกระบบเกิดเป็นร่างกาย (body)

สื่อการเรียนรู้

1. กระดาษฟลิปชาร์ต
2. สี

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งคำถาม (Ask) (5 นาที)

1. ครูนำวิดีโอสั้นเรื่อง การดำรงชีวิตของสัตว์ ภาพเนื้อเยื่อของสัตว์ อวัยวะของสัตว์ และระบบร่างกายของสัตว์มาให้ให้นักเรียนศึกษาจากนั้นตั้งคำถามดังนี้
 - จากการศึกษาร่างกายของเซลล์นักเรียนคิดว่าจากภาพเกี่ยวข้องกับการการแบ่งเซลล์อย่างไร
 - นักเรียนจะศึกษาประเด็นใดที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว
2. ครูตรวจสอบประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจศึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 2 สำรวจตรวจสอบ (Investigate) (20 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นเรื่องการนำความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์ไปใช้ในพร้อมทั้งออกแบบวิธีการศึกษา ล่วงหน้า 1 อาทิตย์
2. ครูให้คำแนะนำและตรวจสอบที่มาของข้อมูลและแหล่งเรียนรู้ และวิธีการดำเนินกิจกรรม

ขั้นที่ 3 ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนออกแบบการนำเสนอผลงานของตนเอง
2. ครูตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) (10 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดลำดับและรูปแบบการนำอภิปราย และนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูให้นักเรียนออกตั้งเกณฑ์การประเมินประเมินผลงาน
2. นักเรียนนำอภิปรายเพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในประเด็นต่อไปนี้
 - หัวข้อที่แต่ละกลุ่มศึกษามีประเด็นที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร
 - การนำเสนอของแต่ละกลุ่มมีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
 - นักเรียนคิดว่าคำสำคัญที่เราควรรู้คืออะไร
(เนื้อเยื่อ ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกาย)
 - นักเรียนให้คำอธิบายของคำว่า เนื้อเยื่อ อย่างไร
(เนื้อเยื่อ หมายถึง กลุ่มของเซลล์ชนิดเดียวกันที่อยู่ร่วมกันเพื่อทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง)

- นักเรียนจะอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบร่างกายได้อย่างไร
(เซลล์(cell) ในร่างกายเกิดจากการแบ่งแบบไมโทซิสของไซโกต บางกลุ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะอย่าง และรวมตัวเป็นเนื้อเยื่อ ต่อมาเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์ไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งมีตำแหน่งอยู่ต่างกัน และทำหน้าที่ร่วมกันเป็นระบบ(system) และการทำงานประสานกันทุกระบบเกิดเป็นร่างกาย (body))

3. ครูตรวจสอบประเด็นที่นักเรียนนำอภิปรายและให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) (5 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทบทวนเรื่องที่เรียนในวันนี้โดยจับคู่พูดคนละ 1 นาที
- 2.ครูให้นักเรียนนำเสนอรูปแบบการสะท้อนความคิดเพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองและเพื่อนตามที่นักเรียนกำหนด
3. ครูตรวจสอบการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการให้คำแนะนำและให้การสะท้อนกลับ

การประเมินผลการเรียนรู้

1. ประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายจากแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลจากการสังเกตระหว่างทำกิจกรรม และโดยครูเป็นผู้ประเมิน
2. ประเมินแบบผลงานตามที่นักเรียนกำหนด โดยครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมิน

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less-guided inquiry

Guided inquiry					Less-guided inquiry
แบบฝึกการตั้งคำถาม					แบบฝึกการตั้งคำถาม
ตอนที่ 1 การตั้งคำถาม					ตอนที่ 1 การตั้งคำถาม
ภาระงานที่ 1 เสนอข้อมูล / หัวข้อที่เกี่ยวข้องกับ					ภาระงานที่ 1 เสนอข้อมูล / หัวข้อที่เกี่ยวข้อง
เรื่องที่จะศึกษาคือ					เรื่องที่จะศึกษาคือ
.....				
ความรู้พื้นฐานที่จะต้องนำมาใช้ในการศึกษาคือ				
.....				
ภาระงานที่ 2 ระบุปัญหา จากการมีส่วนร่วม อย่างมุ่งมั่นในการตั้งคำถามทาง					ภาระงานที่ 2 ระบุปัญหา จากการมีส่วนร่วม อย่างมุ่งมั่นในการตั้งคำถามทาง
ให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ ลงในช่อง					คำถามที่ใช้ในการสืบสอบคือ
สิ่งที่สงสัยคือ	คำถามที่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบ	คำถามที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบ	คำถามหลักของเรื่องที่จะศึกษาคือ	คำถามย่อยที่เกี่ยวข้องกับคำถามหลักคือ
				
