ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

นางสาวชนม์ชนก เดือนฉาย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECTS OF USING IMSTRA INSTRUCTIONAL MODEL ON CENCEPTS OF BASIC UNITS OF LIVING THINGS AND PLANT EXISTENCE PROCESS AND SYNTHESIZING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Miss Chonchanog Duenchay

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
โดย	นางสาวชนม์ชนก เดือนฉาย
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีคณะครุศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี)

……กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส)

ชนม์ชนก เดือนฉาย : ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชและความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (EFFECTS OF USING IMSTRA INSTRUCTIONAL MODEL ON CONCEPTS OF BASIC UNITS OF LIVING THINGS AND PLANT EXISTENCE PROCESS AND SYNTHESIZING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี, 152 หน้า.

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA (2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ (3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA (4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จังหวัดเพชรบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช มีค่าความเที่ยง 0.75 และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์มีค่าความเที่ยง 0.76 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความถี่ ทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบทีและสถิติทดสอบไค-สแควร์ ผลการวิจัย สรุปได้ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ (3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

ภาควิชา ....หลักสูตรและการสอน..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ...การศึกษาวิทยาศาสตร์... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา ...2554.....

5183319427 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS : IMSTRA INSTRUCTIONAL MODEL/CONCEPTS OF BASIC UNITS OF LIVING THINGS AND PLANT EXISTENCE PROCESS /SYNTHESIZING THINKING ABILITY/LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

CHONCHANOG DUENCHAY: EFFECTS OF USING IMSTRA INSTRUCTIONAL MODEL ON CONCEPTS OF BASIC UNITS OF LIVING THINGS AND PLANT EXISTENCE PROCESS AND SYNTHESIZING THINKING ABILITY OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR : WATCHARAPORN KEAWDEE, Ph.D. 152 pp.

This study was quasi–experimental research. The purposes of this research were (1) to compare the concepts of basic units of living things and plant existence process between before and after learning science by using IMSTRA instructional model (2) to compare the concepts of basic units of living things and plant existence process between an experimental group and a comparative group (3) to compare the synthesizing thinking ability between before and after learning science by using IMSTRA instructional model and (4) to compare the synthesizing thinking ability between the experimental group and the comparative group. The samples were two classes of Mathayom Suksa one students, Prommanusorn Petchburi School. The research instruments were concepts of basic units of living things and plant existence process test and synthesizing thinking ability test. The collected data were analyzed by using means, standard deviation, frequency and tested hypothesis by using t-test and Chi-square test. The research findings were summarized as follows: (1) the experimental group had an average score of basic units of living things and plant existence process concepts higher than before the implementation (2) the experimental group had an average score of basic units of living things and plant existence process concepts higher than the comparative group (3) the experimental group had an average score of synthesizing thinking ability higher than before the implementation (4) the experimental group had an average score of the synthesizing thinking ability higher than the comparative group.

Department : Curriculum and Instruction Student's Signature ……

Field of Study : Science Education …….. Advisor's Signature……..

Academic Year : 2011 ……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.วัชราภรณ์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อการวิจัย รวมถึงการอบรม สั่งสอน ให้กำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบจิตร คำจัตุรัส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพ

ขอกราบขอบพระคุณโครงการส่งเสริมครูผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มอบทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดหลักสูตรการศึกษาปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ขอขอบพระคุณผู้บริหาร และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี ที่ให้โอกาสและสนับสนุนข้าพเจ้าได้ลาศึกษาต่อ รวมทั้งให้กำลังใจความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกระหว่างการดำเนินการวิจัย ตลอดจนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/5 และ 1/10 ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา คุณน้า และญาติ ๆ ทุกท่าน ที่คอยห่วงใยเป็นกำลังใจและสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อน ๆ ร่วมรุ่น ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจให้กันและกันตลอดมา เพื่อนโรงเรียนพรหมานุสรณ์ และเพื่อน สควค. โดยเฉพาะ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และ ดร.ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์ ผู้เป็นเพื่อนที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่อง รวมทั้งให้กำลังใจและความห่วงใย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 คำถามการวิจัย..... 5

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 6

1.4 สมมติฐานการวิจัย..... 6

1.5 ขอบเขตการวิจัย..... 8

1.6 นิยามศัพท์..... 8

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 11

1.การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA 12

1.1 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA... 12

1.2 แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA..... 12

1.3 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA..... 20

1.4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA..... 24

1.5 เปรียบเทียบรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับวงจรการเรียนรู้ 5Es 26

2. มโนทัศน์..... 27

2.1 ความหมายของมโนทัศน์..... 27

2.2 มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 28

2.3 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 28

2.4 ประเภทของมโนทัศน์..... 29

หน้า

2.5 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 30
2.6 กระบวนการสร้างมโนทัศน์..... 31
2.7 แนวทางการวัดมโนทัศน์..... 33
2.8 ลักษณะบุคคลที่เกิดมโนทัศน์..... 35
3. การคิดสังเคราะห์..... 35
3.1 ความหมายของการคิดสังเคราะห์..... 36
3.2 ประเภทของการคิดสังเคราะห์..... 36
3.3 ขั้นตอนการคิดสังเคราะห์..... 37
3.4 การประเมินการคิดสังเคราะห์..... 38
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 39
5. กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 41
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 43
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 44
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 47
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 47
3.4 เครื่องมือที่ในการทดลอง..... 56
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 59
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 60
3.7 สถิติที่ใช้ในการวิจัย..... 61
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 63
4.1 ผลการวิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช 63
4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดสังเคราะห์..... 67
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 73
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 73
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 74
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 77
รายการอ้างอิง..... 78

หน้า

ภาคผนวก..... 85
ภาคผนวก ก..... 86
ภาคผนวก ข..... 89
ภาคผนวก ค..... 106
ภาคผนวก ง 141
ภาคผนวก จ..... 146
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 152

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA.....	24
2	ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นม.1 จำนวน 10 ห้องเรียน.....	46
3	จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช.....	49
4	องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการและจำนวนข้อสอบของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์.....	52
5	รายการประเมินและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ตามระดับความสามารถ.....	53
6	ช่วงคะแนนในการประเมินระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์.....	54
7	ช่วงคะแนนในการประเมินระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ในแต่ละด้าน.....	55
8	หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอน เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช.....	57
9	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....	63
10	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชก่อนเรียนและหลังเรียน แยกตามหัวข้อเรื่อง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียน.....	64

ตารางที่ หน้า

11 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์หลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ..... 65

12 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชแยกตามหัวข้อเรื่อง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังเรียน..... 66

13 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์..... 67

14 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์.. 68

15 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์..... 69

16 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์..... 70

17 จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์. 71

18 จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์..... 71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรการเรียนรู้……..	17
2	วงจรการเรียนรู้ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน……	18
3	วงจรการเรียนรู้ 5Es…….……	19
4	รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA……..	21

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประชาชนในยุคปัจจุบันดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล ล้วนมีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง (Miller, 1996) วิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับมาตรฐานของความเป็นอยู่ของประชาชนในสังคมปัจจุบันให้เป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ ที่สมาชิกในสังคมเกิดการเรียนรู้โดยผ่านสื่อ เทคโนโลยี สารสนเทศ และแหล่งการเรียนรู้ จนสามารถสร้างความรู้ สร้างทักษะ มีระบบการจัดการความรู้และระบบการเรียนรู้ที่ดี.มีการถ่ายทอดความรู้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันในสังคม และใช้ความรู้เป็นเครื่องมือในการเลือกและตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาอย่างเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเมือง (Atagi, 2002: 2)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เศรษฐกิจของโลกมีการเปลี่ยนแปลงและเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้ประเทศไทยและประเทศต่างๆ จำเป็นต้องแข่งขันทางการค้าและเศรษฐกิจในระดับนานาชาติที่สูงขึ้น แต่ละประเทศจึงจึงพยายามพัฒนาความสามารถในการแข่งขัน โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนาประชากรให้มีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างเต็มที่ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2554) ดังเห็นได้จากองค์กรด้านการศึกษาระดับชาติในประเทศไทย เช่น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2008) และองค์กรทางด้านการศึกษาของต่างประเทศ เช่น องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic CO-operation and Development: OECD, 2009) และสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAs, 1990) ได้กำหนดเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ในแนวทางเดียวกัน คือเน้นให้ประชาชนเป็นบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy)

บุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์ เป็นบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และใช้ความรู้นั้นในการระบุประเด็นปัญหาเพื่อหาความรู้ใหม่ อธิบายปรากฏการณ์และตัดสินใจเรื่องที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานวิทยาศาสตร์ มีการใช้

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์แสวงหาความรู้ เพื่อทำความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อธรรมชาติ (OECD, 2009: 128) รวมทั้งมีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา มีทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ และสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต (สสวท, 2546)

การที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เป็นบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์นั้น สิ่งที่สำคัญประการหนึ่งคือต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องชัดเจน เพื่อนำไปสู่การเป็นบุคคลที่มีความสามารถในการคิด การแก้ปัญหา และความสามารถในการตัดสินใจอันจะนำไปสู่การเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ มีศักยภาพ และมีความสามารถในการแข่งขันได้ในทางการค้าและเศรษฐกิจในระดับนานาชาติการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติที่สำคัญ คือ โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA (Program for International Student Assessment) ที่ดำเนินการโดยองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for economic CO-operation and Development: OECD) การประเมินของ PISA มีการประเมินความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเน้นมโนทัศน์และเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับการดำรงชีวิตในอนาคตที่มีส่วนช่วยให้บุคคลเข้าใจโลกในแง่มุมของวิทยาศาสตร์ เนื้อหาที่โครงการ PISA ทำการประเมินครอบคลุมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม (Science in Earth and Environment) วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ (Science in Life and Health) และวิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี (Science in Technology) (OECD, 2009) มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชจึงเป็นมโนทัศน์ หนึ่งที่ได้รับการประเมินตามโครงการ PISA เนื่องจากเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องและพบเห็นได้ในชีวิตจริงของประชาชนทั่วไป

มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช มีสาระสำคัญเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างสำคัญของพืช กระบวนการสำคัญในพืช เช่น การลำเลียงน้ำและอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ รวมถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชนั้น จัดเป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่มีความสำคัญสำหรับการศึกษามโนทัศน์อื่นๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์และชีววิทยา (Flannery, 1999; Wilder and Shuttleworth, 2004) ตัวอย่างเช่น มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับการ

ทำงานของอวัยวะในร่างกายมนุษย์และสัตว์ (สสวท, 2546) มโนทัศน์เรื่องการออสโมซิสและการแพร่ เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต (Odom and Barrow, 1995) การมีมโนทัศน์ในเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นพื้นฐานของความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของอวัยวะในร่างกาย จะทำให้ประชาชนสามารถรักษาสุขภาพร่างกายให้สมบูรณ์แข็งแรงอยู่เสมอ ส่งผลต่อการมีคุณภาพชีวิตในด้านสุขภาพที่ดี (กรมอนามัย, 2550)

จากผลงานวิจัยของนักการศึกษาและนักวิชาการที่ผ่านมา พบว่า มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเนื้อหาที่ยากสำหรับ นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องดังกล่าวคลาดเคลื่อนไปจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาก ตัวอย่างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ นักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับคำศัพท์ต่างๆ ที่ใช้เรียกระหว่างเซลล์ อะตอม และโมเลกุล นักเรียนพบปัญหาในการเชื่อมโยงระหว่างกระบวนการภายในเซลล์และในร่างกายของสิ่งมีชีวิต (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ, 2546) นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเรื่องโครงสร้างของเซลล์พืช ว่าเซลล์พืชไม่มีคลอโรพลาสต์ (อุษา นาคทอง และคณะ, 2550) เป็นต้น

นอกจากนั้น จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Testing: O-NET) ประจำปีการศึกษา 2553 ผลการทดสอบระดับประเทศพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 29.17 และผลการทดสอบในระดับจังหวัดเพชรบุรีพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของวิชาวิทยาศาสตร์ร้อยละ 29.34 หากพิจารณาคะแนนสอบจำแนกตามมาตรฐานการเรียนรู้ พบว่า คะแนนของนักเรียนในจังหวัดเพชรบุรี ในมาตรฐาน ว 1.1 ซึ่งมีสาระเกี่ยวกับความเข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 45.58 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2553) การที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำกว่า 50 นี้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากการขาดความรู้ในเรื่องดังกล่าวหรือมีความรู้ไม่ถูกต้องไม่ครบถ้วน

การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวมทั้งมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชนั้น BSCS (2008: 21) ได้อธิบายว่า การพัฒนามโนทัศน์เกิดขึ้นโดยการที่บุคคลมีการเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองไปสู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการนำข้อมูล คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่างๆ มาสังเคราะห์ หรือประมวลรวมกันอย่างมีเหตุผล ทำให้เกิดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หลักการ กฎ หรือ

ทฤษฎี สอดคล้องกับ Sund และ Trowbridge (1973: 24) ที่ได้กล่าวถึงการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษา แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น นำมาสังเคราะห์เข้าด้วยกัน ให้เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าการคิดสังเคราะห์ เป็นคุณลักษณะประการหนึ่ง อันจะส่งเสริมการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้

ความสามารถในการคิดสังเคราะห์ เป็นสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียนเนื่องจากการคิดสังเคราะห์นำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ องค์ความรู้ หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 3-4) การสอนเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานรอบที่สอง ปี 2549-2551 พบว่าสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานมีคะแนนเฉลี่ยในมาตรฐานด้านผู้เรียนมาตรฐานที่ 4 ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในการคิด ได้แก่ ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ย 2.70 คะแนนจากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับพอใช้เท่านั้น (สำนักงานคณะการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2552: 9)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ยังไม่ตอบสนองต่อการพัฒนาความสามารถของเด็กไทยในอนาคต.ในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อการดำรงชีวิตและเพื่อการทำงานและการศึกษาต่อในระดับสูง การจัดกระบวนการเรียนรู้เหมาะสมที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง หรือให้นักเรียนได้มีการเสาะแสวงหาค้นคว้าและสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดของนักเรียน (กรมวิชาการ, 2546) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลายและต่อเนื่องคือการเรียนการสอนแบบสืบสอบ (AAAS, 1993; Aldrige, 1992; OERI, 1994; Yager, 1996)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้รับการพัฒนาโดย Singer และ Moscovici (2007: 1613) เป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเกิดความสามารถในการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เน้นให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์

ปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือเรื่องที่เรียน แล้วมีการสืบค้นข้อมูล หรือออกแบบวิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหา และดำเนินการทดลองด้วยตนเอง นำไปสู่การสรุปความรู้ที่เป็น มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน และการที่นักเรียนได้มีการคัดเลือกและจัดจำแนกข้อมูลต่างๆ เปรียบเทียบลักษณะหรือรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลผลแล้วสังเคราะห์เป็นข้อความโดยสรุปจะสามารถพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการคิดขั้นสูงรวมถึงความสามารถในการสังเคราะห์ได้ (Singer and Moscovici, 2007) ชื่อของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เป็นอักษรย่อที่มาจากอักษรตัวแรกของกระบวนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การสร้างความสนใจ (IM: Immersion) (2) การจัดโครงสร้างความรู้ (STR: Structuring) และ (3) การประยุกต์ความรู้ไปใช้ (A: Applying) ในแต่ละขั้นตอน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ที่กำหนดบทบาทครูและบทบาทนักเรียนในแต่ละขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน

จากสภาพปัญหาของการศึกษาวิทยาศาสตร์ แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย และประโยชน์ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ในด้านการพัฒนามโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช รวมถึงการพัฒนาความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ส่งผลต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชและความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหรือไม่ อย่างไร
2. กลุ่มนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ มีมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชและความสามารถในการคิดสังเคราะห์ แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มีพื้นฐานมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอน มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Sund and Trowbridge, 1973: 12) การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นกระบวนการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมีทักษะในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ (สสวท, 2546: 5) ตัวอย่างงานวิจัย ที่แสดงให้เห็นว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบส่งผลต่อการพัฒนามโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช รวมทั้งการพัฒนาความสามารถในการคิดได้ เช่น Hand, Hohenshell and Prain (2007) ได้จัดการเรียนการสอนเรื่องเซลล์และสารชีวโมเลกุลโดยใช้แนวคิด SWH ซึ่งมีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบร่วมกับ multiple writing Task พบว่าสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเรื่องเซลล์และสารชีวโมเลกุล และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ Ketpichainarong et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อการเรียนเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต พบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเซลล์เพิ่มมากขึ้น มีการพัฒนาความสามารถในการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA นั้นมุ่งเน้นการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ดังเห็นได้จากขั้นตอนที่ 2: การจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำ จนนักเรียนสามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ และนักเรียนยังได้ฝึกฝนและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในขั้นตอนที่ 3: การประยุกต์ความรู้ไปใช้ (Applying) ซึ่งครูมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้นำมโนทัศน์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวันหรือสอดคล้องกับการดำรงชีวิตทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น นอกจากนั้นในขั้นตอนที่ 2: การจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) มีบทบาทนักเรียนคือการสังเคราะห์ข้อมูลทำให้นักเรียนได้มีการคัดเลือกและจัดจำแนกข้อมูลต่างๆ เปรียบเทียบลักษณะหรือรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือทำการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลผลแล้วสังเคราะห์เป็นข้อความโดยสรุป จะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRAจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRAจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRAจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRAจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้งานวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 10 จังหวัดเพชรบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. ตัวแปร
   3.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ
      3.1.1 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
      3.1.2 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ
   3.2 ตัวแปรตาม คือ
      3.2.1 มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช
      3.2.2 ความสามารถในการคิดสังเคราะห์

นิยามศัพท์

1. **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ประกอบด้วย ขั้นตอน 3 ขั้นตอนคือ

   ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Immersion) เป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความสนใจประเด็นปัญหาหรือบทเรียนที่กำลังจะศึกษา โดยนักเรียนอาจใช้ความรู้เดิมหรือค้นหาข้อมูล เพื่อนำมาออกแบบการสืบค้นหรือออกแบบการทดลอง รวมทั้งลงมือปฏิบัติการสืบค้นหรือทำการทดลอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามประเด็นที่ศึกษา

   ขั้นที่ 2 การจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) เป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และเกิดมโนทัศน์จากการแปลความหมายผลการทดลองหรือผลการศึกษาค้นคว้า แล้วลงข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ของบทเรียน รวมทั้งมีการขยายผลการศึกษาไปสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

   ขั้นที่ 3 การประยุกต์ความรู้ไปใช้ (Applying) เป็นขั้นตอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ แนวทาง วิธีการ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้

ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา หรือนำแนวทางหรือรูปแบบการแก้ปัญหามาประยุกต์กับสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน

2. **การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ** หมายถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคู่มือครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีขั้นตอนการสอน 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนเป็นขั้นที่มีการสร้างสถานการณ์เพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน โดยครูอาจจัดสิ่งเร้าซึ่งอาจเป็นคำถาม สื่อการสอนต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหา เกิดความอยากรู้อยากเห็น และมีการตรวจสอบความรู้เดิมของเรื่องที่จะเรียนใหม่

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบซึ่งเป็นวิธีที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง คือใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสรุปสาระความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูช่วยเสริมหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้องและชัดเจน

3. **มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช** หมายถึงความคิดสำคัญหรือความคิดหลัก เกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช การคายน้ำ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืช และการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช วัดโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ที่ได้พัฒนาตามแนวทางของ Marek (1986) Odom (1995) และ Flores *et al*. (2003) แบบวัดนี้มีจำนวน 18 ข้อ ประกอบด้วยข้อสอบ 2 แบบ คือ แบบปรนัยที่มีคำถามแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาให้นักเรียนเลือกคำตอบ และส่วนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบ และแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนอธิบายเป็นคำตอบ

4. **ความสามารถในการคิดสังเคราะห์** หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลย่อยเข้าด้วยกันอย่างเชื่อมโยงสัมพันธ์กันเพื่อสร้างสิ่งใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างและซับซ้อนมากกว่าสิ่งที่มีอยู่เดิม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม วัดได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดของ Bloom

(1956) มีจำนวนทั้งหมด 3 ข้อ ข้อสอบมีลักษณะเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนอธิบายเป็นคำตอบ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น การศึกษาเอกสารต่างๆ ได้นำเสนอรายละเอียดตามลำดับดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
    - 1.1 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
    - 1.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
    - 1.3 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
    - 1.4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
2. มโนทัศน์
    - 2.1 ความหมายของมโนทัศน์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    - 2.2 ประเภทของมโนทัศน์ทั่วไปและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 กระบวนการสร้างมโนทัศน์
    - 2.4 ลักษณะบุคคลที่เกิดมโนทัศน์
    - 2.5 แนวทางการวัดมโนทัศน์
3. การคิดสังเคราะห์
    - 3.1 ความหมายของการคิดสังเคราะห์
    - 3.2 ประเภทของการคิดสังเคราะห์
    - 3.3 ขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์
    - 3.4 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช
    - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบสอบ

1. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

1.1 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่นำเสนอ ในปี ค.ศ.2007 โดย Florence Mihaela Singer นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ที่ Institute for Educational Sciences ประเทศโรมาเนีย และ Hedy Moscovici ซึ่งเป็นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ College of Education, California State University ประเทศสหรัฐอเมริกา (Singer and Hedy, 2007:1613)

วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนให้มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเกิดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ กล่าวคือ การที่ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือเรื่องที่เรียนแล้วมีการสืบค้นข้อมูล หรือออกแบบวิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหา และดำเนินการทดลองด้วยตนเอง นำไปสู่การสรุปความรู้ที่เป็น มโนทัศน์ หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ไปใช้กับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน และการที่นักเรียนได้มีการคัดเลือกและจัดจำแนกข้อมูลต่างๆ เปรียบเทียบลักษณะหรือรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือทดลอง จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลผลแล้วสังเคราะห์เป็นข้อความโดยสรุป จะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ซึ่งเป็นการคิดประเภทหนึ่งของการคิดระดับสูงด้วย (Higher order thinking) (Singer and Moscovici, 2008)

1.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

1.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง สามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้เสมอโดยอาศัยกระบวนการพัฒนาโครงสร้างทางปัญญาภายในของบุคคล และการมีปฏิสัมพันธ์กับ สิ่งต่างๆ รอบตัว การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนมีโอกาสได้รับข้อมูลประสบการณ์ใหม่ๆ เข้ามาและใช้กระบวนการทางสติปัญญา คิดกลั่นกรองข้อมูลด้วยตนเอง (Driver et al., 1994; Shepardson, 1999) แนวคิดสำคัญของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ มาจากแนวคิดของ Jean Piaget และ Lev Vygotsky (Fosnot, 1996: 23)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (constructivism) ตามแนวคิดของ Piaget อธิบายว่าพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวทางกระบวนการดูดซึม (assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อ

บุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดภาวะไม่สมดุลเกิดขึ้น (disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาพให้อยู่ในภาวะสมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา Piaget เชื่อว่าคนทุกคนจะมีพัฒนาการเชาว์ปัญญาตามลำดับขั้น จากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติและประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะและกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น (ทิศนา แขมมณี, 2545: 90-91 และ Lleyellyn, 2002: 31)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ตามแนวคิดของ Vygotsky หรือเรียกว่าทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivism) เชื่อว่ามนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ได้แก่สถาบันทางสังคมต่างๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคลนอกเหนือจากกระบวนการทางสติปัญญาที่เกิดขึ้นในตนเองตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา Vygotsky (1978: 15) ดังนั้น การสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้ามามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างบุคคลมีความสำคัญ ซึ่งจะสามารถช่วยเหลือผู้เรียนให้ก้าวหน้าจากระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ ไปจนถึงระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะไปถึงได้ หรือเรียกว่า “Zone of proximal development” ซึ่งการที่เด็กจะไปถึงระดับพัฒนาการนี้ได้จะต้องให้การช่วยเหลือชี้แนะแก้เด็กในลักษณะของการช่วยเหลือการเรียนรู้ (assisted learning) หรือการเสริมต่อการเรียนรู้ (scaffolding) (ทิศนา แขมมณี, 2548: 90-94)

1.2.2 แนวคิดการสืบสอบ (Inquiry approach)

ความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

นักวิชาการ และนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการสืบสอบไว้ ดังนี้

Sund and Trowbridge (1973) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ เป็นกระบวนการค้นพบความรู้ โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

Beyer (1973) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

Jecobsen et al. (1985) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นการจัดให้นักเรียนเผชิญกับปัญหาที่สัมพันธ์กับบทเรียน แล้วตั้งสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นข้อสรุป

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นวิธีการที่ครูและนักเรียนมีความสำคัญ โดยนักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากความหมายของการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้สามารถสรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนค้นหาความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิดและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญของการสืบสอบ

คณะกรรมการมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards, 1996) ได้กำหนดลักษณะสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ไว้ 5 ประการ ดังนี้

1) ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนมีส่วนในการกำหนดปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยตั้งคำถามด้วยตนเองเพื่อให้เกิดความเข้าใจและนำข้อมูล มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งคำถามที่ตั้งขึ้นต้องสามารถสืบค้นความจริงได้ด้วยการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และควรเป็นปัญหาวิทยาศาสตร์ที่สามารถอธิบายได้จากการทดลองในชั้นเรียน
2) ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานและลำดับความสำคัญของหลักฐาน คือ การที่ผู้เรียนทำความเข้าใจและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐาน ซึ่งหลักฐานที่นำมาใช้มาจากการวัด การสังเกตจากสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 เพื่อสนับสนุนการทดลอง การอธิบาย และสรุปผลได้
3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนยืนยันหรือสรุปคำตอบจากคำถามอย่างมีเหตุผลโดยสร้างความสัมพันธ์จากหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและทดลองเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและข้อโต้แย้งที่ชุมชนวิทยาศาสตร์ยอมรับ โดยผ่านการวิพากษ์วิจารณ์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การที่ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างเหตุผลของตนเองกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกันโดยผ่านการประเมินและเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองกับคำอธิบายของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำอธิบายของผู้เรียนควรมีความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับในขณะนั้น
5) ผู้เรียนสื่อสารและแสดงเหตุผลเพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้อง คือ การที่ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้อื่นโดยการสื่อสารและการอธิบายอย่างมีเหตุผลจากการอภิปรายในห้องเรียน การนำเสนอในงานประชุม การเขียนบทความในวารสาร หนังสือ หนังสือพิมพ์ เพื่อการเปิดโอกาสให้คนอื่นสามารถซักถามท้วงติงหรืออภิปรายเกี่ยวกับความคิดของผู้เรียนได้

Biological Science Curriculum Study (BSCS, 2008: 21) เสนอลักษณะสำคัญของกระบวนการสืบสอบไว้ 5 ประการ คือ

1) ผู้เรียนมีการตั้งคำถาม (Learner engages in scientifically oriented questions) เมื่อคนเราสังเกตสิ่งใด ก็มักมีคำถามหรือข้อสงสัยเกิดขึ้นเสมอ และเมื่อมีคำถามจะนำไปสู่การสำรวจ เพื่อหาคำตอบ การตั้งคำถามจึงเป็นหัวใจของการสืบสอบหาความรู้
2) ผู้เรียนมีการให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยาน (Learner gives priority to evidence in responding to questions) ในการตอบคำถามหรือสร้างคำอธิบายต่างๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเป็นหลักฐานหรือประจักษ์พยานอ้างอิง จึงต้องมีการรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วนและแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลจากการสังเกต การสำรวจ หรือการทดลอง
3) ผู้เรียนมีการสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มี (Learner formulate explanations from evidence) คำอธิบายจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานที่มี ทั้งนี้จะต้องผ่านการคิดวิเคราะห์ข้อมูลอย่างระมัดระวังและมีเหตุผล คำอธิบายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญขององค์ความรู้
4) ผู้เรียนมีการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learner connects explanations to scientific knowledge) คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่างๆ เมื่อนำมาสังเคราะห์ หรือหลอมรวมกันอย่างมีเหตุผลก็จะเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิดหลัก หลักการ กฎ หรือทฤษฎี
5) ผู้เรียนมีการสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นอย่างมีเหตุผล (Learner communicates and justifies explanations) เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นเพื่อการวิพากษ์ หรือโต้แย้งอย่างมีตรรกะ ทั้งนี้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้น อาจมีความไม่สมบูรณ์

บางส่วนการได้ข้อคิดเห็นจากผู้อื่นจะสามารถเป็นแนวทางในการตรวจสอบหรือหาข้อมูลเพิ่มเติมได้

ขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

นักการศึกษาหลายท่าน รวมทั้งหน่วยงานด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้เสนอขั้นตอนของการเรียนการสอนแบบสืบสอบ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

Suchman (1962 cited in Joyce, 1992) ได้เสนอรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบของ Suchman (Suchmans' inquiry model) มีขั้นตอน 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นเผชิญปัญหา ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ก่อให้เกิดความสงสัย ซึ่งเป็นปัญหาที่อาจจำเป็นต้องใช้ความรู้เดิมหรือไม่ก็ได้
2) ขั้นรวบรวมข้อมูลเพื่อการพิสูจน์ความจริง ครูให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ได้พบเห็นหรือมีประสบการณ์
3) ขั้นการรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในรูปแบบที่ต่างออกไป โดยอาจจะใช้การสืบค้น หรือทำการทดลอง
4) การจัดกระทำข้อมูลและสร้างคำอธิบาย เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายให้กับปัญหานั้น
5) ขั้นวิเคราะห์กระบวนการสืบสอบ นักเรียนวิเคราะห์รูปแบบการสืบสอบ เช่น คำถามอย่างไรที่มีประสิทธิภาพ แนวทางการใช้คำถามอย่างไรที่จะให้ผลที่ดีกว่า ข้อมูลประเภทใดที่จำเป็นต่อการศึกษาในประเด็นที่กำลังศึกษาอยู่ เป็นต้น

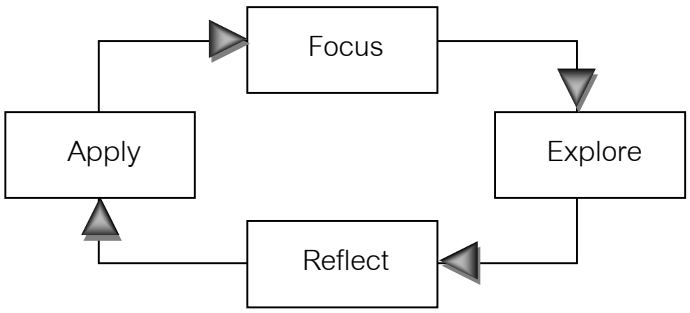
Martin *et al*. (1988: 17) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน สรุปได้ว่า การเรียนการสอนแบบสืบสอบ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยครูและนักเรียนร่วมมือกันหาวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอน ดังนี้

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

Jacobsen *et.al* (1989) เสนอรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นเสนอปัญหา ครูพิจารณาเนื้อหาสาระแล้วระบุปัญหาที่สืบสอบ
2) ขั้นตั้งสมมติฐาน ครูอาจเป็นผู้ตั้งสมมติฐานหรือใช้คำถามถามนำเพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน
3) ขั้นรวบรวมข้อมูล ครูอาจให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากสื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ หรือทำการทดลองซึ่งทำได้ทั้งในและนอกชั้นเรียน หรืออาจทำการทดลองที่บ้านเพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งจะใช้เป็นหลักฐานตามสมมติฐานที่ตั้งไว้
4) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล ครูนำการอภิปรายให้นักเรียนนำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ เพื่ออ้างในการตรวจสอบสมมติฐาน แล้วสรุปเป็นคำตอบซึ่งเป็นมโนทัศน์หรือสาระสำคัญของบทเรียน

ศูนย์แหล่งเรียนรู้วิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Resources Center: NSRC 2001 cited in Hassard, 2004) ได้เสนอวงจรการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังภาพ



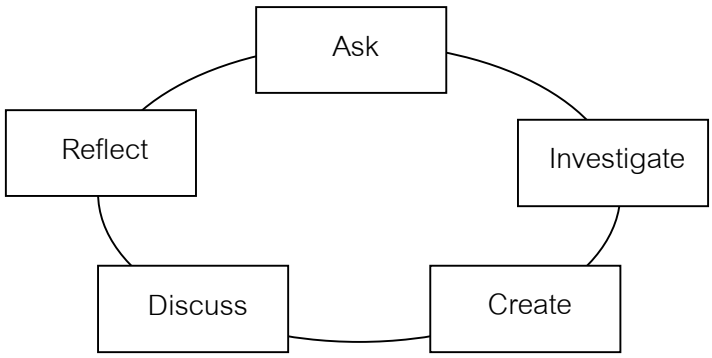
ภาพที่ 1 วงจรการเรียนรู้ (ที่มา: NSRC cited in Hassard, 2004)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอนสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Focus) ครูและนักเรียนพุ่งความสนใจไปที่ความคิดของนักเรียนที่มีอยู่แล้วในเรื่องที่จะเรียน และพัฒนาไปสู่เป้าหมายใหม่สำหรับการเรียนรู้โดยการระดมความคิดและการอภิปราย
2) ขั้นสำรวจค้นหา (Explore) นักเรียนมีส่วนร่วมและมุ่งมั่นในการสำรวจค้นหาโดยมีการลงมือปฏิบัติเกี่ยวกับวัตถุ สิ่งมีชีวิต และปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์
3) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกต ทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่สังเกต และพัฒนาเป็นการอธิบายใหม่ในสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้

4) ขั้นการนำไปใช้ (Apply) นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวความคิดหลักหรือมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นและพัฒนาขึ้นมาใช้กับสถานการณ์ใหม่

Ong and Borich (2006) ได้เสนอวงจรการเรียนรู้ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังภาพ

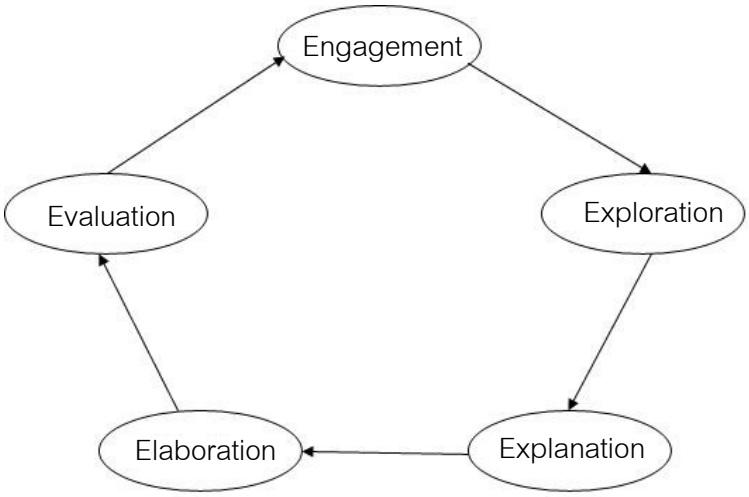


ภาพที่ 2 วงจรการเรียนรู้ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน (ที่มา: Ong and Borich, 2006)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ที่มีการสืบสอบเป็นฐาน ทั้ง 5 ขั้นตอนสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ขั้นตั้งคำถาม (Ask) ครูนำการตั้งคำถามด้วยการจัดกิจกรรม การสาธิตและการใช้ตัวอย่างจริงเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่กำหนด
2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวางแผนการตรวจสอบสมมติฐานและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองและแหล่งเรียนรู้อื่นๆ ตามที่ได้วางแผนไว้
3) ขั้นริเริ่มสร้างคำอธิบาย (Create) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปหลักฐานที่รวบรวมได้เพื่อสร้างคำอธิบาย
4) ขั้นอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย (Discuss) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนนำคำอธิบายจากขั้นตอนที่ 3 มาทำการอภิปรายเพื่อสร้างคำอธิบาย
5) ขั้นสะท้อนความคิด (Reflect) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนไตร่ตรองและแลกเปลี่ยนข้อมูลและประสบการณ์ จากนั้นเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ใหม่

Bybee (2006: 1) ได้นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบ ได้แก่ วงจรการเรียนรู้ 5Es (5Es Learning cycle) ซึ่งมีขั้นตอน 5 ขั้น ดังภาพ



ภาพที่ 3 วงจรการเรียนรู้ 5Es (ที่มา: Bybee, 2006)

ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ 5Es สามารถอธิบายได้ ดังนี้

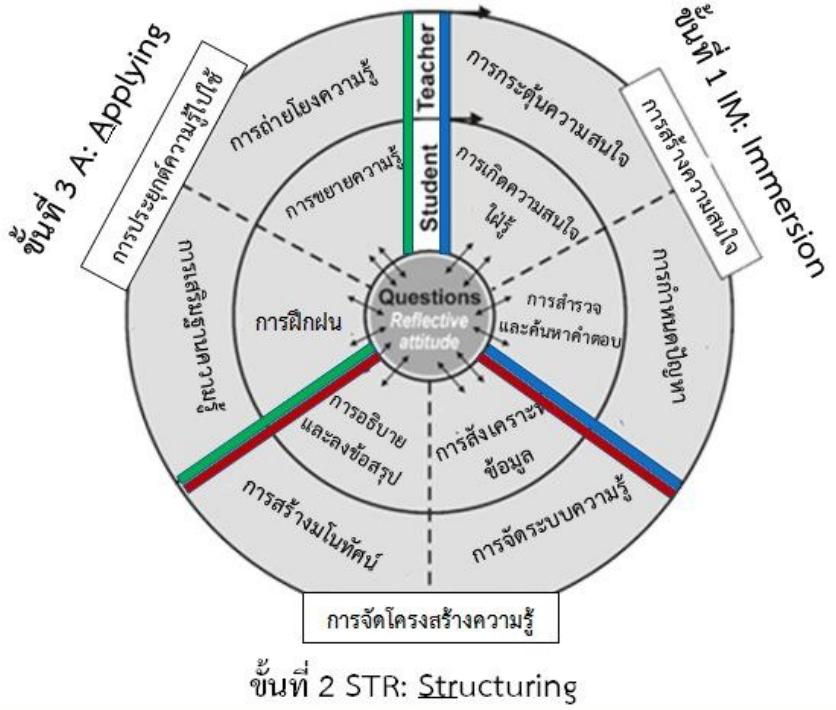
1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ โดยครูจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจให้นักเรียน และให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเดิม ซึ่งกิจกรรมควรมีลักษณะที่จะสามารถทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจเดิมกับเรื่องที่กำลังจะศึกษา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา และนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง
2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่กำลังศึกษา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนมโนทัศน์ โดยกิจกรรมที่นักเรียนทำ อาจเป็นวางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ แล้วทำการสำรวจตรวจสอบ ทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ ทำให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ความเข้าใจเดิมในการทำการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ใหม่
3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

นอกจากนี้ ครูยังมีหน้าที่จัดกิจกรรมให้นักเรียนอธิบายความคิดด้วยตัวของนักเรียนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน เหตุผลประกอบการอธิบาย

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบาย และทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนได้แสดงหลักฐาน เหตุผลประกอบการอธิบาย และมีการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เรียนแล้วไปสู่มโนทัศน์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหาใหม่
5) ขั้นการวัดและประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเอง โดยทั้งครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

1.3 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

ชื่อของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เป็นอักษรย่อที่มาจากอักษรตัวแรกของกระบวนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอนหลัก ในแต่ละขั้นตอนประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยที่กำหนดบทบาทครูและบทบาทนักเรียนของขั้นตอนย่อยไว้อย่างชัดเจน คือ (1) การสร้างความสนใจ (IM:Immersion) มีขั้นตอนย่อยคือ ขั้นการกระตุ้นความสนใจ (Anticipation/Actualization) - การเกิดความสนใจใฝ่รู้ (Evoking) และขั้นการกำหนดปัญหา (Problem construction) - การสำรวจและค้นหาคำตอบ (Exploring) (2) การจัดโครงสร้างความรู้ (STR: Structuring) มีขั้นตอนย่อยคือ ขั้นการจัดระบบความรู้ (Systematization) - การสังเคราะห์ข้อมูล (Synthesizing) และขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Conceptualization) - การอธิบายและลงข้อสรุป (Explaining) (3) การประยุกต์ความรู้ไปใช้ (A: Applying) มีขั้นตอนย่อยคือ ขั้นการเสริมฐานความรู้ (Reinforcement) – การฝึกฝน (Practicing) และขั้นการถ่ายโยงความรู้ (Transfer) - การขยายความรู้ (Extending) รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA แสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA (ที่มา: Singer and Moscovici, 2007)

รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มีรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** (Immersion phase)

เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดความสนใจประเด็นปัญหาหรือบทเรียนที่กำลังจะศึกษา นักเรียนใช้ความรู้เดิม หรือค้นหาข้อมูล เพื่อนำมาออกแบบการสืบค้นหรือออกแบบการทดลอง รวมทั้งลงมือปฏิบัติการสืบค้นหรือทำการทดลอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามประเด็นที่ศึกษา ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ

1.1 **การกระตุ้นความสนใจ** (Anticipation/Actualization) – **การเกิดความสนใจใฝ่รู้** (Evoking)

ในขั้นตอนนี้ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น และบอกให้นักเรียนทราบจุดมุ่งหมายในการศึกษา รวมทั้งช่วยจำแนกและเลือกข้อมูลหรือความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังศึกษา ส่วนนักเรียนมีการนำความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาอภิปรายร่วมกัน มีการค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อเตรียมไว้สำหรับการออกแบบและทำการทดลองในขั้นตอนต่อไป วัตถุประสงค์ของขั้นตอน คือ 1) เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและสนใจที่จะเรียนรู้ 2) เพื่อให้นักเรียนคิดคำถาม หรือปัญหา ที่จะนำไปสู่การทำให้นักเรียน

บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน 3) เพื่อให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วซึ่งเกี่ยวข้องกับคำถามหรือปัญหาที่กำลังศึกษา

1.2 **การกำหนดปัญหา** (Problem construction) – **การสำรวจและค้นหาคำตอบ** (Exploring)

ในขั้นนี้ครูเป็นผู้เสริมต่อการเรียนรู้ให้กับนักเรียนโดยชี้แนะแนวทางที่จะทำให้นักเรียนสำรวจและค้นหา รวมทั้งแนะนำวิธีการบันทึกข้อมูล เพื่อนำนักเรียนไปสู่การค้นพบวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่วนนักเรียน มีการตั้งสมมติฐาน วางแผน ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน วัตถุประสงค์ขั้นตอนคือ 1) เพื่อให้ครูเตรียมการเพื่อแบ่งเนื้อหาที่ครูต้องสอน และข้อมูลสำหรับนักเรียนค้นคว้า 2) เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อสำรวจและค้นหา ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ 3) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสำรวจและค้นหาโดยการใช้คำถาม

2. **ขั้นการจัดโครงสร้างความรู้** (Structuring)

เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และเกิดมโนทัศน์จากการแปลความหมายผลการทดลอง หรือผลการศึกษาค้นคว้า แล้วลงข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ของบทเรียน รวมทั้งมีการขยายผลการศึกษาไปสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ

2.1 **การจัดระบบความรู้** (Systematization) - **การสังเคราะห์ข้อมูล** (Synthesizing)

ในขั้นตอนนี้ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้การช่วยเหลือ สนับสนุนนักเรียนโดย การช่วยนักเรียนรวบรวมผลการสังเกต สรุปข้อค้นพบ และตรวจสอบการลงความเห็นของนักเรียน ส่วนนักเรียนมีการจำแนก ลงความเห็นเกี่ยวกับผลการทดลอง หรือรูปแบบที่ได้ค้นพบ รวมทั้งขยายความคิดที่เป็นความคิดแรกที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์หรือวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ของขั้นตอนคือ 1) เพื่อประเมินผลการสำรวจและค้นหาของนักเรียน 2) เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในมโนทัศน์ที่กำลังศึกษาของนักเรียน