				
คำถามที่ใช้ในการสืบสอบคือ				
.....				

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less - guided inquiry

Guided inquiry	Less - guided inquiry
<p style="text-align: center;"><u>แบบฝึกการการตั้งสมมติฐาน</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> ภาระงานที่ 3 วางแผนและออกแบบวิธีการ กระบวนการในการศึกษา </div> <p>ปัญหาที่ใช้ในการศึกษา คือ</p> <p>.....</p> <p>คำตอบที่เป็นไปได้คือ</p> <p>.....</p> <p>แนวทางการพิสูจน์คำตอบคือ</p> <p>1) สิ่งที่ใช้ศึกษา</p> <p>.....</p> <p>2) วิธีการที่ใช้</p> <p>.....</p> <p>3) เครื่องมือที่ใช้</p> <p>.....</p> <p>4) ระยะเวลา</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;"><u>แบบฝึกการการตั้งสมมติฐาน</u></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> ภาระงานที่ 3 วางแผนและออกแบบวิธีการ กระบวนการในการศึกษา </div> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less - guided inquiry

Guided inquiry	Less - guided inquiry																												
<u>แบบฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์</u>	<u>แบบฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์</u>																												
ภาระงานที่ 4 รวบรวมข้อมูล จำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สอดคล้องกับคำถาม	ภาระงานที่ 4 รวบรวมข้อมูล จำแนกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่																												
<p>1) ปัญหาที่ต้องการศึกษาคือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>1)หลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>																												
<p>2) แหล่งที่มาของข้อมูล</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">หนังสือ</th> <th style="width: 15%;">ข้อมูลจาก การทดลอง ของ ตนเอง</th> <th style="width: 15%;">ข้อมูลจาก การทดลอง ของผู้อื่น</th> <th style="width: 15%;">ประสบกา รณ์ ส่วน บุคคล</th> <th style="width: 15%;">สื่อ โทรทัศน์ / วิทยุ</th> <th style="width: 10%;">อินเทอร์เน็ต</th> <th style="width: 10%;">อื่น ๆ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	หนังสือ	ข้อมูลจาก การทดลอง ของ ตนเอง	ข้อมูลจาก การทดลอง ของผู้อื่น	ประสบกา รณ์ ส่วน บุคคล	สื่อ โทรทัศน์ / วิทยุ	อินเทอร์เน็ต	อื่น ๆ																						
หนังสือ	ข้อมูลจาก การทดลอง ของ ตนเอง	ข้อมูลจาก การทดลอง ของผู้อื่น	ประสบกา รณ์ ส่วน บุคคล	สื่อ โทรทัศน์ / วิทยุ	อินเทอร์เน็ต	อื่น ๆ																							
<p>3) ข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์และสอดคล้องกับคำถามคือ</p> <p>.....</p>																													