2.2 **การสร้างมโนทัศน์** (Conceptualization) - **การอธิบายและลงข้อสรุป** (Explaining)

ในขั้นตอนนี้ ครูเป็นผู้ช่วยเหลือนักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ อาจสอนคำศัพท์เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่นักเรียนกำลังศึกษา ลงความเห็นเกี่ยวกับข้อสรุปของ

นักเรียน และอาจขยายขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า หรือการทดลองของไปสู่ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้อง ส่วนนักเรียนอธิบายมโนทัศน์จากตัวอย่างที่เกี่ยวข้องและตัวอย่างที่ขัดแย้ง นักเรียนจะเกิดมโนทัศน์จากการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า หรือทำการทดลอง ได้ใช้ทักษะ และสามารถแยกแยะข้อเท็จจริงและความคิดเห็นได้ วัตถุประสงค์ของขั้นตอน คือ เพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่กำลังศึกษา

3. **ขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้** (Applying)

เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ แนวทาง วิธีการ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา หรือนำแนวทาง หรือรูปแบบการแก้ปัญหามาประยุกต์กับสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย คือ

3.1 **การเสริมฐานความรู้** (Reinforcement) - **การฝึกฝน** (Practicing)

ขั้นตอนนี้ครูประเมินความเข้าใจที่นักเรียนสร้างขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 และมีการยกตัวอย่างอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่กำลังศึกษาเพื่อให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่กำลังศึกษา ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียน 2) เพื่อให้ครูสอนเสริมหรือเพิ่มเติมสิ่งที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ 3) เพื่อให้นักเรียนฝึกฝนเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่กำลังศึกษา

3.2 **การถ่ายโยงความรู้** (Transfer) - **การขยายความรู้** (Extending)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และได้แนวทางในการศึกษา หรือแก้ปัญหาอื่นๆ ที่พบในชีวิตประจำวันอีกต่อไป ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อให้นักเรียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่ศึกษากับมโนทัศน์อื่น 2) เพื่อให้นักเรียนประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น 3) เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ

1.4 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1

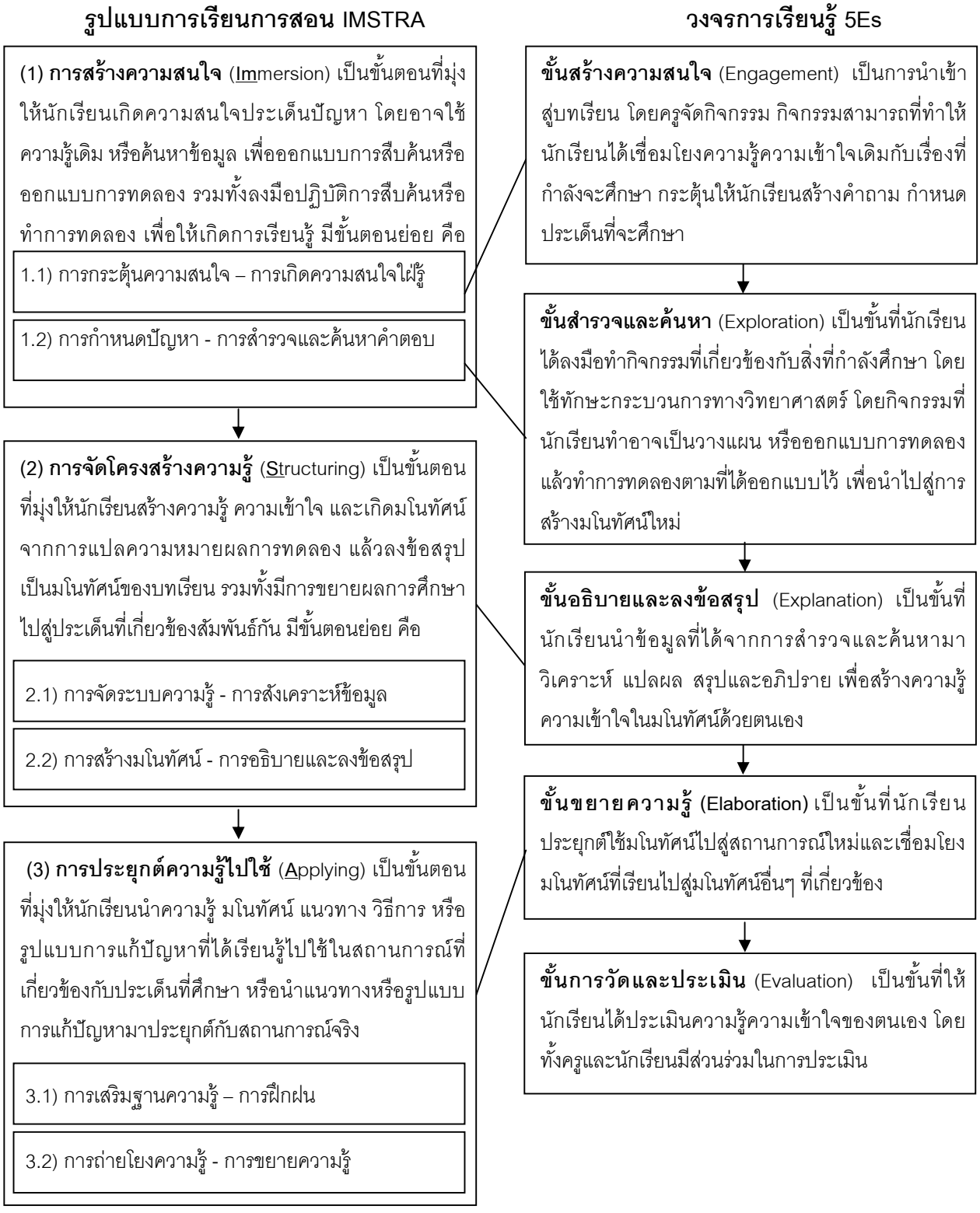
ตารางที่ 1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

ขั้นตอนการสอนหลัก	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. **การสร้างความสนใจ** (Immersion) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดความสนใจประเด็นปัญหาหรือบทเรียนที่กำลังจะศึกษา นักเรียนใช้ความรู้เดิม หรือค้นหาข้อมูล เพื่อนำมาออกแบบการสืบค้นหรือการทดลอง รวมทั้งลงมือปฏิบัติการสืบค้นหรือทำการทดลอง	**การกระตุ้นความสนใจ** (Anticipation/Actualization) ครูให้สถานการณ์ที่กระตุ้นนักเรียนให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา และเกิดความสนใจในประเด็นที่ศึกษา ช่วยให้นักเรียนได้ระลึกถึงความรู้และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา	**การเกิดความสนใจใฝ่รู้** (Evoking) นักเรียนใช้ความรู้เดิมประสบการณ์เดิม ตนเองที่เกี่ยวข้องในประเด็นที่ศึกษากับเพื่อนและครู มีการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการการแก้ปัญหาหรือออกแบบการทดลอง
	การกำหนดปัญหา (Problem construction) ครูช่วยเหลือและแนะนำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล หรือการทดลองของนักเรียน โดยจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น กระตุ้นให้นักเรียนสำรวจค้นหาคำตอบด้วยตนเอง	**การสำรวจและค้นหาคำตอบ** (Exploring) นักเรียนศึกษาแนวทางหรือวิธีการทำการทดลอง หรือวิธีการแก้ปัญหา แล้วนำมาออกแบบการทดลองที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร หรือออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นลงมือปฏิบัติตามแนวทางที่ได้ออกแบบไว้
2. **การจัดโครงสร้างความรู้** (Structuring) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจและเกิดมโนทัศน์จากการแปลความหมายผลการทดลอง หรือผลการศึกษาค้นคว้า แล้วลงข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ของบทเรียน รวมทั้งมีการขยายผลการศึกษาไปสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน	**การจัดระบบความรู้** (Systematization) ครูช่วยเหลือนักเรียนในการประมวลผลและจัดระบบข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการทดลอง เพื่อนำไปสู่การสรุปข้อสรุปข้อค้นพบหรือผลการทดลองและการแปลความหมายผลการทดลอง	**การสังเคราะห์ข้อมูล** (Synthesizing) นักเรียนคัดเลือกและจัดจำแนกข้อมูลต่างๆ เปรียบเทียบลักษณะหรือรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือจากการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลผลแล้วสังเคราะห์เป็นข้อความโดยสรุป

ขั้นตอนการสอนหลัก	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
2. **การจัดโครงสร้างความรู้** (Structuring) (ต่อ)	**การสร้างมโนทัศน์** (Conceptualization) ครูช่วยเหลือนักเรียนในการสร้างมโนทัศน์/ข้อสรุป และแนะนำคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ให้แก่นักเรียน รวมทั้งช่วยเหลือให้นักเรียนนำมโนทัศน์หรือข้อค้นพบไปขยายผลในประเด็นที่เกี่ยวข้อง	**การอธิบายและลงข้อสรุป** (Explaining) นักเรียนนำข้อมูล ข้อสังเกต ข้อค้นพบ ที่สังเคราะห์ได้มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง และเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่หลักการ มโนทัศน์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และแสดงความเข้าใจของตนเองออกมาในรูปแบบต่างๆ
3. **การประยุกต์ความรู้ไปใช้** (Applying) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ แนวทาง วิธีการ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา หรือนำแนวทาง หรือรูปแบบการแก้ปัญหามาประยุกต์กับสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน	**การเสริมฐานความรู้** (Reinforcement) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อเสริมเพิ่มเติมให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ มโนทัศน์ ทฤษฎี ไปประยุกต์กับสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับที่ได้เรียนรู้ในห้องเรียน	**การฝึกฝน** (Practicing) นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับที่ได้เรียนรู้ มีการเทียบเคียงความคล้ายระหว่างมโนทัศน์ที่ได้เรียนกับสิ่งอื่นๆ (analogy) มีการอภิปรายถึงข้อจำกัดของการนำมโนทัศน์ไปใช้
	การถ่ายโยงความรู้ (Transfer) ครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้กับมโนทัศน์อื่นๆ หรือบูรณาการกับสาขาวิชาอื่น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ มโนทัศน์ ทฤษฎี ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่นอกห้องเรียน	**การขยายความรู้** (Extending) นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่พบในชีวิตประจำวัน

1.5 การเปรียบเทียบรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับวงจรการเรียนรู้ 5Es

รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีพื้นฐานมาจากกระบวนการสืบสอบที่เป็นยอมรับและนิยมใช้กันทั่วไปรูปแบบหนึ่ง คือ วงจรการเรียนรู้ 5Es (Bybee, 2006: 1) จึงเปรียบเทียบขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับวงจรการเรียนรู้ 5Es ได้ดังนี้



2. มโนทัศน์

2.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า concept ซึ่งนักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ ไว้ ดังนี้

Good (1959: 118) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. แนวคิดหรือสิ่งที่แสดงลักษณะรวม หรือแนวคิดที่แสดงความหมายของสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มหรือขึ้นอย่างชัดเจน หรือคุณสมบัติโดยมีลักษณะที่แตกต่างกันโดยการจำแนกเป็นกลุ่ม หรือจำแนกประเภท
2. แนวคิดที่แสดงลักษณะทั่วไป หรือลักษณะที่สรุปโดยใช้การคิด ของเหตุการณ์ กิจกรรม หรือสิ่งของ
3. ความคิด ความคิดเห็น แนวคิด หรือมโนภาพ

Barry K.Beyer (1977) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ โดยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึงแนวคิดเกี่ยวกับวัตถุที่รูปธรรม พฤติกรรม หรือแนวคิดสรุป ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 มิติ คือ องค์ประกอบเฉพาะของมโนทัศน์นั้นกับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ และระหว่างองค์ประกอบกับส่วนรวม การอธิบายมโนทัศน์อาจจะเป็นในรูปคำ วลี ซึ่งแสดงมโนทัศน์อย่างเหมาะสม

Thomas (1977: 81) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ คือความคิดภายในใจของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเหตุการณ์ที่มาจากกระบวนการจำแนกประเภท

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

Line (2000: 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ คือ การสร้างกลุ่มของความรู้ ซึ่งเกิดจากรวบรวมและการแยกแยะข้อมูลของมนุษย์

สุวัฒก์ นิยมค้า (2532: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ คือ แนวคิดหลัก (main idea) ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 40-41) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์คือความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งที่หนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งๆ นั้น

ชัยพร วิชชาวุธ (2534: 95) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์คือความคิดเกี่ยวกับประเภทของสิ่งของต่างๆ ประเภทของการกระทำหรือความคิด ตามความเข้าใจของแต่ละบุคคล

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ตามที่นักวิชาการและนักการศึกษาของไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายไว้ จึงสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง แนวความคิดหรือความคิดสำคัญที่สรุปได้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งของ เหตุการณ์ บุคคล หรือความคิดให้เห็นเป็นภาพรวมของสิ่งนั้นอย่างชัดเจน

2.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Klopler (1971) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น โดยความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

Sund and Trowbridge (1973) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่าหมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษา สังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (concrete objects) เช่น เซลล์ หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น ทฤษฎีจลน์ของสาร หรือกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

Carin (1989: 7) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรวมจิตใจเกี่ยวกับโลกบนพื้นฐานของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

โดยสรุป มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดสำคัญ หรือความคิดหลักโดยสรุปเกี่ยวกับ วัตถุกระบวนการต่างๆ ที่อยู่รอบตัว ซึ่งเกิดจากการใช้ประสาทสัมผัส

มาศึกษาสังเกต จัดจำแนกประเภทและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ โดยความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

ดังนั้นจากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์โดยสรุปข้างต้น ผู้วิจัยจึงสรุปว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดสำคัญ หรือความคิดหลักโดยสรุปต่อวัตถุ กระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ แล้วนำคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งที่ศึกษามาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่งๆ นั้น

2.3 ประเภทของมโนทัศน์

นักจิตวิทยา และนักการศึกษาหลายท่าน ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ไว้หลากหลาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

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

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพสามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส คล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า เช่น การได้ยิน เห็น การลิ้มรส ความรู้สึก หรือการได้กลิ่น ได้แก่ น้ำ โรงเรียน แมว ฯลฯ
2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะเป็นการกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัส และมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่นๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concept) เช่น มุมตรงกันข้าม มิตรไมตรี ลุง ฯลฯ

DeCecco (1974: 390) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยง (conjunctive concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมของลักษณะหลายๆ ลักษณะที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน อาทิ การจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มเฉพาะ เช่น สุนัขก็จะต้องกำหนดลักษณะร่วมของคุณค่าที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะ มโนทัศน์ประเภทนี้ง่ายต่อการสอนและการเรียนรู้
2. มโนทัศน์เชิงตรงกันข้าม (disjunctive concepts) คือ คุณค่าของสิ่งที่ที่เหมาะสมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือทั้งสองลักษณะที่ปรากฏอยู่ ตัวอย่างเช่น การสไตร์

(strike) ในกีฬาเบสบอล การยิงจุดโทษในกีฬาฟุตบอล และการวอล์ก (walk) ในกีฬาบาสเกตบอล ซึ่งเป็นพฤติกรรมของนักกีฬาพฤติกรรมหนึ่ง หรือหลายพฤติกรรมที่แสดงออกขณะแข่งขัน

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

Ragan (2005: 80) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากลักษณะทางกายภาพของสิ่งนั้นด้วยตนเอง ไม่ว่าจะเป็นทางการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัสหรือการได้กลิ่น
2. มโนทัศน์เชิงนิยาม (defined concepts) คือ มโนทัศน์ที่จำแนกจากสิ่งที่ตรงกับคำนิยามหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งที่มีคนรู้มาก่อน

2.4 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่าน ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

Romey (1968: 117) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

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

Sund and Trowbridge (1973: 17-18) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

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

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

1. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ทำหน้าที่สรุปและรวบรวมคุณสมบัติที่ได้จากการสังเกตของวัตถุ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ บุคคลอื่นๆ เป็นต้น เหตุการณ์เช่น การวิ่งการเล่น เป็นต้น และสถานะ เช่น บน ล่าง ก่อน หลัง เป็นต้น
2. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติและพฤติกรรมของสิ่งต่างๆ ที่ไม่สามารถสังเกตได้ หรือไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่อาจสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือวิธีการอื่นๆ เพื่อสามารถอธิบายได้ เช่น โมเลกุลของอะตอม กฎของเมนเดล เป็นต้น

2.5 กระบวนการสร้างมโนทัศน์

การสร้างมโนทัศน์ หมายถึง กระบวนการพัฒนามโนทัศน์ ซึ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างมโนทัศน์ทางการศึกษาที่รู้จักโดยทั่วไป คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (cognitive development) ของ Piaget Bruner และ Vygotsky โดยการสร้างมโนทัศน์เกิดขึ้นใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวขั้นก่อนปฏิบัติการคิด ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม และขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (Page and Thomas, 1977: 81)

กระบวนการสร้างมโนทัศน์ของแต่ละคนจะใช้วิธีการแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม แต่กระบวนการคิดที่สำคัญของมนุษย์ที่เหมือนกันในการสร้างมโนทัศน์ คือ กระบวนการจัดประเภท ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ทำให้เข้าใจมโนทัศน์ของสิ่งต่างๆ (Page and Thomas, 1977) โดยนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

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

1. การสร้างประเภท (category formation) เป็นกิจกรรมแรกที่เกิดขึ้น โดยที่มนุษย์จะสร้างมโนทัศน์ของบางสิ่งก่อนที่จะรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไร ซึ่งกิจกรรมในส่วนนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้า แยกประเภทสิ่งต่างๆ เช่น การแบ่งสิ่งต่างๆ ออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้ลักษณะร่วมกันและต่างกัน เป็นเกณฑ์ในการแบ่งถือเป็นการก่อรูปมโนทัศน์ขึ้นมา
2. การเกิดมโนทัศน์ (concept attainment) เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนบอกได้ว่ามโนทัศน์ของสิ่งนั้นๆ คืออะไร โดยใช้วิธีการยกตัวอย่าง และบอกสมบัติพื้นฐานและสมบัติเฉพาะ

ของมโนทัศน์นั้นได้ ซึ่งตัวอย่างที่ผู้เรียนยกมาประกอบนี้ต้องเป็นตัวอย่างที่สร้างขึ้นใหม่ ไม่ได้ยกตามบทเรียน จึงเกิดมโนทัศน์ขึ้นมา

Lapp et al. (1975: 178) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. การระบุหรือเขียนรายการ (Enumeration or listing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยใช้คำถามว่าสังเกตเห็นอะไร ได้ยินอะไรบ้าง
2. การจัดกลุ่ม (Grouping) เป็นขั้นตอนระบุลักษณะทั่วไป โดยใช้คำถามว่าอะไรจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน
3. ติดป้ายหรือจัดประเภท (Labeling or Categorizing) เป็นขั้นที่ทำให้นักเรียนเห็นการจำแนกลำดับของสิ่งที่ศึกษาว่าสิ่งใดเป็นหลักสำคัญ และสิ่งใดรองลงมา โดยใช้คำถามว่า เราจะเรียกกลุ่มนี้ว่าอย่างไร อะไรที่เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งนี้อีก

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

ระดับที่ 1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete) ระดับนี้เป็นระดับต่ำที่สุด การเกิดมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับการพิจารณาวัตถุ

ระดับที่ 2 ระบุลักษณะ (Identity) เป็นระดับที่สูงขึ้นไป ผู้เรียนสามารถจดจำวัตถุได้เมื่อวัตถุไปอยู่ในสถานการณ์ใหม่

ระดับที่ 3 แบ่งประเภท (Classificatory) เป็นระดับที่สูงขึ้นไปจากระดับที่ 2 ซึ่งผู้เรียนสามารถจำแนกประเภทของตัวอย่างหรือวัตถุตั้งแต่สองชนิดหรือมากกว่าตามมโนทัศน์ที่ได้ระบุลักษณะเอาไว้

ระดับที่ 4 จัดระเบียบ (Formal) เป็นระดับที่สูงที่สุดของการเกิดมโนทัศน์ นักเรียนจะถึงระดับนี้ต่อเมื่อใช้ภาษาเรียกมโนทัศน์ บอกรายละเอียดของลักษณะเฉพาะ และความแตกต่างของตัวอย่างที่อยู่ในมโนทัศน์นั้นและไม่เป็นตัวอย่างได้

Arends (1998: 299) ได้เสนอกระบวนการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน ดังนี้

1. นำเสนอตัวอย่างสิ่งที่เป็นมโนทัศน์และสิ่งที่ไม่ใช่ โดยตัวอย่างที่ดีจะต้องชัดเจนสามารถบอกได้ว่าอะไรใช่ตัวอย่าง หรือไม่ใช่ตัวอย่าง
2. กระตุ้นให้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติของมโนทัศน์นั้น และให้เหตุผลในการคาดเดานั้น โดยครูจะคอยถามคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดได้ตรงจุดที่ต้องการ และให้นักเรียนเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่าง และไม่ใช่ตัวอย่าง

3. เมื่อนักเรียนเริ่มมองเห็นมโนทัศน์ ให้เขียนชื่อมโนทัศน์นั้นพร้อมรายละเอียดกระบวนการที่ใช้ระบุสิ่งนั้น ก่อนเรียนนักเรียนอาจจะเดา แต่ครูจำเป็นที่จะต้องนำเสนอสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่างจนกระทั่งนักเรียนจำแนกได้อย่างชัดเจนและรู้ว่ามโนทัศน์นั้นคืออะไรชื่อว่าอะไร
4. ครูตรวจสอบมโนทัศน์ที่นักเรียนได้โดยเพิ่มตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่ แล้วถามนักเรียนต่อว่าเพราะเหตุใดสิ่งนั้นจึงใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง และให้นักเรียนลองยกตัวอย่างสิ่งที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างด้วยตนเอง

โดยสรุปกระบวนการสร้างมโนทัศน์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1. สังเกตตัวอย่างโดยใช้ประสาทสัมผัส
2. เปรียบเทียบรายละเอียดโดยใช้ลักษณะร่วมกัน และต่างกัน เพื่อจำแนกประเภทสิ่งที่เป็นตัวอย่างและไม่เป็นตัวอย่าง
3. จัดกลุ่ม ให้รายละเอียดในสามารถบอกลักษณะเฉพาะของตัวอย่างแต่ละประเภท
4. เชื่อมโยงลักษณะเฉพาะกับตัวอย่างอื่นๆ