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less - guided inquiry

Guided inquiry	Less - guided inquiry
<div data-bbox="226 384 1010 448" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ภาระงานที่ 5 วิเคราะห์และอภิปรายการเลือกใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบาย</p> </div> <p>การกล่าวอ้าง : ระบุถึงสิ่งที่เข้าใจหรือข้อสรุปที่มาจาก การสืบสอบ</p> <p>.....</p> <p>หลักฐาน : เขียนข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองที่อยู่ในข้อที่ 1</p> <p>หลักฐานที่ 1.....</p> <p>หลักฐานที่ 2.....</p> <p>หลักฐานที่ 3.....</p> <p>หลักฐานที่ 4.....</p> <p>หลักฐานที่ 5.....</p>	<div data-bbox="1146 384 1930 448" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ภาระงานที่ 5 วิเคราะห์และอภิปรายการเลือกใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบาย</p> </div> <p>การกล่าวอ้าง :</p> <p>.....</p> <p>หลักฐาน :</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<div data-bbox="226 874 1111 938" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ภาระงานที่ 6 สร้างคำอธิบายเชื่อมโยงและสรุปความสัมพันธ์ ของหลักฐานกับ</p> </div> <p>ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง คือ</p> <p>.....</p> <p>คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ : ระบุความเชื่อมโยงของการกล่าวอ้างจากหลักฐานและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในเชิงเหตุผล</p> <p>.....</p>	<div data-bbox="1146 874 2020 938" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>ภาระงานที่ 6 สร้างคำอธิบายเชื่อมโยงและสรุปความสัมพันธ์ ของหลักฐานกับ</p> </div> <p>คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ :</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less - guided inquiry

Guided inquiry	Less - guided inquiry
<p style="text-align: center;">แบบบันทึกการสะท้อนความคิด</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> ภาระงานที่ 7 ตรวจสอบแหล่งการเรียนรู้อื่น และสร้างความเชื่อมโยง คำอธิบาย ไล่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ </div> <p>ให้นักเรียนเขียนข้อมูลเพิ่มเติมลงในแผนภาพด้านล่าง</p> <div style="text-align: center;"> </div>	<p>หมายเหตุ ภาระงานที่ 7-8 นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเอง โดยครูลดบทบาทการเสริมต่อ เรียนรู้โดยไม่มีการใช้บทชี้แนะ</p>

ภาระงานประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

แบบ Guided inquiry และ Less - guided inquiry

Guided inquiry	Less - guided inquiry
<div data-bbox="228 400 828 475" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> ภาระงานที่ 8 สะท้อนความคิดและความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น </div> <p>1) ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับเรื่องศึกษาคือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>2) สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>3) สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของตนเองคือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>4) สิ่งที่เป็นความรู้ใหม่ของห้อง คือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>5) สิ่งที่ต้องเรียนรู้เพิ่มเติมคือ</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
2. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่
 - 1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
 - 2) แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

ข้อที่	จุดประสงค์ที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	หลักการใช้กล้องจุลทรรศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความเข้าใจการคำนวณหากำลังขยายของภาพ ขนาดวัตถุและขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์	1	วัดได้สอดคล้อง
3	ความรู้ความจำทฤษฎีเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
4	ความเข้าใจโครงสร้างของเซลล์โพรคาริโอตและเซลล์ยูคาริโอต	0.67	วัดได้สอดคล้อง
5	ความเข้าใจการจำแนกโพรคาริโอตและยูคาริโอต	0.67	วัดได้สอดคล้อง
6	ความรู้ ความจำ คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
7	ความเข้าใจ โครงสร้างบางชนิดของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
8	ความเข้าใจหน้าที่ของกอลจิบอดี	1	วัดได้สอดคล้อง
9	ความเข้าใจหน้าที่ของไลโซโซม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
10	ความเข้าใจหน้าที่ไมโทคอนเดรีย	1	วัดได้สอดคล้อง
11	ความเข้าใจหน้าที่คลอโรพลาสต์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
12	ความเข้าใจ หน้าที่ร่างแหเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม	0.67	วัดได้สอดคล้อง
13	ความเข้าใจหน้าที่ของโครงสร้างบางชนิดของเซลล์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
14	ความเข้าใจ หน้าที่ของไมโททบูล	0.67	วัดได้สอดคล้อง
15	ความเข้าใจหลักการออสโมซิส	0.67	วัดได้สอดคล้อง
16	ความเข้าใจหลักการแพร่ธรรมดา และหลักการแพร่แบบฟาซิลิเทต	1	วัดได้สอดคล้อง
17	การหลักการออสโมซิสไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
18	ความเข้าใจการลำเลียงสารออกนอกเซลล์โดยไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์	0.67	วัดได้สอดคล้อง
19	ความเข้าใจ กระบวนการพินไซโตซิส	0.67	วัดได้สอดคล้อง
20	ความเข้าใจการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส	0.67	วัดได้สอดคล้อง
21	ความเข้าใจการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส	1	วัดได้สอดคล้อง
22	ความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งแบบไมโทซิสและไมโอซิส	0.67	วัดได้สอดคล้อง
23	ความเข้าใจการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์พืช	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การนำจำนวนโครโมโซมที่เห็นในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสไปใช้	0.67	วัดได้สอดคล้อง
25	การนำจำนวนโครโมโซมที่เห็นในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสไปใช้	1	วัดได้สอดคล้อง
26	ความเข้าใจวัฏจักรของเซลล์ที่จะมีการแบ่งเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
27	ความเข้าใจสาเหตุที่ยับยั้งการแบ่งเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
28	ความเข้าใจการแลกเปลี่ยนสารพันธุกรรมในระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส		วัดได้สอดคล้อง
29	ความเข้าใจการเปลี่ยนสภาพของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
30	ความเข้าใจการทำงานประสานกันของเซลล์และเนื้อเยื่อเป็นระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 18 ค่าระดับความยาก(P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายชื่อของแบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

ข้อที่	ค่าระดับความยาก(P)	ค่าอำนาจการจำแนก (r)
1	0.70	0.50
2	0.83	0.50
3	0.63	0.38
4	0.73	0.50
5	0.63	0.25
6	0.63	0.38
7	0.77	0.38
8	0.70	0.25
9	0.63	0.63
10	0.53	0.63
11	0.67	0.75
12	0.57	0.63
13	0.57	0.75
14	0.60	0.25
15	0.60	0.88
16	0.87	0.38
17	0.80	0.38
18	0.87	0.38
19	0.50	0.50
20	0.53	0.38
21	0.87	0.38
22	0.77	0.63
23	0.70	0.38
24	0.73	0.50
25	0.77	0.38
26	0.57	0.75
27	0.57	0.50
28	0.77	0.50
29	0.57	0.25
30	0.53	0.63

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
ของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง			
1.1 การเสนอข้อมูลหรือหัวข้อ เรื่องที่ต้องการศึกษา	เสนอข้อมูลหรือหัวข้อเรื่องที่ศึกษาจากการ สังเกตสิ่งที่กำหนดโดยใช้ประสาทสัมผัสที่ เหมาะสม ส่วนขึ้นไป และนำมาใช้ในการ ลงความเห็นจากข้อมูล	1	วัดได้ สอดคล้อง
1.2 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ของข้อมูลกับปัญหา	วิเคราะห์คำถามที่เหมาะสมและเลือกใช้ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ผ่านการ สืบค้นหรือพิสูจน์ด้วยตนเอง	1	วัดได้ สอดคล้อง
1.3 ความถูกต้องและครบถ้วน ของข้อมูล	ระบุข้อมูลถูกต้องครบทุกประเด็น	0.67	วัดได้ สอดคล้อง
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์			
2.1 การออกแบบและวางแผน การศึกษา	กำหนดตัวแปรครบถ้วนสัมพันธ์กับเรื่องที่ ศึกษาและวางแผนการศึกษาเป็นลำดับ	1	วัดได้ สอดคล้อง
2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	สืบค้นและสำรวจแหล่งข้อมูลต่างๆ และ ระบุรายละเอียดแหล่งที่มาของข้อมูล ชัดเจน	1	วัดได้ สอดคล้อง
2.3 การเลือกใช้หลักฐาน	จำแนกและคัดเลือกหลักฐานที่สอดคล้อง ครบทุกประเด็น	1	วัดได้ สอดคล้อง
3. การให้เหตุผล และลงข้อสรุป			
3.1 การใช้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	สืบค้นและสำรวจองค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษา ถูกต้อง ครบทุกประเด็น	1	วัดได้ สอดคล้อง
3.2 การลงข้อสรุป	อธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐาน เชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน	1	วัดได้ สอดคล้อง