2.6 แนวทางการวัดมโนทัศน์

การประเมินมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์จะประเมินจากพฤติกรรมที่ต้องการวัดในด้านความจำและความเข้าใจโดยสรุป ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้แนวทางในการวัดมโนทัศน์ดังนี้

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

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการทำแบบวัดแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ
2. สร้างแบบวัดแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier multiple choice format) คือ
   2.1 ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก
   2.2 ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุนให้เลือกตอบ
3. นำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

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

1. แบบวัดที่สร้างการตอบสนองเอง (Created Response Items) ได้แก่ แบบอัตนัยซึ่งต้องการให้นักเรียนเรียบเรียงคำตอบด้วยคำของตนเองมากกว่าการเลือกคำตอบที่เหมาะสมจากที่กำหนดให้ ซึ่งการเขียนตอบจะแสดงออกถึงระดับสติปัญญา (cognitive level) องค์ความรู้ที่มีและมโนทัศน์ของนักเรียนได้
2. แบบวัดที่ตอบสนองจากสิ่งที่กำหนดให้ (Selected Response Items) ได้แก่แบบเลือกตอบแบบจับคู่ แบบถูก-ผิด ในส่วนของแบบเลือกตอบจะสามารถประเมินการเรียนรู้ลงในขอบเขตเนื้อหาและระดับสติปัญญาได้กว้างกว่าเนื่องจากใช้เวลาในการทำแบบวัดน้อย และครูประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ จึงสามารถนำมาวัดมโนทัศน์ได้

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

1. ให้นักเรียนเขียนความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย
2. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่กำหนดให้ โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ
3. ให้นักเรียนเลือกวงกลมหรือขีดเส้นใต้สิ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้แบบวัดแบบเลือกตอบ
4. ให้นำคำศัพท์เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ เช่น ให้นำคำว่าต้นไม้ ซึ่งเป็นคำนามมาแต่งเป็นประโยค โดยใช้แบบวัดแบบอัตนัย

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

1. กำหนดให้นักเรียนเขียนคำนิยาม (definition) ของมโนทัศน์
2. กำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์
3. กำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่าง และสิ่งใดที่ไม่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์
4. กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์ เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์

Nehm et al. (2008) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาเครื่องมือวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนไว้ 2 วิธี ดังนี้

1. ใช้แบบทดสอบปลายเปิด (open-response test)
2. การสัมภาษณ์ (oral interview)

โดยสรุปแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัยชนิดตอบสั้นและตอบยาว
2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format)
3. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือก (alternative reason) ในตอนที่หนึ่ง
4. ใช้แบบสัมภาษณ์
5. ใช้แบบประเมินผลงาน เช่น ผังมโนทัศน์ แผนผังรูปวี การเขียน การอธิบายรูปภาพ

2.7 ลักษณะบุคคลที่เกิดมโนทัศน์

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนจำเป็นต้องตรวจสอบมโนทัศน์ของผู้เรียนว่ามีความถูกต้องหรือเกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่ ซึ่งผู้สอนสามารถพิจารณาจากลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ได้ดังนี้

นาตยา ปิลันธนานนท์ (2542: 14) ได้กล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่เกิดมโนทัศน์ว่าจะสามารถกระทำการดังต่อไปนี้ได้

1. สามารถบอก ระบุ เรียกชื่อ มโนทัศน์นั้นได้
2. สามารถคัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้
3. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้
4. สามารถอธิบาย สรุปความหมายของมโนทัศน์นั้น จากความรู้ ความเข้าใจของตนและด้วยภาษาพูดของตนเอง

3. การคิดสังเคราะห์

3.1 ความหมายของการคิดสังเคราะห์

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2549: 8) ได้ให้ความหมายของการคิดสังเคราะห์ว่า คือการนำข้อมูล ความรู้ที่ผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว หรือการนำองค์ประกอบ ส่วนประกอบ

ของสิ่งต่างๆ หรือเรื่องต่างๆ มาผสมผสานรวมกัน อย่างกลมกลืน สร้างเป็นสิ่งใหม่ ที่มีลักษณะ เอกลักษณ์ คุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างไปจากเดิม

ชาติ แจ่มนุช (2545: 57) ได้ให้ความหมายของการคิดสังเคราะห์ไว้ว่า หมายถึง การคิดที่สามารถรวบรวมสิ่งต่างๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่มีคุณลักษณะแตกต่างไปจากส่วนประกอบย่อยๆ ของเดิม

ไพจิตร สะดวกการ (2547) ได้ให้ความหมายของการคิดสังเคราะห์ไว้ว่า หมายถึง การคิดที่ดึงองค์ประกอบต่าง ๆ มาหลอมรวมกัน โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะคิดซึ่งมีมากหรือกระจายกันอยู่มาหลอมรวมกันภายใต้โครงสร้างใหม่อย่างเหมาะสม ทำให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างไปจากเดิม

จากความหมายของการคิดสังเคราะห์ที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมข้อมูลย่อยเข้าด้วยกันอย่างเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เพื่อสร้างสิ่งใหม่ที่มีลักษณะแตกต่างและซับซ้อนมากกว่าสิ่งที่มีอยู่เดิม

3.2 ประเภทของการคิดสังเคราะห์

นักการศึกษา ได้ระบุองค์ประกอบของความสามารถในการสังเคราะห์ และการคิดสังเคราะห์ ไว้ดังนี้

Bloom (1956) ได้จำแนกประเภท (sub category) ของการคิดสังเคราะห์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การสังเคราะห์ข้อความ (production of a unique communication) เป็นความสามารถ ในการนำความคิด ความรู้สึก และประสบการณ์ มาจัดรวบรวมแล้วนำเสนอออกมา ตัวอย่างเช่น การเขียนข้อความ บทความที่ได้มาจากการเรียบเรียงความคิดความการเขียนเรื่องราวหรือเรียงความอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ความสนุกสนานแก่ผู้อื่น การบอกเล่าประสบการณ์ตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแต่งบทกวี หรือ บทเพลง เป็นต้น
2. การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ (production of plan or proposed set of operation) เป็นความสามารถในการวางแผนหรือแผนปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ตัวอย่างเช่น การออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน การวางแผนหรือหาวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมหรือสืบค้น การออกแบบเครื่องมือหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นต้น

3. การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม (production of set of abstract relations) เป็นความสามารถในการนำข้อมูล หรือปรากฏการณ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เพื่อนำไปใช้ในการจัดจำแนก.หรือนำมาอธิบาย.หรือการสร้างข้อสรุปโดยนำข้อมูล หรือสัญลักษณ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน ตัวอย่างเช่น การสร้างสมมติฐานที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากศึกษา วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและสามารถปรับสมมติฐานตามตัวแปรและข้อพิจารณาใหม่ เป็นต้น

3.3 ขั้นตอนการคิดสังเคราะห์

นักการศึกษา และนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์ไว้ ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2549) ได้เสนอขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้าง
2. ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. เลือกข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างสิ่งใหม่ให้ได้ตามวัตถุประสงค์
4. นำข้อมูลที่เลือกมาใช้เป็นฐาน ในการจัดทำกรอบแนวคิดสำหรับสร้างสิ่งใหม่
5. สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์โดยอาศัยกรอบแนวคิดที่กำหนด รวมกับข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
6. นำเสนอสิ่งใหม่ที่สร้างขึ้นโดยชี้ให้เห็น ลักษณะ หรือคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้น

ไพจิตร สะดวกการ (2547) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้างหรือสังเคราะห์ขึ้น
2. ศึกษาส่วนประกอบหรือวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
3. เลือกและนำข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มาจัดทำกรอบแนวคิดเพื่อสร้างสิ่งใหม่
4. สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนดโดยการผสมผสานส่วนประกอบ/ข้อมูลที่เลือกรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ตามความเหมาะสมและความจำเป็น
5. ตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้ประโยชน์

จากขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์ตามที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ สามารถสรุปขั้นตอนของการคิดสังเคราะห์ได้ ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งที่ต้องการสร้างหรือสังเคราะห์ขึ้น
2. ศึกษา และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3. เลือกและนำข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มาจัดทำกรอบแนวคิดสำหรับสร้างสิ่งใหม่
4. สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนดโดยการผสมผสานส่วนประกอบ ข้อมูลที่เลือกรวมทั้งข้อมูลอื่นๆ ตามความเหมาะสมและความจำเป็น
5. ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมพร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงนำเสนอสิ่งใหม่ที่สร้างขึ้น

3.4 การประเมินการคิดสังเคราะห์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแนวทางการประเมินการคิดสังเคราะห์ไว้ดังนี้

Bloom et al. (1981: 268) ได้เสนอแนวทางในการสร้างแบบประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์ทั่วไปไว้ดังนี้

1. ปัญหา ภาระงาน หรือสถานการณ์ที่จะใช้สำหรับประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์นั้นจะต้องเป็นสิ่งใหม่หรือไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้ว
2. นักเรียนจะต้องสามารถใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนดให้ได้ อาจจะให้นักเรียนเปิดหนังสือหรือเข้าห้องสมุดเพื่อหาข้อมูลได้ ซึ่งการประเมินการคิดสังเคราะห์ที่ดีนั้นควรจะทำให้มีลักษณะเหมือนกับการแก้ปัญหาของนักวิทยาศาสตร์ที่มีการใช้ข้อมูลที่หลากหลาย
3. สิ่งที่ครูจะประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนควรเป็นสิ่งที่แสดงได้ว่าเป็นผลมาจากการสังเคราะห์

Angelo and Cross (1993) ได้เสนอเทคนิคการประเมินทักษะการคิดสังเคราะห์ ซึ่งมี 6 วิธีไว้ดังนี้

1. สรุป 1 ประโยค (One Sentence Summary) ให้ข้อความยาวครึ่งหน้า แล้วให้ผู้เรียนสรุป ใครทำอะไร เมื่อไร ที่ไหน อย่างไร และทำไม
2. การบันทึกคำ (Word Journal) ให้ผู้เรียนสรุปเนื้อหาสาระที่กำหนดให้เลือก 1 คำ แล้วอธิบายว่าทำไมถึงเลือกคำนั้น
3. ผลสรุป (Approximate Analogy) ให้นักเรียนระบุว่า ความสัมพันธ์รูปแบบต่อไปนี้เป็นความสัมพันธ์แบบใดและเกี่ยวข้องอย่างไร
4. แผนผังมโนทัศน์ (Concept Maps) ให้ผู้เรียนประยุกต์สิ่งที่เรียนในห้องกับชีวิตจริง หรือให้ระบุสิ่งที่เรียนในห้องกับที่ตนได้ค้นคว้าเพิ่มเติม

5. บทสนทนา (Invented Dialogues) ให้นักเรียนสร้างบทสนทนาสมมติได้ เช่น ให้สร้างบทสนทนาระหว่างช่างเสริมสวยและลูกค้า
6. แฟ้มรวมหลักฐานแสดงการดำเนินงาน (Annotated Portfolios) ให้ผู้เรียนนำหลักฐานทุกอย่างที่ใช้ในการทำงานมาส่ง เช่น ให้ส่งร่างการทำงานทุกชิ้นที่ทำก่อนที่จะทำรายงานเสร็จ

จากแนวทางการประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักการศึกษาต่างๆ นั้น สามารถสรุปลักษณะของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ดังนี้

1. ปัญหา ภาระงานที่ใช้สำหรับประเมินความสามารถในการสังเคราะห์จะต้องเป็นสิ่งใหม่ ไม่เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้ว
2. ในการสังเคราะห์ ควรให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่หลากหลายเพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์สิ่งใหม่
3. การประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์นั้น ควรประเมินจากผลิตผลที่เกิดจากการคิดสังเคราะห์โดยตรง

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yanowitz (2001) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบร่วมกับการใช้เทคนิคแนวเทียบที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน้าที่ของออร์แกเนลล์ของเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่างๆ ในเซลล์ที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

Odum and Kelly (2001) ได้ศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้มีพื้นฐานจากการสืบสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสร้างผังมโนทัศน์และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่องการแพร่และออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการบรรยาย

Littlejohn (2007) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนการสอนแบบสืบสอบ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้มโนทัศน์เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืช และการหายใจระดับเซลล์ ภายหลังการสอนพบว่านักเรียนได้คะแนนความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องการสังเคราะห์แสงของพืช กับการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จาก

การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนให้เห็นเป็นรูปธรรมได้

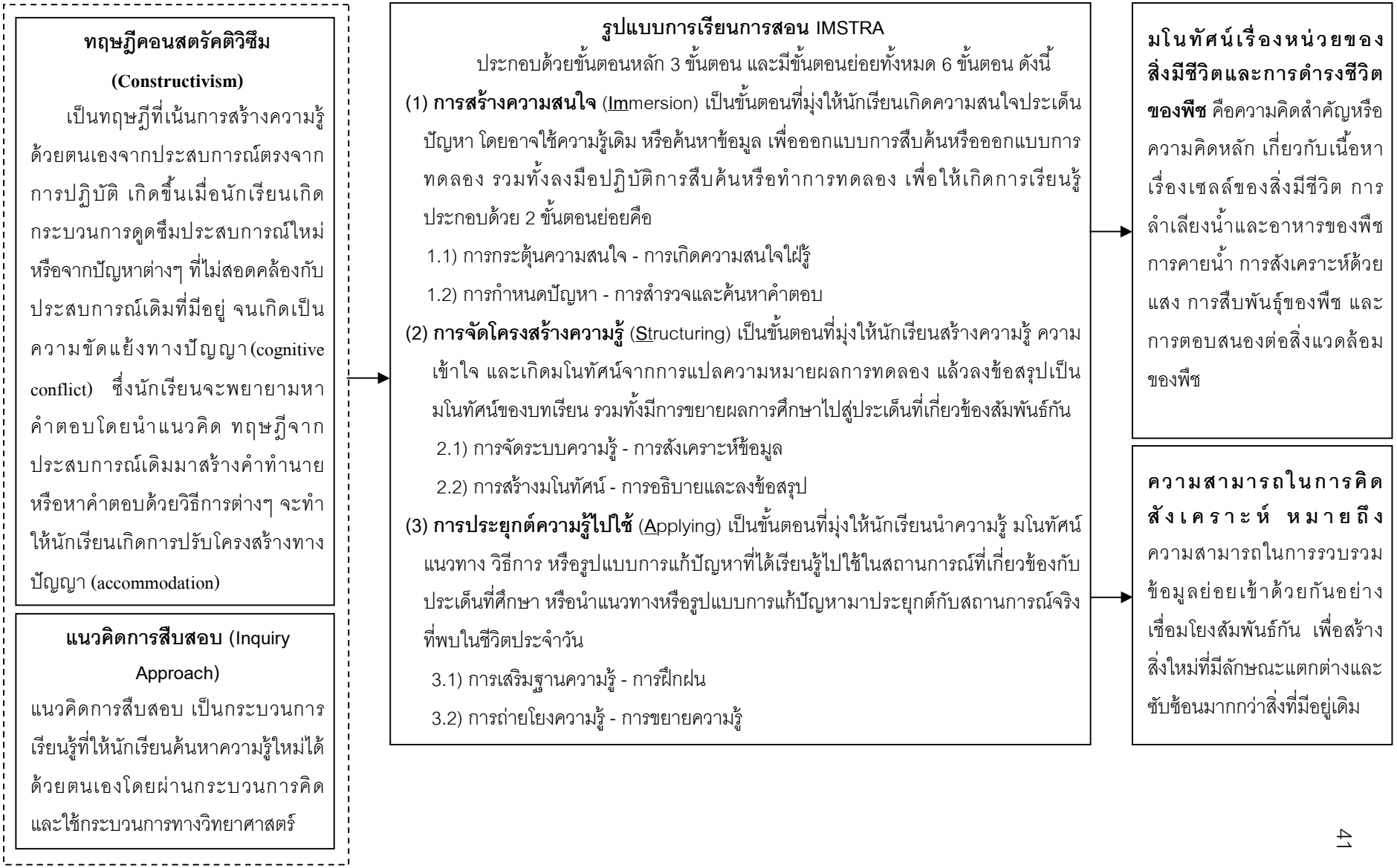
Hand, Hohenshell and Prain (2007) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ SWH ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการสืบสอบร่วมกับแบบฝึกหัดที่หลากหลาย (multiple writing task) ในการเรียนการสอนเรื่องเซลล์และสารชีวโมเลกุล โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับเกรด 10 พบการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเซลล์และสารชีวโมเลกุลและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มมากขึ้น

Ketpichainarong et al. (2009) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อการเรียนเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีการพัฒนาความสามารถในการคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

Man Hung (2010) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับเกรด 8 พบการศึกษาวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการจัดการเรียนการสอบแบบสืบสอบ คือนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังจากได้รับการเรียนการสอนแบบสืบสอบ

กมลทิพย์ ต่อติด (2544) ศึกษาผลของการฝึกกระบวนการสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า หลังการทดลอง นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและการคิดแก้ปัญหาสูงขึ้น และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องผลของการใช้เรื่อง ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชและความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ที่มีรูปแบบการวิจัยเป็น Two Group Pre-Post Test Design คือมีการสุ่มแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ และมีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพ

กลุ่มทดลอง	O1----------X ----------O2
กลุ่มเปรียบเทียบ	O1----------~X ----------O2

X	หมายถึง	การสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
~X	หมายถึง	การสอนแบบปกติ
O1	หมายถึง	การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์
O2	หมายถึง	การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์

การวิจัยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดกลุ่มประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่
   2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
   2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดเพชรบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 10 จังหวัดเพชรบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องละ 41 คน รวม 82 คน ซึ่งกำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี มีขั้นตอนการดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. **การกำหนดโรงเรียน**

กำหนดโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นโรงเรียนมัธยมสหศึกษาในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 10 จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Testing: O-NET) ประจำปีการศึกษา 2553 ในวิชาวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับเดียวกับโรงเรียนมัธยมอื่นๆ ในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 10 จังหวัดเพชรบุรี (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2553) และได้มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีความพร้อมในด้านวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีแหล่งการเรียนรู้สำหรับให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล เช่น ห้องสมุดซึ่งมีหนังสือ ตำรา วารสาร และสารานุกรมด้านวิทยาศาสตร์ และมีห้องคอมพิวเตอร์ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เนตได้ รวมทั้งผู้บริหารและครูในโรงเรียนให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

2. **การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง**

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 มีจำนวน 10 ห้องเรียน เป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นชั้นต้นของการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนจะสามารถเริ่มพัฒนาการคิดขั้นสูง เช่นการคิดวิเคราะห์ และการคิดสังเคราะห์ เป็นต้น แล้วพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนทั้ง 10 ห้องเรียน และทำการเลือกมา 2 ห้องเรียนเพื่อเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

2.1 หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนทั้งหมด 10 ห้องเป็นรายห้อง

2.2 นำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของนักเรียนทั้ง 10 ห้องเรียนมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของนักเรียนทั้ง 10 ห้อง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปSPSS พบว่ามีนักเรียนอย่างน้อย 2 ห้องที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง.ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Dunnett T3 เพื่อคัดเลือกห้องเรียนที่นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน พบว่า มีห้องเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันจำนวน 16 คู่ คือ

ห้อง 1/1 กับ 1/2 ห้อง 1/1 กับ 1/3 ห้อง 1/1 กับ 1/5 ห้อง 1/1 กับ 1/10
ห้อง 1/2 กับ 1/3 ห้อง 1/2 กับ 1/9 ห้อง 1/4 กับ 1/6 ห้อง 1/4 กับ 1/7
ห้อง 1/4 กับ 1/8 ห้อง 1/5 กับ 1/10 ห้อง 1/6 กับ 1/7 ห้อง 1/6 กับ 1/8
ห้อง 1/6 กับ 1/9 ห้อง 1/7 กับ 1/8 ห้อง 1/7 กับ 1/9 ห้อง 1/8 กับ 1/9

รายละเอียดผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้ง 10 ห้องเรียน แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลังเป็นรายคู่ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 10 ห้องเรียน

ห้อง	สรุปผลการวิเคราะห์รายคู่									
	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10
1/1	-	.786	1.000	.000*	.253	.000*	.000*	.000*	.000*	.726
1/2	-	-	1.000	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.063	.001*
1/3	-	-	-	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.000*	.002*
1/4	-	-	-	-	.000*	1.00	1.00	.434	.014*	.000*
1/5	-	-	-	-	-	.000*	.000*	.000*	.000*	1.00
1/6	-	-	-	-	-	-	1.00	.996	.177	.000*
1/7	-	-	-	-	-	-	-	.988	.078	.000*
1/8	-	-	-	-	-	-	-	-	.928	.000*
1/9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000*
1/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

2.4 กำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยการเลือกแบบเจาะจง จากห้องเรียนคู่ที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนไม่แตกต่างกันทำการเลือกห้องเรียน 1 คู่ จากทั้งหมด 16 คู่ คือห้องม.1/5 กับห้องม.1/10 เนื่องจากเป็นห้องที่โรงเรียนให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นกำหนดกลุ่มเปรียบเทียบคือห้องม.1/5 มีนักเรียนจำนวน 41 คน ซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ และกลุ่มทดลองคือห้องม.1/10 มีนักเรียนจำนวน 4 คน ซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   1.1 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช
   1.2 แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 2 รูปแบบ ดังนี้
   2.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
   2.2 แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ

รายละเอียดของการสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภทมีดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. **แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช** เป็นแบบวัดเกี่ยวกับความคิดสำคัญหรือความคิดหลัก เกี่ยวกับเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช จำนวน 1 ฉบับ แบบวัดมโนทัศน์นี้ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังเรียน ซึ่งมีการสร้างตามขั้นตอน ดังนี้
   1.1 ศึกษาหนังสือ เอกสารและงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เพื่อศึกษามโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานของเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และมโนทัศน์หลักในเรื่องดังกล่าว
   1.2 วิเคราะห์มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช จากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และคู่มือการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่ามโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช.ประกอบด้วยมโนทัศน์ย่อยจำนวน 6 เรื่อง ได้แก่ 1) เซลล์ของสิ่งมีชีวิต 2) การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช 3) การคายน้ำ 4) การสังเคราะห์ด้วยแสง 5) การสืบพันธุ์ของพืช 6) เรื่องการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช
   1.3 นำมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชที่วิเคราะห์ได้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วน