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

รายการประเมิน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ค่า IOC	ความหมาย
1. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่เชื่อมโยงกับคำถามได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
2. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ถูกต้องและครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
3. การให้เหตุผล และลงข้อสรุป	เขียนประโยคเชื่อมโยงหลักฐานเชิงประจักษ์กับหลักการ กฎ ทฤษฎีได้ถูกต้องและชัดเจน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 21 ค่าระดับความยาก(P) และค่าอำนาจการจำแนก (r) เป็นรายชื่อของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

ข้อที่	ค่าระดับความยาก(P)	ค่าอำนาจการจำแนก (r)
1	0.22	0.55
2	0.26	0.63
3	0.26	0.55

ตารางที่ 22 ขนาดของความสัมพันธ์ (r) ของการให้คะแนนของผู้วิจัยกับการให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ เป็นรายชื่อของแบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสร้าง

ข้อที่	ขนาดของความสัมพันธ์ (r)
1	0.54
2	0.65
3	0.55

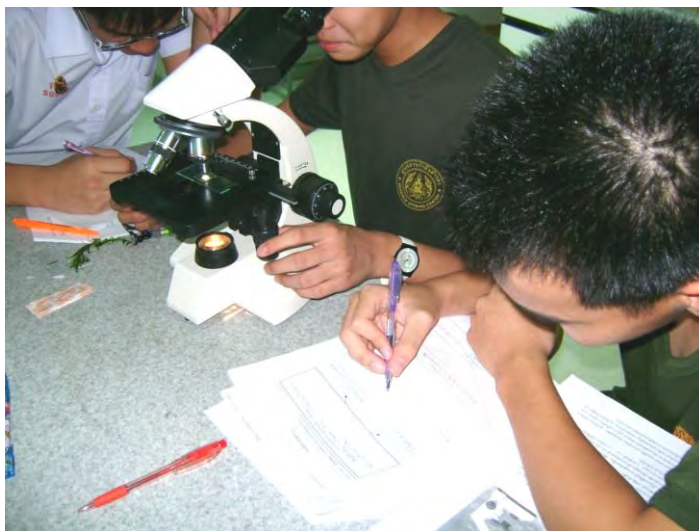
ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐานร่วมกับ
เทคนิคการลดบทบาทการเสริมศักยภาพ

จัดกลุ่มนักเรียนให้ผู้มีศักยภาพสูงกว่าเป็นพี่เลี้ยง



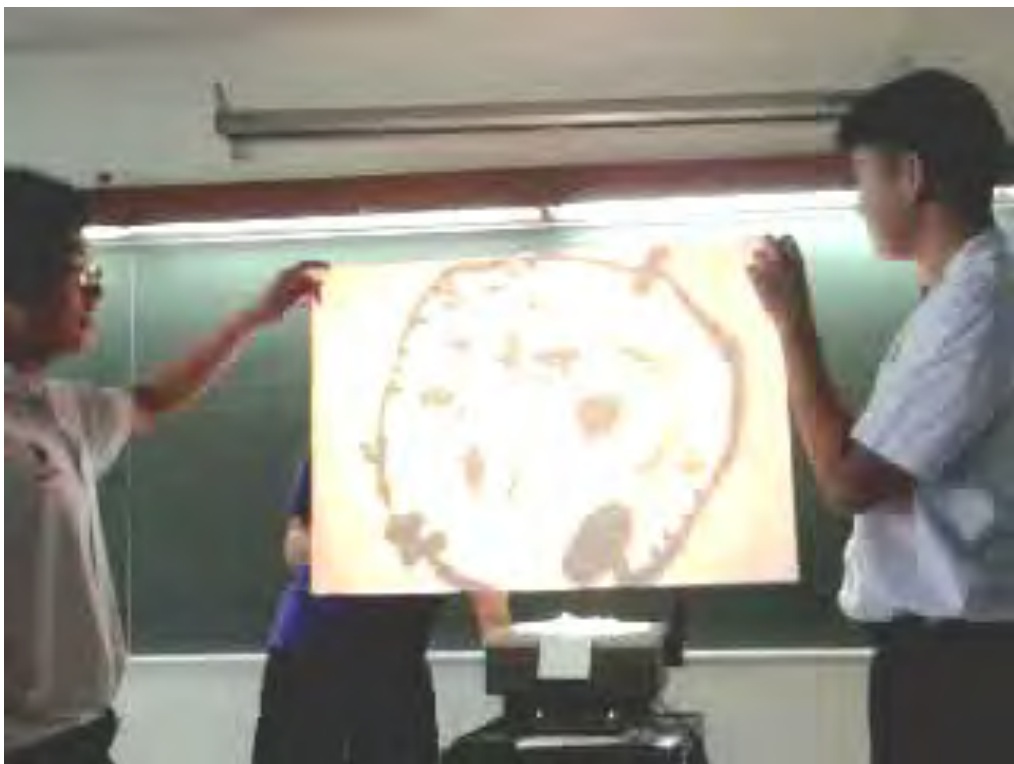
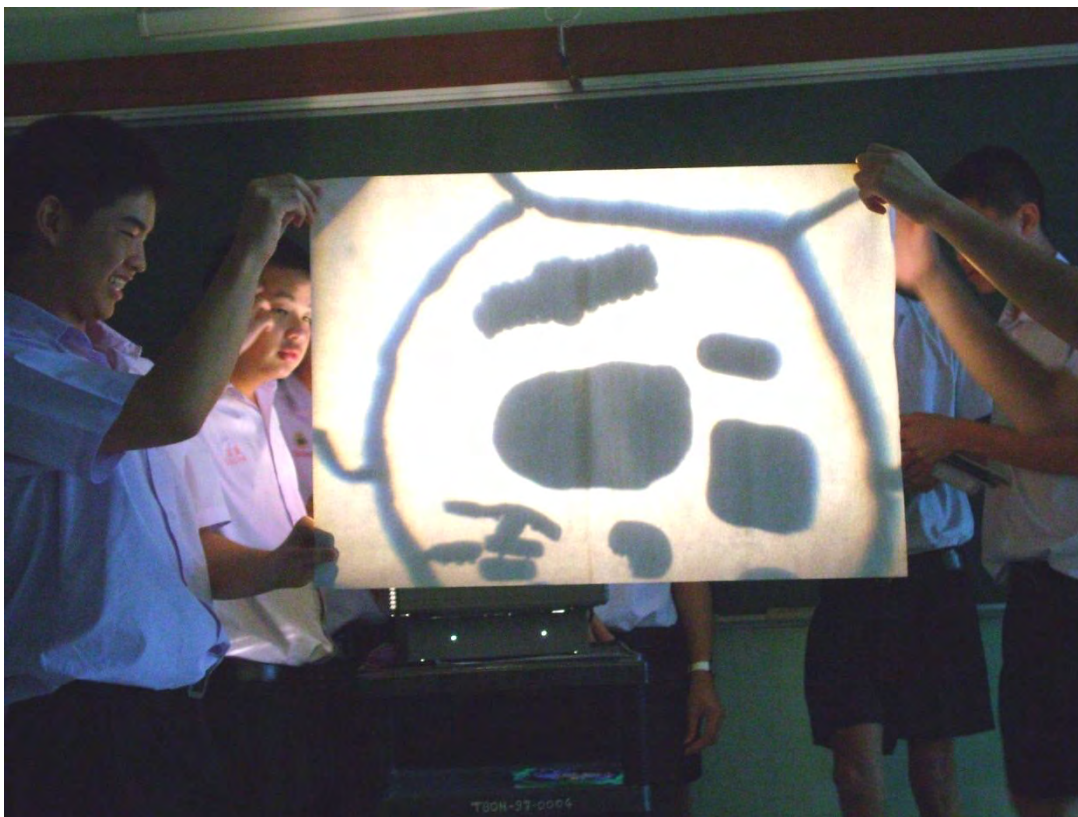
ปฏิบัติการเซลล์คืออะไร



องค์ประกอบของเซลล์



นิทานเงาเรื่องเซลล์



ปฏิบัติการออสโมซิส



สรุปเรื่องเซลล์ด้วยผังกราฟิกและเพลง



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุพัตรา จันทร์โฆษิต เกิดวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2523 ภูมิลำเนา จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากภาควิชา ศึกษาศาสตร์ (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป-ชีววิทยา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2550