ของมโนทัศน์ แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศน์ แล้วแก้ไขมโนทัศน์ให้ถูกต้องตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ (รายละเอียดของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช แสดงในภาคผนวก ง)

1.4 กำหนดลักษณะของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ตามแนวทางการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของ Marek (1986), Odom (1995) และ Flores et al. (2003) แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชครั้งนี้ ประกอบด้วยข้อสอบ 2 ลักษณะคือ ข้อสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัย ในส่วนของข้อสอบแบบปรนัย แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และส่วนที่ 2 เป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในส่วนที่ 1 และข้อสอบแบบอัตนัยเป็นการให้นักเรียนเขียนอธิบายเป็นคำตอบ

1.5 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช โดยวิเคราะห์มโนทัศน์และหัวข้อเรื่องภายใต้มโนทัศน์ดังกล่าว เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการวัด ซึ่งได้กำหนดข้อสอบจำนวน 18 ข้อ รายละเอียดของจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเรื่อง แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อเรื่องของแบบวัดมโนทัศน์ เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์	จำนวนข้อสอบ
เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	- ความหมายของเซลล์	2
	- โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์	1
	- ความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	1
การลำเลียงน้ำและอาหาร ของพืช	- ความหมายของการแพร่	1
	- ความหมายของการออสโมซิส	1
	- ความหมายของการลำเลียงน้ำและอาหาร	1
	-โครงสร้างที่ใช้ในลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	1
การคายน้ำ	- ความหมายและความสำคัญของการคายน้ำ	1
	- ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ	1
	- โครงสร้างและกลไกที่ควบคุมการคายน้ำ	1
การสังเคราะห์ด้วยแสง	- ความหมายของการสังเคราะห์ด้วยแสง	1
	- ปัจจัยที่จำเป็น และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง	1
	- ความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต	1
การสืบพันธุ์ของพืช	- ความหมายของการสืบพันธุ์ของพืชและโครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก	1
	- กระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืช	1
	- กระบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ	1
การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช	- ความหมายและปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของต่อสิ่งแวดล้อมของพืช	1
	รวม	18 **ข้อ**

1.6 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อโดยพิจารณาจากความถูกต้องและความครบถ้วนของคำตอบ ข้อสอบแต่ละข้อมีคะแนนข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนทั้งฉบับเท่ากับ 90 คะแนน

1.7 นำแบบวัดมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องและความครบถ้วนของมโนทัศน์ที่ต้องการวัด รวมทั้งตรวจพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ภาษา และความสอดคล้องกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัด

1.8 นำแบบวัดมโนทัศน์ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ต้องการวัด (IOC) รวมถึงความถูกต้องความเหมาะสมของข้อคำถามและภาษาที่ใช้ โดยเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพควรมีค่าดัชนีความสอดคล้องที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ต้องการวัดในภาคผนวก จ) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ มาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา และปรับปรุงแก้ไขแบบวัดมโนทัศน์ที่สร้างขึ้น ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การใช้ภาพประกอบในแบบวัดมโนทัศน์ ควรใช้ภาพที่สื่อความหมายได้ชัดเจน เพราะอาจทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้ และภาพที่มีลูกศรชี้ ควรปรับตำแหน่งลูกศรชี้ให้ถูกต้องและเห็นได้ชัดเจน
2) การเรียงลำดับข้อสอบ ควรเริ่มต้นจากข้อคำถามที่ถามจากเรื่องสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เซลล์ของพืชและสัตว์ แล้วจึงเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อเยื่อ อวัยวะ และร่างกายตามลำดับ เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจและลำดับความคิดได้ว่าร่างกายและอวัยวะไม่ใช่เซลล์ แต่มีเซลล์เป็นองค์ประกอบ และเซลล์เพียงเซลล์เดียวก็สามารถดำรงชีวิตได้ เช่น พารามีเซียม
3) ปรับการใช้ภาษาบางข้อความให้ชัดเจนขึ้น เช่น “เมื่อทำการทดลองนี้เป็นเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง” ทำการปรับแก้ไขเป็น “เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงหลังจากทำการทดลองนี้”

1.9 นำแบบวัดมโนทัศน์ที่ผ่านการปรับแก้ไขแล้ว ไปตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ โดยทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 40 ซึ่งเป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชมาแล้ว

1.10 นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดเป็นรายข้อ เพื่อหาค่าดัชนีความยากและค่าดัชนีอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีการของ Whitney and Sabers (1970 cited in Mehrens and Lehmann, 1991: 168) และหาค่าความเที่ยงโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์ แอลฟา(α-coefficient) ของครอนบาค

1.11 พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดเป็นรายข้อ โดยเลือกข้อสอบข้อที่มีค่าดัชนีความยากอยู่ในช่วง 0.2-0.8 และค่าดัชนีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป พบว่า มีข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 12 ข้อ และมีข้อสอบที่ต้องปรับแก้ไขจำนวน 6 ข้อ ทำการแก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่มีระดับค่าดัชนีความยากและค่าดัชนีอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยทำการปรับข้อคำถามให้เหมาะสม แล้วนำแบบวัดที่แก้ไขปรับปรุงแล้วมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณา

1.12 นำข้อสอบที่เลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 18 ข้อ มีคะแนนข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 90 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 120 นาที ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 โดยใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 40 คน

1.13 นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเป็นรายข้อ เพื่อหาค่าดัชนีความยากและค่าดัชนีอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีการของ Whitney and Sabers (1970 cited in Mehrens and Lehmann, 1991: 168) และหาค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์ แอลฟา (α-coefficien) ของครอนบาค ผลการวิเคราะห์แบบวัดเป็นรายข้อ พบว่า ค่าดัชนีความยากและค่าดัชนีอำนาจจำแนกของแบบวัดมโนทัศน์ จัดอยู่ในเกณฑ์นำไปใช้ได้ คือมีค่าดัชนีความยากอยู่ในช่วง 0.40-0.80 ค่าดัชนีอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.70 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก จ) และค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75

2. **แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์** เป็นแบบวัดที่ทำการสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน วิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ มีดังนี้

   2.1 ศึกษาความหมาย นิยาม องค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ จากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

   2.2 ศึกษาแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์จาก Bloom (1956) และ Angelo and Cross (1993) เพื่อกำหนดลักษณะแบบวัดความสามารถ ในการคิดสังเคราะห์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์เป็นแบบอัตนัยประเภทความเรียง ซึ่งพัฒนาโดยใช้แนวคิดของ Bloom (1956) เป็นหลัก

   2.3 กำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดสังเคราะห์ แล้วสร้างแบบวัดให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ มีข้อสอบจำนวน 3 ข้อ เวลาที่ใช้ในการสอบ 90 นาที องค์ประกอบและนิยามของการคิดสังเคราะห์ที่ใช้วัดในแต่ละข้อ มีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบและนิยามเชิงปฏิบัติการและจำนวนข้อสอบของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์

องค์ประกอบ	นิยามเชิงปฏิบัติการ	จำนวนข้อสอบ
การสังเคราะห์ข้อความ	การนำเอาความรู้และประสบการณ์มาประมวลเข้าด้วยกันให้เกิดเป็นข้อความใหม่ เพื่อสื่อสารความคิดและประสบการณ์ให้ผู้อื่น	1
การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	การวางแผนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนไว้ล่วงหน้าเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้บรรลุผลตามแนวทางที่กำหนด	1
การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม	การนำข้อมูล สัญลักษณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เพื่อนำไปใช้ในการจัดจำแนก อธิบาย หรือการสร้างข้อสรุป	1

2.4 กำหนดรายการประเมินและสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์โดยใช้แบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring Rubrics) (Enger and Yager, 2001) แบ่งเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์เป็น 4 ระดับคือ ดีมาก (4 คะแนน) ดี (4 คะแนน) พอใช้ (4 คะแนน) และต้องปรับปรุง (4 คะแนน) รายละเอียดของแต่ละระดับความสามารถและระดับคะแนนแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายการประเมินและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ตามระดับความสามารถ

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความสามารถและระดับคะแนน			
		ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2คะแนน)	ต้องปรับปรุง (1คะแนน)
1	การเสนอความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับภาพเหตุการณ์น้ำท่วม	นำเสนอความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์น้ำท่วมได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป	นำเสนอความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์น้ำท่วมได้ถูกต้อง 2 ประเด็น	นำเสนอความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์น้ำท่วมได้ถูกต้อง 1 ประเด็น	ไม่สามารถเสนอความคิดเห็นและประสบการณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์น้ำท่วมได้
2	การนำเสนอแผนการทำกิจกรรมเพื่อช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วม	นำเสนอแผนการทำกิจกรรมได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและครบถ้วนสมบูรณ์	นำเสนอแผนการทำกิจกรรมได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน หรือนำเสนอแผนการทำกิจกรรมได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์แต่เป็นลำดับขั้นตอน	นำเสนอแผนการทำกิจกรรมได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์และไม่เป็นลำดับขั้นตอน	ไม่สามารถเสนอแผนการทำกิจกรรมได้

ตารางที่ 5 รายการประเมินและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ตามระดับความสามารถ (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความสามารถและระดับคะแนน			
		ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2คะแนน)	ต้องปรับปรุง (1คะแนน)
3	การออกแบบเครื่องกรองน้ำ โดยพิจารณาจากน้ำที่กรองได้จะต้องมีคุณสมบัติคือ 1)น้ำใสไม่มีสี 2) สะอาดปราศจากเชื้อโรค 3) ปราศจากกลิ่น 4) สามารถกรองน้ำได้ปริมาณมากในเวลารวดเร็ว	ออกแบบเครื่องกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ได้ถูกต้องทุกประการ	ออกแบบเครื่องกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง2-3ประการ	ออกแบบเครื่องกรองน้ำที่มีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำที่ผ่านการกรองมีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ได้ถูกต้อง 1 ประการ	ไม่สามารถออกแบบเครื่องกรองน้ำได้

2.5 กำหนดช่วงคะแนนในการประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ รวมทุกประกอบของการคิดสังเคราะห์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน และกำหนดช่วงคะแนนในการประเมินความสามารถในการคิดสังเคราะห์แยกตามแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งมีคะแนนองค์ประกอบละ 4 คะแนน รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6 ช่วงคะแนนในการประเมินระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

ช่วงคะแนน	ความหมาย
9.10 – 12.00	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก
6.10 – 9.00	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดี
3.10 – 6.00	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับพอใช้
1.10 – 3.00	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

ตารางที่ 7 ช่วงคะแนนในการประเมินระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ในแต่ละด้าน

คะแนน	ความหมาย
3.26 – 4.00	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก
2.51 - 3.25	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดี
1.76 – 2.50	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับพอใช้
1.10 – 1.75	มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับต้องปรับปรุง

2.6 นำแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ รายการประเมินและเกณฑ์การตรวจให้คะแนน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องความเหมาะสมของการใช้ภาษา และความสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ที่ต้องการวัด แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2.7 นำแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence, IOC) รวมถึงความถูกต้อง ความเหมาะสมของข้อคำถามและการใช้ภาษา เกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพคือมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (รายละเอียดดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการขององค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ แสดงในภาคผนวก จ)

2.8 นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วจึงปรับปรุงแก้ไข ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์โดยสรุปคือ ให้แก้ไขและเพิ่มเติมข้อมูลในสถานการณ์ที่ใช้ในคำถาม และให้ปรับข้อความคำถามให้มีความชัดเจน สอดคล้อง

กับองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ที่ต้องการวัด และให้แก้ไขการใช้ภาษาของข้อความในเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจนขึ้น

2.9 นำแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี

2.10 นำผลการวัดมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดเป็นรายข้อเพื่อหาค่าดัชนีความยากและค่าดัชนีอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีการของ Whitney and Sabers (1970 cited in Mehrens and Lehmann, 1991: 168) และหาค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์ แอลฟา(α-coefficient) ของครอนบาค ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์มีค่าความเที่ยง 0.76 จากนั้นจึงนำแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. **แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน** IMSTRA

แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เป็นแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นภายใต้แนวทางการจัดกิจกรรมตามรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ของ Singer and Moscovici (2008: 1613-1634) สำหรับนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาบทความวิจัยเกี่ยวกับ ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA รวมถึงบทบาทครูและบทบาทนักเรียนของ Singer and Moscovici (2008: 1613-1634) และศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบของ Bybee (1997) Hassard (2004: 210-255) และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544 เป็นต้น

1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชจากเอกสารตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดขอบข่ายของเนื้อหาสาระ หัวข้อเรื่องและรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละแผนรายละเอียด แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 หัวข้อเรื่องและจำนวนคาบเรียนในการจัดการเรียนการสอน เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

แผนการจัดการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	จำนวนคาบ
1	เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	3
2	หน้าที่ของออร์แกเนลล์	3
3	การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์	3
4	การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	3
5	การคายน้ำ	3
6	การสังเคราะห์ด้วยแสง	3
7	การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของพืช	3
8	การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	3
	รวม	24 คาบ

1.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ตามหัวข้อเรื่องที่กำหนดไว้ รวมทั้งสิ้นจำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน 24 คาบ โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Immersion) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดความสนใจประเด็นปัญหาหรือบทเรียนที่กำลังจะศึกษา โดยนักเรียนอาจใช้ความรู้เดิม หรือค้นหาข้อมูล เพื่อนำมาออกแบบการสืบค้นหรือออกแบบการทดลอง รวมทั้งลงมือปฏิบัติการสืบค้นหรือทำการทดลอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตามประเด็นที่ศึกษา

ขั้นที่ 2 การจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และเกิดมโนทัศน์จากการแปลความหมายผลการทดลอง หรือผลการศึกษาค้นคว้า แล้วลงข้อสรุปเป็นมโนทัศน์ของบทเรียน รวมทั้งมีการขยายผลการศึกษาไปสู่ประเด็นที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ขั้นที่ 3 การประยุกต์ความรู้ไปใช้ (Applying) เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ แนวทาง วิธีการ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา หรือ นำแนวทางหรือรูปแบบการแก้ปัญหามาประยุกต์กับสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาความถูกต้อง ความครบถ้วน และความเหมาะสมของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง รวมทั้งตรวจพิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน และการวัดและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนและความเหมาะสมของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อเรื่อง รวมทั้งตรวจพิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน และการวัดและประเมินผล แล้วทำการปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะสรุปดังนี้

1) ปรับแก้ไขการใช้ภาษาให้กระชับ ถูกต้องและชัดเจน และปรับแก้ศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้องตามศัพท์บัญญัติ
2) ภาพที่นำมาใช้ควรนำมาจากหนังสือ ตำรา และควรแก้คำบรรยายในภาพต่าง ๆ ให้เป็นภาษาไทย แล้วจึงวงเล็บภาษาอังกฤษไว้ และตัดคำบรรยายส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาออก
3) ปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับขั้นตอนการสอนในขั้นการสร้างความสนใจ (Immersion) และขั้นการจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring)
4) ให้พิจารณากิจกรรมการเรียนการสอนหลักของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และแผนการจัดการเรียนรู้ปกติไม่ให้มีความแตกต่างกันมากเกินไป

1.6 ปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง หลังจากทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ พบข้อสังเกตคือ นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมการวางแผนและออกแบบในขั้นตอนการเกิดความสนใจใฝ่รู้ (Evoking) ค่อนข้างนาน จึงมีการปรับกิจกรรมใน ขั้นการฝึกฝน (Practicing) ให้กระชับมากขึ้น เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามเวลาที่กำหนด

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิ ไปใช้จริงกับกลุ่มทดลองต่อไป

2. **แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ**

แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ มีขั้นตอนการสร้าง การกำหนดขอบข่ายของเนื้อหาสาระ หัวข้อเรื่องและรายละเอียดของเนื้อหาในแต่ละแผนเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA คือ มีแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติจำนวน 8 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน 24 คาบ ทำการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบ ตามคู่มือครูรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นสร้างสถานการณ์เพื่อสร้างความสนใจนักเรียน โดยครูอาจจัดสิ่งเร้าซึ่งอาจเป็นคำถาม สื่อการสอนต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดปัญหา เกิดความอยากรู้อยากเห็น และ มีการตรวจสอบความรู้เดิมของเรื่องที่จะเรียนใหม่

ขั้นที่ 2 ขั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบ ซึ่งเป็นวิธีให้นักเรียนใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง คือใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นสรุป เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสรุปสาระความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูช่วยเสริมหรือแก้ไข.เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้องและชัดเจน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการสอน
    1.1 แนะนำวิธีการเรียน พร้อมทั้งแจ้งจุดประสงค์และเงื่อนไขในการเรียนให้นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบทราบ

1.2 ทำการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์

2. ขั้นดำเนินการสอน

2.1 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และดำเนินการนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ นักเรียนทั้งสองสองกลุ่ม ได้รับการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 8 แผนเท่ากัน ใช้เวลาทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ แต่ละสัปดาห์ใช้เวลา 3 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที

3. ขั้นหลังการสอน

3.1 เมื่อดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ครบถ้วนแล้ว ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์

3.2 นำคะแนนก่อนและหลังเรียนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลคะแนนจากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ ทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test dependent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ .05

2. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test independent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ .05
3. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test dependent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ .05 และจัดระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบ และแยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ตามเกณฑ์ที่กำหนด
4. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test independent) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ .05 และจัดระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบ และแยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ตามเกณฑ์ที่กำหนด
5. ทดสอบความแตกต่างของความแตกต่างของจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square (χ^2) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับ .05
6. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square (χ^2) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญสถิติ (α) ที่ระดับ .05

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. **สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ**
   1.1 สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช.คำนวณหาดัชนีค่าความยาก (P) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (1970 cited in Mehrens and Lehmann, 1991: 168) และหาค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์ แอลฟา(α-coefficient) ของครอนบาค

1.2 สถิติที่ใช้หาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ โดยคำนวณหาค่าดัชนีความยาก (P) และดัชนีค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตรของ Whitney and Sabers (1970 cited in Mehrens and.Lehmann, 1991: 168) และหาค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของครอนบาค

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองโดยใช้สถิติทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (t-test dependent) ทำการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

2.2 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้สถิติทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระต่อกัน (t-test independent) โดยคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

2.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียน ด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square (χ^2) โดยคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

2.4 วิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบ Chi-Square (χ^2) โดยคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.5

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดสังเคราะห์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

การวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช เป็นการนำคะแนนจากการทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การเปรียบเทียบคะแนนรวมเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	47.71	53.05	6.90	8.12*
หลังเรียน	69.41	77.10	6.57	

*P< .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 47.71 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.90 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียน เท่ากับ 69.41 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.57 คะแนน และเมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติ

ทดสอบที (t-test dependent) พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชแยกตามหัวข้อเรื่อง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียน ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชก่อนเรียนและหลังเรียน แยกตามหัวข้อเรื่อง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังเรียน

หัวข้อเรื่อง	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน			t
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	
เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	10.25	51.25	1.68	15.19	75.94	2.29	6.07*
การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	9.73	48.63	1.74	12.55	62.75	2.17	3.60*
การคายน้ำ	8.41	56.08	2.31	12.20	81.33	1.70	4.29*
การสังเคราะห์ด้วยแสง	8.45	56.33	1.36	10.78	71.83	1.29	4.93*
การสืบพันธุ์ของพืช	8.39	55.92	1.58	11.33	75.50	1.12	5.18*
การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม	2.30	46.00	0.69	3.83	76.50	0.70	4.86*

*P< .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตาราง เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังเรียนแยกตามหัวข้อเรื่อง พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกหัวข้อเรื่อง และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนแยกตามหัวข้อเรื่อง พบว่าหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุดในหัวข้อเรื่องการคายน้ำ โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 81.33 รองลงมาคือ เรื่องการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม เซลล์ของสิ่งมีชีวิต การสืบพันธุ์ของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนร้อยละ 76.50 75.94 75.50 และ 71.83 ตามลำดับ ส่วนหัวข้อเรื่องที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 62.75

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ได้ดังในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์หลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	t
กลุ่มทดลอง	69.41	77.10	6.57	1.37*
กลุ่มเปรียบเทียบ	65.17	72.28	7.39	

*P< .05 (one-tailed independent t-test)

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนเท่ากับ 69.41 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.10 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.57 คะแนน ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนเท่ากับ 65.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.39 คะแนน.เมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช.หลังเรียน.ด้วยสถิติทดสอบที (t-test independent) พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชแยกตามหัวข้อเรื่อง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังเรียน แสดงดังในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชแยกตามหัวข้อเรื่อง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ หลังเรียน

หัวข้อเรื่อง	กลุ่มทดลอง			กลุ่มเปรียบเทียบ			t
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	$\bar{x}$	$\bar{x}_{ร้อยละ}$	S.D.	
เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	15.19	75.94	2.29	14.19	70.94	2.11	11.45*
การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	12.55	62.75	2.17	11.55	57.75	1.92	5.50*
การคายน้ำ	12.20	81.33	1.70	11.20	74.67	1.50	8.52*
การสังเคราะห์ด้วยแสง	10.78	71.83	1.29	9.78	65.17	1.45	8.32*
การสืบพันธุ์ของพืช	11.33	75.50	1.12	10.33	65.83	1.34	2.68*
การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม	3.83	76.50	0.70	3.33	66.50	0.84	3.83*

*P< .05 (one-tailed independent t-test)

จากตาราง เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามหัวข้อเรื่อง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียน สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกหัวข้อเรื่อง คือ หัวข้อเรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช การคายน้ำ การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืช และการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมของพืช

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดสังเคราะห์

การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดสังเคราะห์ วิเคราะห์ข้อมูลจากคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ และจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ทั้งก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ มีการนำเสนอผลการวิเคราะห์ ดังนี้

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ระหว่างก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง รวมทุกประกอบของการคิดสังเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

การทดสอบ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ	t
ก่อนเรียน	5.76	0.69	พอใช้	7.91*
หลังเรียน	9.25	0.77	ดี	

*P< .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตาราง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า หลังเรียน นักเรียนมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์เพิ่มขึ้นจากระดับพอใช้เป็นระดับดีมาก โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ก่อนเรียนเท่ากับ 5.76 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี ส่วนหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ก่อนเรียนเท่ากับ 9.25 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับพอใช้

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามแต่ละองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

องค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์	**คะแนนก่อนเรียน**		**คะแนนหลังเรียน**		t
	$\bar{x}$	ระดับ	$\bar{x}$	ระดับ	
การสังเคราะห์ข้อความ	2.83	ดี	3.37	ดีมาก	3.40
การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	2.17	พอใช้	3.32	ดีมาก	7.68
การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม	2.22	พอใช้	3.32	ดีมาก	5.63

*P< .05 (one-tailed dependent t-test)

จากตาราง เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดสังเคราะห์แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้าน และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์แยกตามองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน พบว่า หลังเรียน นักเรียนมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ด้านการสังเคราะห์ข้อความเพิ่มขึ้นจากระดับดีเป็นระดับดีมาก ส่วนด้านการสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการและด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถเพิ่มขึ้น จากระดับพอใช้เป็นระดับดีมาก

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D.	**ระดับ**	t
กลุ่มทดลอง	9.25	0.77	ดีมาก	2.65*
กลุ่มเปรียบเทียบ	8.59	0.80	ดี	

*P< .05 (one-tailed independent t-test)

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์รวมทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดี

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

องค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์	กลุ่มทดลอง		กลุ่มเปรียบเทียบ		t
	$\bar{x}$	ระดับ	$\bar{x}$	ระดับ	
การสังเคราะห์ข้อความ	3.37	ดีมาก	3.05	ดี	2.15*
การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	3.32	ดีมาก	2.68	ดี	4.16*
การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม	3.32	ดีมาก	2.63	ดี	4.39*

*P< .05 (one tailed independent t-test)

จากตาราง เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดสังเคราะห์ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกองค์ประกอบ และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ อยู่ในระดับดีมากในทุกองค์ประกอบ ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดีในทุกด้าน

การเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

องค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์	การทดสอบ	ระดับดีมาก		ระดับดี		พอใช้		ต้องปรับปรุง		χ^2
		คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	
การสังเคราะห์ข้อความ	ก่อนเรียน	8	19.51	20	48.78	11	26.83	2	4.87	9.14*
	หลังเรียน	26	63.41	10	24.39	5	12.19	0	0.00	
การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	ก่อนเรียน	1	2.44	11	26.83	23	56.79	6	14.63	30.99*
	หลังเรียน	20	48.78	14	34.15	7	17.07	0	0.00	
การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม	ก่อนเรียน	1	2.44	10	24.39	27	65.85	3	7.32	31.10*
	หลังเรียน	21	51.22	12	29.27	8	19.51	0	0.00	

* P< .05

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีสัดส่วนจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ข้อความ ด้านการสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ และด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสังเคราะห์ข้อความ พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนร้อยละ 48.78 มีความสามารถอยู่ในระดับดี ส่วนหลังเรียน นักเรียนร้อยละ 63.41 มีการพัฒนาความสามารถเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับดีมาก ในด้านการสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนร้อยละ 56.79 มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้ ส่วนหลังเรียน นักเรียนร้อยละ 48.78 มีการพัฒนาความสามารถมาอยู่ในระดับดีมาก ในด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนร้อยละ 65.83 มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้ ส่วนหลังเรียนพบว่า นักเรียนร้อยละ 51.22 มีการพัฒนาความสามารถมาอยู่ในระดับดีมาก

การเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ ได้ผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์

องค์ประกอบ	กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถ								χ^2
		ดีมาก	ร้อยละ	ดี	ร้อยละ	พอใช้	ร้อยละ	ปรับปรุง	ร้อยละ	
การสังเคราะห์ข้อความ	กลุ่มทดลอง	20	48.78	16	39.02	5	12.19	0	0	3.92
	กลุ่มเปรียบเทียบ	12	29.27	19	46.34	10	24.39	0	0	
การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	กลุ่มทดลอง	20	48.78	14	34.15	7	17.07	0	0	11.50*
	กลุ่มเปรียบเทียบ	6	14.63	20	48.78	11	26.33	4	9.76	
การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม	กลุ่มทดลอง	21	51.22	12	29.27	8	19.51	0	0	14.51*
	กลุ่มเปรียบเทียบ	5	12.19	20	48.78	13	31.71	3	7.32	

* P< .05

จากตาราง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมีสัดส่วนจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ด้านการสังเคราะห์ข้อความ ไม่แตกต่างกัน ส่วนในด้านการสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ และด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ มีสัดส่วนจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียน แยกตามองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์ทั้ง 3 องค์ประกอบ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์ในทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก คือ มีนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ข้อความ การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรมในระดับดีมาก จำนวนร้อยละ 48.78 48.78 และ 51.22 ตามลำดับ ส่วนนักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ทุกองค์ประกอบของการคิดสังเคราะห์อยู่ในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ระหว่างก่อนและหลังเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA กับกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA และกลุ่มเปรียบเทียบซึ่งได้รับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติคือค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความถี่ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test) และสถิติทดสอบไค-สแควร์ (Chi-Square test)

สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ
3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสังเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจในมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช รวมถึงพัฒนาความสามารถในการคิดสังเคราะห์ การนำเสนอผลการอภิปรายผลการวิจัย สามารถอภิปรายได้ 2 ประเด็น คือ (1) มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และ (2) ความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ดังนี้

1. **มโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช**

จากผลการวิจัย สรุปว่า นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืชสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ข้อที่ 1 และ นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีการพัฒนามโนทัศน์ในเรื่องดังกล่าวสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่สามารถอภิปรายได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1) นักเรียนได้เชื่อมโยงหรือปรับเปลี่ยนความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นในขั้นการสร้างความสนใจ (Immersion) ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูมีบทบาทในการกระตุ้นความสนใจ (Anticipation/Actualization) ของนักเรียนทำให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่รู้ (Evoking) จากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การที่ครูได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการตรวจสอบความรู้เดิม และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการใช้คำถาม ยกตัวอย่างสถานการณ์ รูปภาพ หรือวีดีทัศน์ในเรื่องที่เกี่ยวข้องนั้น ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ กระตือรือร้น และเกิดความสงสัยและมีการใช้ประสบการณ์เดิมของนักเรียนมาอธิบายประเด็นปัญหาต่างๆ ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ เนื่องจากในกระบวนการสร้างมโนทัศน์นักเรียนจะต้องมีการเชื่อมโยงหรือปรับเปลี่ยนความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้น สอดคล้องกับ Wandersee and Novak (1998) ที่กล่าวว่า การสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้เกิดจากนักเรียนได้มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่เข้าด้วยกัน

2) นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองในขั้นการจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) ซึ่งในขั้นตอนนี้ ครูช่วยให้นักเรียนเกิดการสร้างมโนทัศน์ (Conceptualization) และบทบาทนักเรียนคือการอธิบายและลงข้อสรุป (Explaining) จากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า การที่ครูเน้นให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมจากเนื้อหาต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าหรือทดลอง

เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบแล้วร่วมกันอภิปราย ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนแล้วเกิดการสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ Martin (1994) ที่ได้กล่าวว่า การสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองช่วยทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ที่ลึกซึ้งขึ้น และสอดคล้องกับ Brooks and Brooks (1993) ที่กล่าวว่าครูมีบทบาทสำคัญในการสร้างมโนทัศน์ของผู้เรียน โดยที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการสร้างมโนทัศน์ของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยการใช้คำถาม และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเกิดการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนั้นนักเรียนต้องมีความเข้าใจในสาระสำคัญของเรื่องที่เรียนอย่างถ่องแท้ จึงสามารถอธิบายและลงข้อสรุปได้ รวมทั้งสามารถแสดงความเข้าใจของตนเองในรูปแบบของผลงานต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เช่น การทำกิจกรรมเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ การเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้เรื่องหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่างๆ ในเอกสารสารกิจกรรม KWL เป็นต้น

3) นักเรียนได้ฝึกฝนโดยการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกับที่ได้เรียนรู้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ครูมีการการเสริมฐานความรู้ (Reinforcement) โดยตรวจสอบ ปรับแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและเพิ่มเติมความรู้ให้ครบถ้วน รวมทั้งจัดประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มเติมให้นักเรียนมีความรู้สึกซึ้ง และครูให้นักเรียนเรียนได้มีการฝึกฝน (Practicing) เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจและมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องแม่นยำ นอกจากนั้นครูยังช่วยให้นักเรียนเกิดการถ่ายโยงความรู้ (Transfer) ทำให้นักเรียนเกิดการขยายความรู้ (Extending) โดยนักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงหรือในสถานการณ์ใหม่ที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวันและมองเห็นความสำคัญของบทเรียนหรือสิ่งที่เรียน ซึ่งส่วนช่วยให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้องชัดเจน.สอดคล้องกับแนวคิดของ Slavin (1994: 247) และ Rosenshine (1997) ที่กล่าวว่า การถ่ายโยงความรู้มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน นักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนในห้องเรียนไปใช้ในในสถานการณ์จริงได้นั้น นักเรียนต้องใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วขยายหรือถ่ายโยงไปแก้ปัญหาที่นักเรียนประสบอยู่ และครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้มีการฝึกฝน

2. ความสามารถในการคิดสังเคราะห์

จากผลการวิจัย สรุปว่า หลังเรียน นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA มีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีระดับความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 การที่นักเรียนมีความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่สามารถอภิปรายได้ดังนี้

1) นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หรือข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลอง มาจัดรวบรวม ประมวลผลแล้วเขียนออกมาเป็นข้อความมโนทัศน์ ในบทบาทของนักเรียนคือการสังเคราะห์ข้อมูล (Synthesizing) ซึ่งอยู่ใน ขั้นการจัดโครงสร้างความรู้ (Structuring) ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนได้นำเสนอผลการสังเคราะห์ข้อมูลออกมาในลักษณะบทความ เขียนบันทึกการเรียนเรียนรู้ เขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ในกิจกรรม KWL และ POE ทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดสังเคราะห์ด้านการสังเคราะห์ข้อความ สอดคล้องกับ Bloom (1956) ที่กล่าวว่า การสังเคราะห์ข้อความ คือการนำความคิด ความรู้สึก และประสบการณ์ มาจัดรวบรวมแล้วนำเสนอออกมาในรูปแบบของการเขียนต่างๆ เช่น การเขียนข้อความ การเขียนบทความ

2) นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดสังเคราะห์ด้านการสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการเพื่อสืบค้นข้อมูล โดยการวางแผนการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ทำการศึกษา และออกแบบการทดลองอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและครบถ้วนสมบูรณ์ ในบทบาทนักเรียนคือการสำรวจและค้นหาคำตอบ (Exploring) ซึ่งอยู่ในขั้นการสร้างความสนใจ (Immersion) ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA สอดคล้องกับ Bloom (1956) ที่กล่าวว่า การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการเป็นความสามารถในการวางแผนหรือแผนปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

3) นักเรียนมีการนำปัจจัย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่สนใจ มาประมวลเรียบเรียงและสังเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้นเพื่อสร้างสมมติฐานของการทดลอง ในบทบาทนักเรียนคือการสำรวจและค้นหาคำตอบ (Exploring) ซึ่งอยู่ในขั้นการสร้างความสนใจ (Immersion) ของรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ซึ่งเป็นขั้นที่

นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองโดยใช้ข้อมูลหลากหลายที่ได้จากการสืบค้น ในขั้นตอนนี้ส่งผลให้นักเรียนได้สังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม สอดคล้องกับทิศนา แขมมณี (2549: 8) ที่กล่าวว่าบุคคลที่มีทักษะการคิดสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม คือบุคคลที่สามารถนำข้อมูล หรือปรากฏการณ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันเพื่อนำไปใช้ในการจัดจำแนก หรือนำมาอธิบาย หรือการสร้างข้อสรุปโดยนำข้อมูลหรือสัญลักษณ์ต่างๆ มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA สามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนได้ จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้**

    1.1 จากการวิจัย พบว่าการที่นักเรียนได้ฝึกฝน ในขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Applying) นั้นส่งผลต่อการพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียน ดังนั้น ในการนำผลการวิจัยไปใช้ครูจึงควรเตรียมกิจกรรมการเรียนการสอน ที่เน้นให้นักเรียนฝึกความแม่นยำ

    1.2 ครูควรฝึกฝนนักเรียนให้มีมโนทัศน์ที่มีความถูกต้อง ชัดเจน และแม่นยำ โดยการนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับสิ่งที่นักเรียนได้พบในชีวิตประจำวัน เพื่อฝึกให้นักเรียนแก้ไขปัญหา

2. **ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป**

    2.1 ควรนำรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA ไปใช้ในการพัฒนามโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม สามารถเข้าใจได้ยาก เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การแพร่และการออสโมซิส เห็นได้จากผลการวิจัยที่นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง การแพร่และการออสโมซิส อยู่ในระดับต่ำ

    2.2 ควรศึกษาผลของจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และการคิดแก้ปัญหา เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนนี้เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหาของนักเรียนด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ศึกษาธิการ, กระทรวง. 2551. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ 2546. การคิดเชิงสังเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : ซัคเซสมีเดีย.

กชกร รุ่งหัวไผ่ .2547. ผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนที่มีต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ 2 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

กมลทิพย์ ต่อติด .2544. ผลของการฝึกกระบวนการสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แจ็ก แฮสซาร์ด. 2550.Science as Inquiry วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุคส์พับลิเคชันส์.

ชาติ แจ่มนุช. สอนอย่างไรให้คิดเป็น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เลี่ยงเซียง, 2547.

ทิศนา แขมมณี. ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2545.

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

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

พงษ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ. 2546. การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู.วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สังคม) 24:1133-144

ไพจิตร สดวกการ. 2543. เรียนผูกเรียนแก้: ภูมิปัญญาไทยที่สอดรับกับทฤษฎีรังสรรคนิยม. กรุงเทพมหานคร : ปฏิรูปการศึกษา.

สิรินภา กิจเกื้อกูล และนฤมล ยุตาคม. 2547. การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์. 25(2): 139-149.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2550. รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (Online). Available from:http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html (2011, Sep 20)

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2546. การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, สถาบัน. 2553. ค่าสถิติพื้นฐานผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (online). Available from: http://www.niets.or.th/newmenu.php?bid=11 (2011, Sep 20)

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. รายงานการสัมมนา เรื่อง นโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มงานพัฒนานโยบายวิทยาศาสตร์ศึกษา.

สำเร็จ สระขาว. 2531. การศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการแพร่และการออสโมซิสของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในอำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ภาควิชาการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวัฒก์ นิยมค้า. 2532. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คส์เซนเตอร์.

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

อุษา นาคทอง. 2550. แนวคิดเรื่องเซลล์ และกระบวนการของเซลล์ของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์. 28(1): 1-10.

ภาษาอังกฤษ

Aldrige, B. G. 1992a. Essential changes in secondary science: Scope, sequence, and coordination. Washington, DC: National Science Teachers Association.

Aldrige, B. G. 1992b. Project on scope, sequence, and coordination: A new synthesis for improving science education. Washington, DC: National Science Teachers Association.

American Association for the Advancement of Science. 1990. Project 2061: Science for all American. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. 1993. Project 2061: Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press.

Angelo, T.A. and Cross, K.P.1993 A Handbook of Classroom Assessment Techniques for College Teachers. San Francisco : Jossey-Bass

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

Atagi, R. 2002. The Thailand Educational Reform Project: School Reform Policy (Online). Available from: http://www.worldedreform.com/pub/fulltext2.pdf (2010, August 31)

Barak, J., M. Gorodetsky, and D. Chipman. 1997. Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions. International Journal of Science Education. 19: 21-30.

Bloom, B. S. 1956. Taxonomy of educational objectives Handbook I: Cognitive. New York : Jossey-Bass

BSCS. 2008. Engaging Elementary Learners in Inquiry (Online). Available from: http:// www.bscs.org/pdf/NSTA%20Boston%2008/BSCS%20Elementary%20Inquiry.pdf (2010, August 31)

Bybee, R. W. 1997. Achieving scientific literacy: From purposes to practices. Portsmouth, NH: Heine mann.

Bybee W. 2006. The BSCS 5E instructional Model: Origin, Effectiveness, and Application (Online). Available from: http://www.bscs.org. (2010, August 31)

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

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

Carter, G. and M.G. Jones. 1994. Verbal and nonverbal behavior of ability-grouped dyads. Journal of Research in Science Teaching 31: 603-619.

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

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

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

Driver, R., et al. 1994. Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher 23(7): 5-12.

Flannery, M. C. 1999. At Home in A Cell. The American Biology Teacher 61: 64-68.

Flores, F., E. M. Tovar and L. Gallegos. 2003. Representation of the Cell and Its Processes in High School Students: An Integrated Viewe. International Journal of Science Education 25: 269-286.

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

Hogan, K. & Berkowitz, A.R. 2000. Teachers as inquiry learners. Journal of Science Teacher Education 11(1): 1-25.

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

Jessica Fries-Gaither. 2009. Common Misconceptions about Plants. (online) Available from http://beyondpenguins.nsdl.org/issue/column.phdate=March2009depart=professional&columnid=professional!. (2010, March 8)

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

Jack Hassard. 2004.The Art of Teaching Science Inquiry and Innovation in Middle School and High School

John-Steiner, V. and H. Mahn. 1996. Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework. Educational Psychologist 31: 191-206.

Jones, M.G. and G. Carter. 1994. Relationship between ability-paired interactions and the development of fifth-grades' concepts of balance. Journal of Research in Science Teaching 31: 847-856.

Keys, C.W. & Kennedy, V. Understanding inquiry science teaching in context: A case study of an elementary teacher. Journal of Science Teacher Education 10 (1999): 315-333.

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

Kozulin, A. 2003. Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context. Cambridge, Cambridge University Press.

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

Lawson, A. E., Abraham, M. R., & Renner, J. W. (1989). A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. Monograph 1. Cincinnati, OH: NARST.

Lidz, C.,& Gindis, B., 2003. Vygotsky's educational theory in cultural context. Cambridge: Cambridge university press.

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

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

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

Mehrens,W.A. and Lehman, I.J. 1991. Measurement and evaluation in Education and Phychology.New York: Holt Rinchart and Winston, Inc.

Miller, J.D. 1996. Scientific literacy for effective citizenship.New York: State University of NewYork Press.

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

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

National Research Council. 1996. The national science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. 2000.National science education standards. Washington DC: National Academy Press.

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

Nitko, J. A. 2007. Educational Assessment of Students. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Merrill Prentice Hall.

Odom, A. 1995. Secondary &college biology students' misconceptions about diffusion and osmosis. The American Biology Teacher. 57(7): 409-415.

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.

Office of Educational Research and Improvement.1994. Regional Educational Laboratory Program. Washington, DC: Programs for the Improvement of Practice.

Organization for Economic Co-operation and Development. 2009. PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science. (online). Available from: http://www.oecd.org/dataoecd/11/ 40/44455820.pdf (2010, August 31)

Organization for Economic Co-operation and Development. (2009). PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science. (online). Available from: http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/ 44455820.pdf (2010, August 31)

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

Puntambekar, S. and R. Hübscher. 2005. Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What Have We Gained and What Have We Missed? Educational Psychologist 40(1): 1-12.

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

Sewell, Audrey. 2002. Cells and Atoms—Are They Related?. Australian Science Teacher's Journal, (48): 26-30

Shepardson, D. P. 1999. Learning science in a first grade science activity: A Vygotskian perspective. Science Education 83(5): 621-638.

Singer F. and Moscovici H. Teaching and learning cycles in a constructivist approach to instruction. Teaching and Teacher Education 24 (2008) : 1613-1634.

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

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

Vygotsky, L.S. 1978. Mind in Society.Cambridge, MA: Harvard University Press.

Wilder, M. and P. Shuttleworth. 2004. Cell inquiry: A 5E Learning Cycle lessone. Science Activities 41: 28-31.

Yager, R. E. 1996. History of science/technology/society as reform in the United States. New York: State University of New York Press.

Yanowitz, K. 2001. Using Analogies to Improve Elementary School Students' Inferential Reasoning about Scientific Concepts. School Science and Mathematics 101: 133-142.

.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิความถูกต้องของมโนทัศน์ และตรวจแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

1. ผศ. ดร.กัณทิมาณี ประเดิมวงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์จุฑารัตน์ มาลากร อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
3. อาจารย์นพมาศ สายเสน อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิต เชาวกิติพงศ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ดร.วิชัย เสวกงาม อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ	หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
3. อาจารย์ ดร.อุษา กองธรรม	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. **แบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช**
2. **แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์**

ตัวอย่างแบบวัดมโนทัศน์
เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

คำชี้ แจงในการทำแบบวัดมโนทัศน์

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 15 หน้า ประกอบด้วย

1.1 แบบวัดมโนทัศน์พื้นฐาน จำนวน 2 ข้อ (ข้อ 1-2) ข้อละ 5 คะแนน รวม 10 คะแนน

1.2 แบบวัดมโนทัศน์หลัก จำนวน 20 ข้อ (ข้อ 3-22) ข้อละ 5 คะแนน รวม 100 คะแนน

2. เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการสอบ 120 นาที

3. แบบวัดฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 <u>ข้อสอบแบบปรนัย</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ตรงคำตอบที่เลือก และเขียนอธิบายเหตุผล ในการตอบให้ชัดเจนลงในข้อสอบ

<u>ตัวอย่างการทำแบบวัด</u>

<u>EX</u>) จากภาพที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ข้อใดคือ <u>ผลไม้</u>

a) ☑ ผลไม้ ☐ ไม่ใช่ผลไม้

<u>เหตุผล</u> *(จากภาพ จัดเป็นผลไม้ เพราะเป็นผลของพืชที่เจริญมาจากรังไข่ และสามารถรับประทานได้)*

b) ☐ ผลไม้ ☑ ไม่ใช่ผลไม้

<u>เหตุผล</u> (*จากภาพ ไม่จัดเป็นผลไม้ เพราะเป็นใบของพืชที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง*)

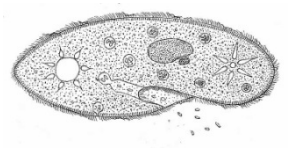
3.2 <u>ข้อสอบแบบอัตนัย</u> ให้นักเรียนตอบคำถามโดยเขียนอธิบายให้ชัดเจน และครอบคลุมข้อคำถาม

4. นักเรียนทำข้อสอบโดยใช้ปากกาสีน้ำเงิน เขียนด้วยตัวบรรจงอ่านง่าย และสะอาดเรียบร้อย

5. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ลบด้วยน้ำยาลบคำผิด แล้วแก้ไขคำตอบให้ถูกต้อง

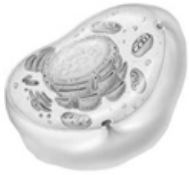
6. ให้นักเรียนส่งแบบวัดมโนทัศน์ คืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาตามที่กำหนด

1. จากภาพที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ข้อใดคือเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

1)  ☐ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ☐ ไม่ใช่เซลล์

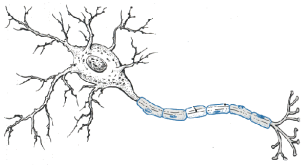
<u>เหตุผล</u> .....

.....

2)  ☐ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ☐ ไม่ใช่เซลล์

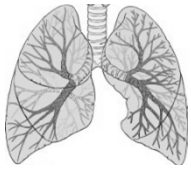
<u>เหตุผล</u> .....

.....

3)  ☐ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ☐ ไม่ใช่เซลล์

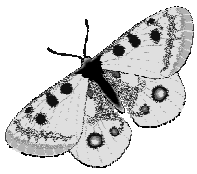
<u>เหตุผล</u> .....

.....

4)  ☐ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ☐ ไม่ใช่เซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

5)  ☐ เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ☐ ไม่ใช่เซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

2. จากตัวอย่างที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ข้อใดมีเซลล์เป็นส่วนประกอบ

1) เลือด ☐ มีเซลล์เป็นส่วนประกอบ ☐ ไม่มีเซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

2) น้ำลาย ☐ มีเซลล์เป็นส่วนประกอบ ☐ ไม่มีเซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

3) กระดูก ☐ มีเซลล์เป็นส่วนประกอบ ☐ ไม่มีเซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

4) เส้นผม ☐ มีเซลล์เป็นส่วนประกอบ ☐ ไม่มีเซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

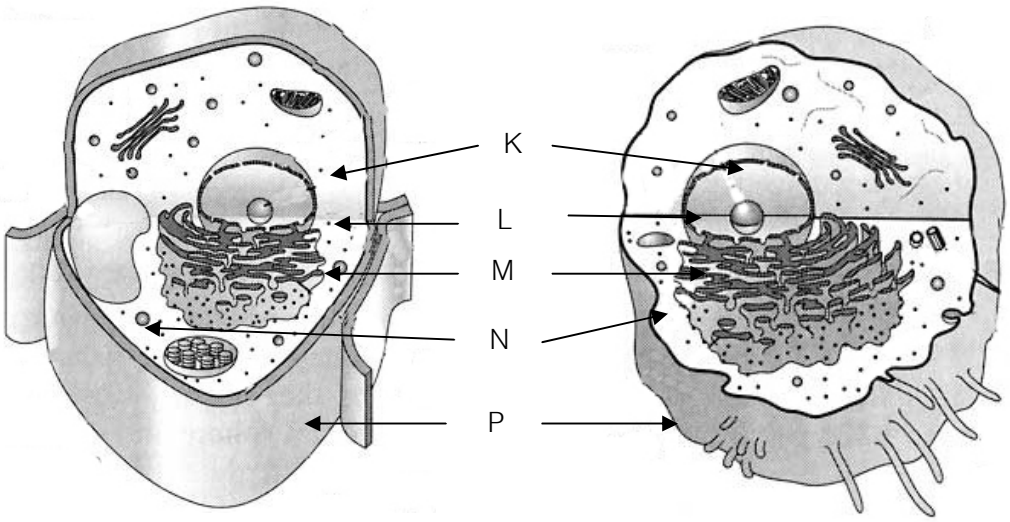
.....

5) ใบชบาด่าง ☐ มีเซลล์เป็นส่วนประกอบ ☐ ไม่มีเซลล์

<u>เหตุผล</u> .....

.....

☺ *ให้นักเรียนพิจารณาภาพต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 3 และ 4*



ภาพ A ภาพ B

3. จากภาพในหน้า 4 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 นักเรียนคิดว่าภาพ A และ ภาพ B คือภาพของเซลล์ชนิดใด

ภาพ A คือ……..

ภาพ B คือ……..

3.2 จากภาพที่กำหนดให้ ความแตกต่างระหว่างภาพ A และ B คืออะไรบ้าง ให้นักเรียนอธิบาย

……

……

……

……

……

3. จากภาพในหน้า 4 โครงสร้าง K, L, M และ P ที่ลูกศรชี้ คืออะไร และมีหน้าที่อะไร

K คือ ……

<u>หน้าที่</u> ……

……

L คือ ……

<u>หน้าที่</u> ……

……

M คือ ……

<u>หน้าที่</u> ……

……

N คือ ……

<u>หน้าที่</u> ……

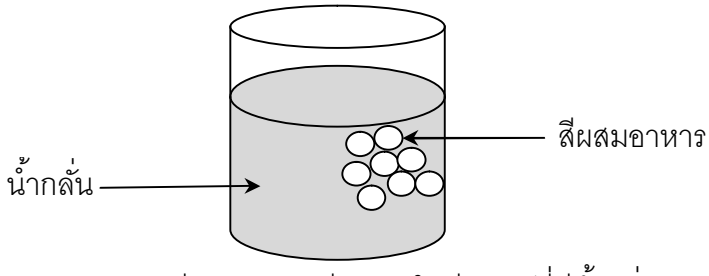
……

P คือ ……

<u>หน้าที่</u> ……

……

5. *ให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 5.1 - 5.3*



ภาพ การทดลองหยดสีผสมอาหารสีแดงลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่

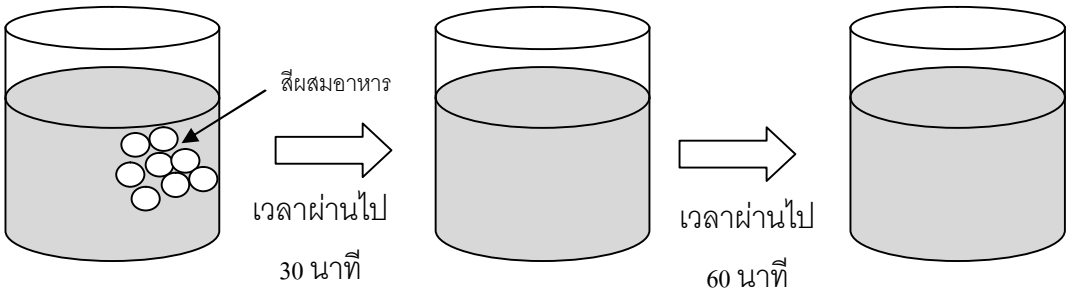
5.1 เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงหลังจากทำการทดลอง น้ำในบีกเกอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

……

……

……

5.2 สีผสมอาหารมีทิศทางการเคลื่อนที่ในบีกเกอร์อย่างไร ให้นักเรียนวาดภาพแสดงทิศทางการเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสีผสมอาหาร

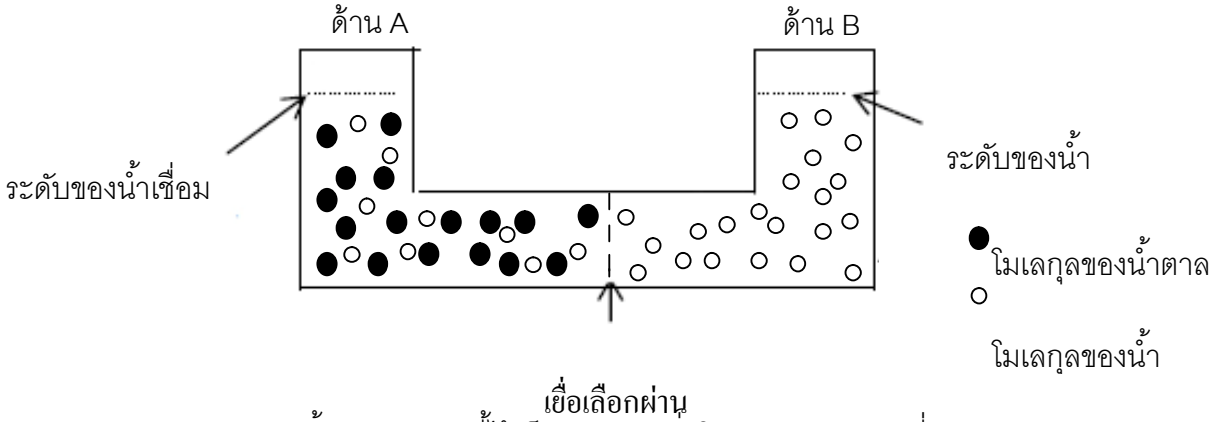


5.3 กระบวนการที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ เรียกว่าอะไร

……

……

6. ให้นักเรียนพิจารณาภาพการทดลองต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 6.1 - 6.3



6.1 หลังจากทิ้งการทดลองนี้ไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับของเหลวในด้าน A และ B อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

6.2 จากคำตอบในข้อ 6.1 สาเหตุที่ทำให้ระดับของเหลวทั้งสองด้านมีการเปลี่ยนแปลงเช่นนั้นเป็นเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

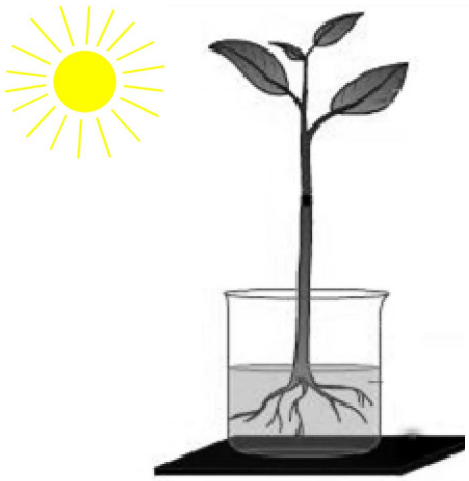
.....

6.3 กระบวนการที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้ เรียกว่าอะไร

.....

.....

7. *ให้นักเรียนใช้ภาพต่อไปนี้ ประกอบการตอบคำถามข้อ 7.1 – 7.3*



7.1 หลังจากทำการทดลองดังภาพเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต้นพืชนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

……

……

7.2 น้ำสีแดงมีลำดับการเคลื่อนที่จากส่วนใดไปส่วนใดของพืช

……

……

นำพืชชนิดหนึ่งที่มี<u>ลำต้นใส</u>จนสามารถ<u>มองเห็นภายในลำต้น</u> มาแช่ในน้ำสีแดง

7.3 พืชใช้โครงสร้างใดลำเลียงน้ำสีแดง โครงสร้างนั้นมีลักษณะอย่างไร และลำเลียงโดยวิธีการใด

โครงสร้างที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำสีแดง คือ ……

……

โครงสร้างดังกล่าว มีลักษณะ ……..

……

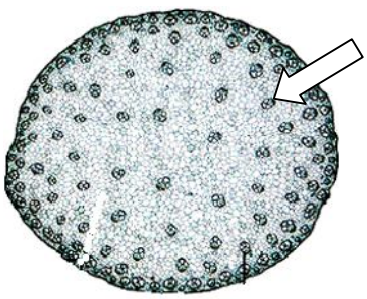
……

วิธีการที่พืชใช้ในการลำเลียงน้ำสีแดง คือ ……

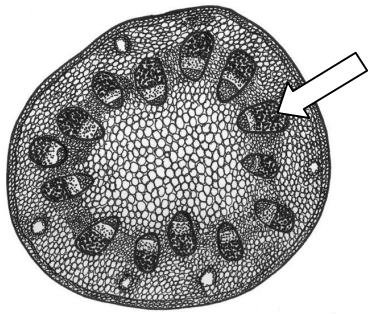
……

☺ *ให้นักเรียนใช้ภาพต่อไปนี้ ประกอบการตอบคำถามข้อ 8*

เมื่อนำลำต้นพืช 2 ชนิดมาตัดตามขวาง (cross section) และเตรียมสไลด์โดยการย้อมสี จากนั้น นำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบโครงสร้างที่ปรากฏดังภาพ A และ B



ภาพลำต้นพืช A



ภาพลำต้นพืช B

8. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 โครงสร้างที่ลูกศรชี้ภายในลำต้นพืช A และ B คืออะไร และโครงสร้างดังกล่าวทำหน้าที่อะไร

……

……

……

……

8.2 จากภาพที่กำหนดให้ ภาพ A และ B คือภาพตัดขวางของลำต้นพืชประเภทใด

ภาพ A คือภาพตัดขวางของลำต้นพืชประเภท……...……...

<u>เหตุผล</u> ……..……

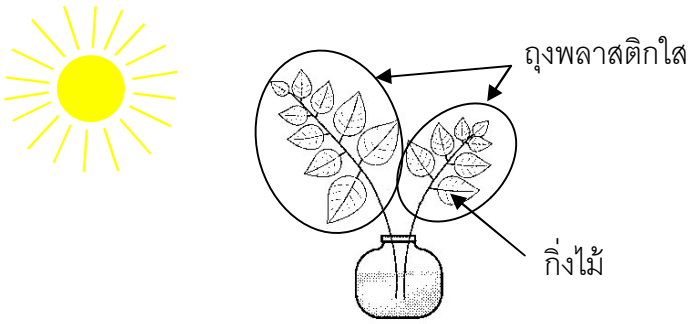
……..……

ภาพ B คือภาพตัดขวางของลำต้นพืชประเภท ……..……

<u>เหตุผล</u> ……..……

……

☺ *ให้นักเรียนใช้ภาพต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อ 9 และ 10*



นำถุงพลาสติกใสครอบกิ่งไม้ที่แช่อยู่ในขวดที่มีน้ำกลั่นบรรจุอยู่ แล้วปิดถุงให้สนิท

9. ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

9.1 ทำการทดลองดังภาพไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อเปิดถุง จะพบการเปลี่ยนแปลงภายในถุงพลาสติกอย่างไร

.....

.....

9.2 กระบวนการที่เกิดขึ้นเรียกว่าอะไร

.....

.....

9.3 กระบวนการที่เกิดขึ้นดังภาพมีความสำคัญต่อพืชอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายมาพอเข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

10. จากภาพในข้อ 9 ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อกระบวนการดังกล่าว เพราะเหตุใด

1) อุณหภูมิ ☐ มีผล ☐ ไม่มี

<u>เหตุผล</u> .....

.....

2) กระแสลม ☐ มีผล ☐ ไม่มี

<u>เหตุผล</u> .....

.....

3) ความเข้มของแสง ☐ มีผล ☐ ไม่มี

<u>เหตุผล</u>.....

.....

4) ปริมาณแร่ธาตุในดิน ☐ มีผล ☐ ไม่มี

<u>เหตุผล</u> .....

.....

5) ขนาดของลำต้น ☐ มีผล ☐ ไม่มี

<u>เหตุผล</u> .....

.....

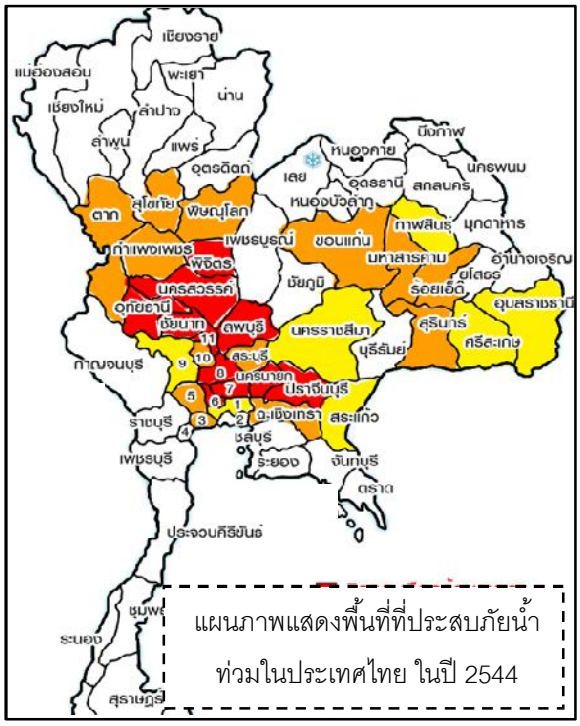
แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์ฉบับนี้เป็นแบบสอบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ
2. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งสิ้น 90 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล ห้องเรียน และเลขที่ ให้ชัดเจน
4. เมื่อหมดเวลาการสอบ ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบให้กรรมการคุมสอบ

---

1. สมมติว่านักเรียนเป็นนักเขียนของวารสารประจำโรงเรียน ให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ต่อไปนี้ มาเรียบเรียงเป็นบทความเกี่ยวกับวิกฤตน้ำท่วมในประเทศไทย พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลกระทบจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่นักเรียนทราบ



แผนภาพแสดงพื้นที่ที่ประสบภัยน้ำท่วมในประเทศไทย ในปี 2544

ชาวบ้านอพยพออกจากแหล่งที่อยู่อาศัย

น้ำท่วมนาข้าวที่กำลังออกรวง เสียหายหลายพันไร่

ชายชราถูกส่งตัวเข้าศูนย์ช่วยเหลือผู้ประสบภัยด้วยอาการท้องร่วงเฉียบพลัน เนื่องจากน้ำที่ใช้บริโภคปนเปื้อนสิ่งสกปรกจากเหตุการณ์น้ำท่วม

ถังบรรจุสารเคมีอันตรายลอยอยู่ในบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมที่ถูกน้ำท่วม

ผู้โดยสารบนรถประจำทางมองไปที่เรือที่ลอยอยู่บนถนนที่ถูกน้ำท่วม ในเขตบางแค กรุงเทพมหานคร

กองขยะลอยน้ำอยู่บริเวณหน้าโรงพยาบาลที่ถูกน้ำท่วม นอกจากนี้ มีนิคมโรงงานอุตสาหกรรมกว่าพันแห่ง และโรงเรียนหลายโรงเรียนต้องหยุดการเรียนการสอน

2. <u>สถานการณ์</u> จากภาวะท่วมทำให้น้ำไหลเข้าท่วมในอำเภอที่นักเรียนอาศัยอยู่ และกำลังจะไหลทะลักเข้าโรงเรียนของนักเรียนภายในเวลา 7 วัน ทางโรงเรียนจึงต้องการกระสอบทรายจำนวนมากเพื่อนำมาสร้างคันกั้นน้ำ สมมติว่า นักเรียนเป็นประธานนักเรียนซึ่งได้รับมอบหมายจากผู้อำนวยการโรงเรียนให้ช่วยดำเนินการจัดเตรียมกระสอบทราย นักเรียนจะวางแผนการทำงานอย่างไร เพื่อให้ได้ถุงทรายจำนวนมากและเสร็จทันเวลาก่อนที่น้ำจะไหลเข้าท่วมโรงเรียน ให้นักเรียนเขียนแผนการดำเนินงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนให้ชัดเจน โดยคำนึงถึงการเตรียมสิ่งต่าง ๆ ที่จำเป็น เช่น กระสอบ ทราย สถานที่ และวิธีการจัดหาผู้ที่จะมาช่วยงานเพื่อให้ได้กระสอบทรายมาสร้างคันกั้นน้ำเสร็จภายใน 7 วันก่อนที่น้ำจะไหลมาถึงโรงเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

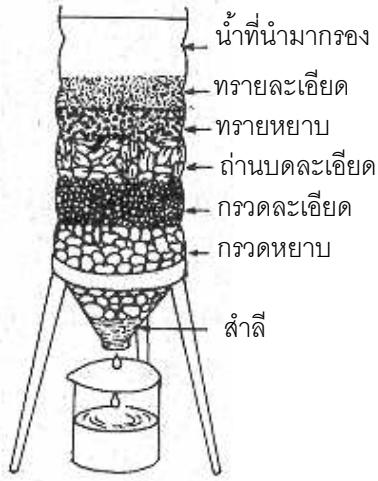
.....

.....

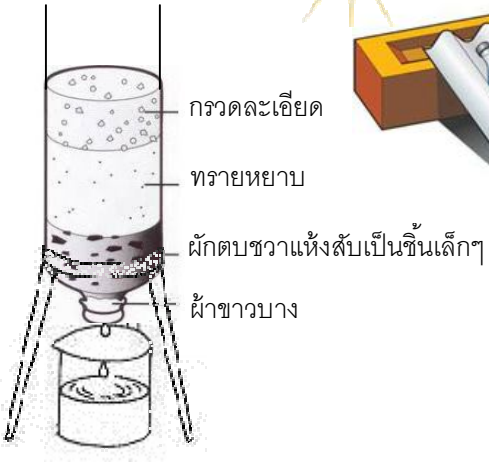
.....

3. <u>สถานการณ์</u> สมมติว่า ถ้านักเรียนเป็นผู้ประสบภัยน้ำท่วมคนหนึ่ง และกำลังประสบปัญหาขาดแคลนน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค นักเรียนจึงคิดจะสร้างเครื่องกรองน้ำอย่างง่ายไว้ใช้เอง เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียเงินไปซื้อเครื่องกรองน้ำซึ่งมีราคาแพง เมื่อทำการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการเครื่องกรองน้ำชนิดต่างๆ รวมทั้งคุณสมบัติของเครื่องกรองน้ำแต่ละชนิด ได้ข้อมูลดังนี้

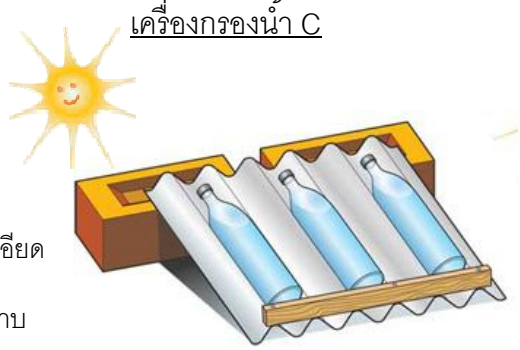
<u>เครื่องกรองน้ำ A</u>



<u>เครื่องกรองน้ำ B</u>



<u>เครื่องกรองน้ำ C</u>



ตารางแสดงประสิทธิภาพของวิธีการทำน้ำให้สะอาดด้วยเครื่องกรองน้ำชนิด A B และ C

เครื่องกรองน้ำ	**ประสิทธิภาพ**
A	ได้น้ำใสไม่มีสี แต่ยังมีกลิ่นเหม็น มีเชื้อจุลินทรีย์ขนาดเล็กในน้ำ อัตราการกรองน้ำ 3 ลิตรต่อชั่วโมง
B	ได้น้ำมีสีเหลืองอ่อน ขุ่น ไม่มีกลิ่นเหม็น ปราศจากโลหะหนัก แต่ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ขนาดเล็กในน้ำ อัตราการกรองน้ำ 5 ลิตรต่อชั่วโมง
C	น้ำที่ผ่านการตากแดดตามวิธี C เป็นเวลา 1 วัน จะทำให้น้ำปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ขนาดเล็กในน้ำ แต่ไม่สามารถทำให้น้ำที่ขุ่น ใสขึ้นได้

<u>คำถาม</u>

3.1 ให้นักเรียนอธิบายว่าเครื่องกรองน้ำแต่ละประเภท มีประสิทธิภาพที่เป็นจุดเด่นของเครื่องกรองน้ำชนิดนั้นๆ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.2 ให้นักเรียนใช้ข้อมูลข้างต้นมาออกแบบเครื่องกรองน้ำอย่างง่ายสำหรับใช้ในครัวเรือน โดยให้วาดภาพ อธิบายส่วนประกอบรวมทั้งประสิทธิภาพของเครื่องกรองน้ำของนักเรียนให้ชัดเจน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA
2. แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน IMSTRA

วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เรื่อง การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช เวลา 3 คาบ (150 นาที)

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและอธิบายกลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช
2. สังเกตและอธิบายโครงสร้างที่เกี่ยวกับระบบลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสำคัญของการลำเลียงอาหาร น้ำและแร่ธาตุในพืชได้
2. ระบุกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงอาหาร น้ำและแร่ธาตุในพืชได้
3. ระบุโครงสร้างภายในของพืชที่ใช้ในการลำเลียงอาหาร น้ำ และแร่ธาตุได้
4. บอกความแตกต่างของการจัดเรียงของมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่
5. ระบุทิศทางการลำเลียงอาหาร และการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้

สาระสำคัญ

พืชลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร ได้แก่ น้ำตาลและแป้ง ไปสู่ส่วนต่างๆของพืช โดยใช้เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร พืชต้องการน้ำและอาหารเพื่อใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิต เช่นการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ

เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารเป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่คู่ขนานกันเป็นท่อลำเลียงจากราก ลำต้นถึงใบ ซึ่งการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จะแตกต่างกัน เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากรากสู่ใบ ส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบสู่ส่วนต่างๆของพืช

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นการสร้างความสนใจ** (immersion) 100 **นาที**

1.1 ครูนำต้นกระสังที่มีรากและบางส่วนของลำต้นกำลังแช่ในน้ำสีในแก้วพลาสติกมาแสดงให้นักเรียนดู แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนสังเกตเห็นอะไรจากต้นกระสังนี้บ้าง *(ราก ลำต้น และใบของต้นกระสังมีสีแดงเหมือนกับน้ำสีในแก้วพลาสติก)*

2) ทำไมราก ลำต้น และใบของกระสังมีสีเหมือนกับสีของน้ำสีในแก้วพลาสติก *(ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการลำเลียงของพืช)*

1.2 ครูให้นักเรียนบันทึกสิ่งที่รู้แล้วและสิ่งที่ต้องการรู้เกี่ยวกับการลำเลียงของพืชในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง กิจกรรม KWL เกี่ยวกับการลำเลียงในพืช (ทำเฉพาะช่อง K และ W)

1.3 นักเรียนและครู ร่วมกันอภิปรายเพื่อรวบรวมคำถามที่แต่ละกลุ่มอยากรู้ จัดกลุ่มและเลือกคำถามที่จะศึกษา *(ตัวอย่างคำถามที่ควรเลือกนำมาศึกษาคือ โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชแต่ละชนิดมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่อย่างไร โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชสามารถลำเลียงอะไรได้บ้าง การลำเลียงในโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชมีทิศทางอย่างไร)*

1.4 ครูใช้คำถาม “หากนักเรียนต้องการตอบคำถามที่นักเรียนต้องการศึกษาในวันนี้ นักเรียนจะทำอย่างไรได้บ้าง” *(สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หรือทำการทดลอง)*

1.5 ครูแจกเอกสารความรู้ เรื่อง “วิธีการเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในลำต้นพืช” และสาธิตวิธีการใช้ใบมีดโกนตัดตามยาว และตามขวางของลำต้นพืช เพื่อใช้ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

1.6 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 2 เรื่อง มาทำการทดลองกัน ให้กับนักเรียน แล้วให้นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อช่วยกันออกแบบการทดลอง และออกแบบการบันทึกผลการทดลอง

1.7 นักเรียนแต่ละกลุ่ม เขียนผลการออกแบบการทดลอง และการออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองโดยใช้ปากกาหัวสักหลาดลงในกระดาษปรู๊ฟที่ครูแจกให้ แล้วนำไปติดไว้ในบริเวณที่กำหนด

1.8 นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินชมผลการทำกิจกรรมของกลุ่มอื่นๆ (gallery walk) แล้วแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน โดยมีครูให้คำแนะนำ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากกลุ่มอื่นๆ และจากคำแนะนำของครูมาปรับปรุงการออกแบบการทดลองของกลุ่มตนเอง

1.9 นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 ตามแนวทางที่แต่ละกลุ่มได้วางแผนและปรับปรุงแก้ไขแล้ว สังเกต บันทึกผลการทดลอง และอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นลงในเอกสารกิจกรรม

ขั้นการจัดโครงสร้างความรู้ (structuring) 30 **นาที**

2.1 ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่ม นำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน และร่วมกันอภิปรายในประเด็นต่อไปนี้

1) ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่ อย่างไร
2) ผลการทดลองของกลุ่มใดบ้างที่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และกลุ่มใดบ้างที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน
3) เพราะเหตุใดผลการทดลองจึงไม่เป็นไปตามสมมติฐาน (ไม่สอดคล้องกับสมมติฐาน)
4) ขั้นตอนการทดลองใดที่ทำให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน หรือมีความคลาดเคลื่อน และควรจะปรับปรุงอย่างไร
5) วิธีการเก็บข้อมูลเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร ถ้าไม่เหมาะสมจะปรับปรุงอย่างไร

2.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้เป็นแนวทาง

1) ถั่วเขียวและข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากแช่ในน้ำสี เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร *(เหมือนกันคือ ราก ลำต้น และใบจะมีสีเดียวกับสีของน้ำสี)*
2) ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาว ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร *(ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาวมีกลุ่มของเซลล์ที่ลักษณะเป็นท่อยาวและมีสีเช่นเดียวกับสีของน้ำสี)*
3) ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามขวาง ซึ่งสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียง เหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร *(ลำต้นถั่วเขียวมีกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นวงซึ่งมีสีเช่นเดียวกับสีของน้ำสี และมีการ*

เรียงตัวของกลุ่มเซลล์ที่ติดสีตามแนวรัศมีรอบลำต้น ส่วนลำต้นข้าวโพดมีกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นวงซึ่งมีสีเช่นเดียวกับน้ำสี และมีการเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ที่ติดสีกระจายทั่วลำต้น)

4) นอกจากลำต้นแล้ว โครงสร้างอื่นๆของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ได้ หรือไม่อย่างไร *(ได้ เช่น ราก และใบของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ และธาตุอาหาร เนื่องจากสามารถสังเกตเห็นสีของน้ำสีในส่วนรากและใบของถั่วเขียวและข้าวโพด)*

5) น้ำ แร่ธาตุและสารอาหาร สามารถลำเลียงไปในเนื้อเยื่อลำเลียงได้โดยวิธีการใด *(การแพร่และออสโมซิส)*

2.3 ครูแสดงแครอทและเผือกให้นักเรียนดู แล้วแจกเอกสารกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เรื่องน่าสงสัยเกี่ยวกับแครอทและเผือก แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

1) แครอทและเผือกสร้างอาหารและเก็บสะสมอาหารที่ใด *(สร้างอาหารจากที่ใบแล้วลำเลียงอาหารมาเก็บสะสมไว้ที่รากหรือลำต้น)*

2) แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารและลำเลียงไปที่ยอดอ่อน (ซึ่งสร้างอาหารได้น้อย) ได้หรือไม่อย่างไร *(ได้ แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารจากที่ใบ แล้วลำเลียงไปให้ยอดอ่อนได้)*

3) พืชมีทิศทางลำเลียงอาหารอย่างไร *(การลำเลียงอาหารของพืชมีทิศทางทั้งขึ้นและลงจากแหล่งที่สร้างอาหาร เช่นลำเลียงขึ้นไปยังยอดอ่อนซึ่งสร้างอาหารได้น้อย หรือลำเลียงลงไปยังรากหรือลำต้นซึ่งสร้างอาหารไม่ได้)*

2.4 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 4 ให้กับนักเรียน แล้วให้นักเรียนในกลุ่มระดมความคิด (group discussion) เพื่อทำเอกสารกิจกรรม เรื่องการเปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร และจำแนกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่โดยใช้การจัดเรียงตัวของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นเกณฑ์

2.5 ครูใช้คำถาม “วันนี้นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช” ให้นักเรียนบันทึกคำตอบลงในเอกสารกิจกรรมที่ 1 ในช่องสุดท้าย คือ ช่องสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม (L)

3. ขั้นการประยุกต์ความรู้ไปใช้ (applying) 20 นาที

3.1 นักเรียนสร้างแบบจำลองโครงสร้างของเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย เช่น ดินน้ำมัน หลอดกาแฟ ลูกปัด ไหมพรม เชือกฟาง เป็นต้น

3.2 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 5 เรื่อง มหัศจรรย์ดอกไม้สีรุ้ง แล้วแสดงตัวอย่างดอกไม้สีขาว (เช่นกุหลาบ คาร์เนชัน เบญจมาศ) ที่กลีบดอกมีหลายสีภายในดอกเดียวกัน (ครูเตรียมไว้ล่วงหน้าโดยผ่าก้านดอกออกเป็น 2-3 แฉก นำแต่ละปลายจุ่มในน้ำสีแตกต่างกัน เช่น สีแดง สีส้ม สีฟ้า ทิ้งไว้ล่วงหน้าเป็นเวลา 1 คืน) แล้วให้นักเรียนคิดเดี่ยว คิดคู่ และช่วยกันคิด (think-pair-share) แล้วตอบคำถามลงในเอกสารกิจกรรมในประเด็นคำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนสังเกตอะไรจากดอกไม้เหล่านี้บ้าง *(ดอกไม้แต่ละดอกมีกลีบหลายสี)*

2) หากนักเรียนต้องการทำดอกไม้สีรุ้งเช่นเดียวกับที่ครูนำมาแสดง นักเรียนคิดว่าควรจะทำอย่างไร *(นำก้านดอกไม้มาผ่าตามยาวเป็นแฉกๆ ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วนำแต่ละปลายแช่ในน้ำสีที่ต้องการ)*

3) ดอกไม้สีรุ้งมีประโยชน์อย่างไร *(ทำให้ได้ดอกไม้ที่มีสีสันหลากหลาย สร้างความสวยงาม และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับดอกไม้ สามารถทำให้เกษตรกรที่ปลูกดอกไม้หรือร้านขายดอกไม้มีรายได้เพิ่มขึ้น)*

สื่อการเรียนรู้

วัสดุ อุปกรณ์

1. กระดาษปรู๊ฟ
2. ปากกาหัวสักหลาดสีต่างๆ
3. กระดาษกาว
4. กล้องจุลทรรศน์
5. แผ่นกระจกสไลด์
6. กระจกปิดสไลด์
7. หลอดหยด
8. มีดพับหรือใบมีดโกนมีด้าม
9. บีกเกอร์ขนาด
10. สีผสมอาหารสีแดง ส้ม ฟ้า เขียว
11. แท่งแก้วคนสาร
12. กระดาษเยื่อ
13. ต้นข้าวโพด
14. ต้นถั่วเขียว
15. แครอท
16. เผือก
17. ดอกไม้สีขาว

แหล่งเรียนรู้

1. เอกสารกิจกรรมที่ 1 กิจกรรม KWL เกี่ยวกับการลำเลียงในพืช
2. เอกสารกิจกรรมที่ 2 หนูน้อยช่างสงสัย
3. เอกสารกิจกรรมที่ 3 มาทำการทดลองกัน
4. เอกสารกิจกรรมที่ 4 ความแตกต่างของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร
5. เอกสารกิจกรรมที่ 5 มหัศจรรย์ดอกไม้สีรุ้ง

การประเมินการเรียนรู้

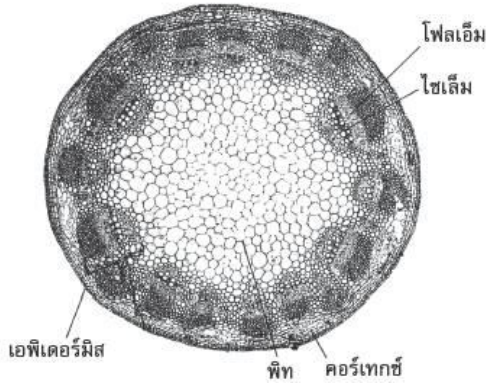
1. ประเมินมโนทัศน์เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช จากการตอบคำถาม และจากการทำเอกสารกิจกรรม
2. ประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จากการสังเกตการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม การแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการตอบคำถาม
3. ประเมินทักษะการสังเกต บันทึก นำเสนอ และอภิปราย เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช จากการสังเกต และการบันทึกข้อมูลในเอกสารกิจกรรม

สาระ เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

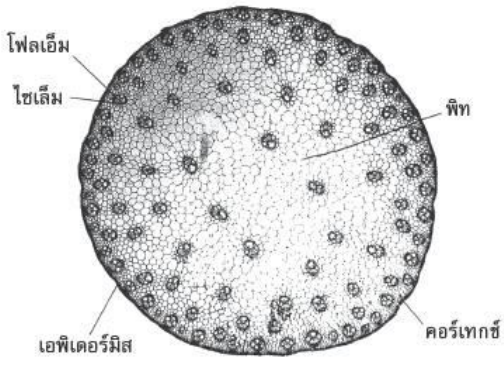
พืชลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร ได้แก่ น้ำตาลและแป้ง ไปสู่ส่วนต่างๆของพืช โดยใช้เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร พืชต้องการน้ำและอาหารเพื่อใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิต เช่นการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ

เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (xylem) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำจากรากสู่ใบ ส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร (phloem) ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบสู่ส่วนต่างๆของพืช เนื้อเยื่อลำเลียงในพืช พบทั้งในราก ลำต้น กิ่งและใบ

เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร เป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่คู่ขนานกันเป็นท่อลำเลียงจากราก ลำต้นถึงใบ ทิศทางในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำคือจากรากไปสู่ยอด ส่วนในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารมีทิศทางลำเลียงจากแหล่งสร้างอาหารไปยังรากหรือยอดก็ได้การจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่แตกต่างกัน พืชใบเลี้ยงคู่มีการเรียงตัวของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงตามแนวรัศมีรอบลำต้น ส่วนพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีการเรียงตัวของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงกระจายทั่วลำต้น



พืชใบเลี้ยงคู่

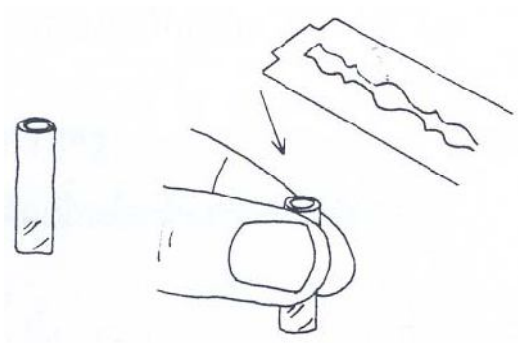


พืชใบเลี้ยงเดี่ยว

ในการศึกษาเนื้อเยื่อลำเลียง นิยมใช้ลำต้นพืชที่มีลักษณะใส เช่น ต้นเทียน ต้นกระสัง ต้นข้าวโพด ต้นถั่วเขียว มาแช่ไว้ในน้ำสีล่วงหน้า 1 คืน แล้วนำมาสังเกตลำต้นของพืช และนำต้นพืชดังกล่าวมาทำการตัดตามขวาง (cross section) เพื่อเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อพืชศึกษาเนื้อเยื่อลำเลียง

วิธีการตัดตามขวางลำต้นพืช

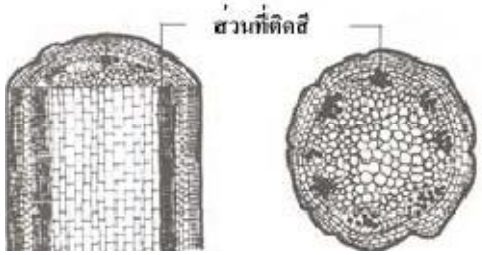
1. ตัดลำต้นพืชที่แช่ในน้ำสีมา 1 ท่อนความยาวประมาณ 5 ซม.
2. ใช้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือข้างซ้ายจับตอนบนสุดของชิ้นส่วนลำต้นที่จะตัดโดยให้หน้าตัดของชิ้นส่วนนั้นขนานกับพื้น ส่วนนิ้วอื่นๆ ใช้บังคับชิ้นส่วนให้อยู่ภายในอุ้งมือ จากนั้นใช้นิ้วมือและนิ้วหัวแม่มือข้างขวาจับใบมีดโกนโดยให้ด้านข้างของนิ้วชี้รองรับใบมีด นิ้วหัวแม่มือกดใบมีดให้แนบกับหน้าตัดของชิ้นส่วนพืชที่จะตัดหรือขนานกับพื้น



ภาพแสดงการตัดขวางลำต้นพืช

3. ตัดชิ้นของลำต้นให้ได้แผ่นบางที่สุดโดยเลื่อนคมมีดเข้าหาตัว ด้านข้างของปลายนิ้วชี้ข้างซ้ายจะช่วยบังคับความหนาของชิ้นส่วนที่ถูกตัดได้
4. นำแผ่นชิ้นส่วนที่บางและสมบูรณ์ไปวางบนหยดน้ำบนกระจกสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ซับน้ำที่กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง แล้วนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์

เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะสังเกตเห็นน้ำสีในลำต้นเป็นแนวต่อเนื่องกันจากส่วนล่าง (ราก) ไปสู่ส่วนบน (ยอด) สังเกตได้ชัดเจนบริเวณเส้นใบ และเมื่อตัดลำต้นตามแนวยาวจนถึงส่วนยอดของลำต้น จะเห็นเส้นสีเป็นเส้นยาวจากราก ลำต้นจนถึงส่วนยอด ขณะที่ตัดลำต้นตามขวางแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นสีติดเป็นจุด ๆ เรียงกันเป็นวง ดังภาพ



ก. ข

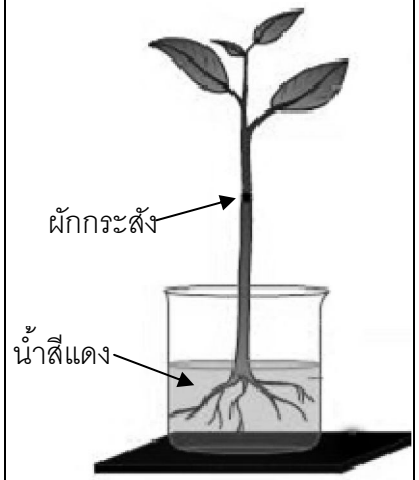
ภาพ แสดงลำต้นพืชใบเลี้ยงคู่ ก. ตัดตามยาว ข. ตัดตามขวาง

เอกสารกิจกรรมที่ 1

กิจกรรม KWL เกี่ยวกับ “การลำเลียงในพืช”

<u>คำชี้แจง</u> ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันบันทึกข้อมูลดังต่อไปนี้

1. สิ่งที่ทราบแล้วเกี่ยวกับภาพโครงสร้างภายในเซลล์ของ ลงในช่อง K (ก่อนเรียน)
2. คำถามในสิ่งที่ต้องการจะทราบลงในช่อง W (ก่อนเรียน)
3. สิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรม L (หลังเรียน)

แหล่งข้อมูล	ทราบอะไรเกี่ยวกับภาพนี้แล้วบ้าง (K)	อยากทราบอะไรเกี่ยวกับภาพนี้ (W)	ได้เรียนรู้อะไรบ้าง(L)
			

เอกสารกิจกรรมที่ 2

มาทำการทดลองกัน

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

☺ **<u>คำชี้แจง</u>** ให้นักเรียนทำกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. สมาชิกในกลุ่มช่วยกันกำหนดหน้าที่สมาชิกในกลุ่ม
2. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันกำหนดประเด็นที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการลำเลียงในพืช
3. สมาชิกร่วมกันวางแผนและค้นหาคำตอบตามประเด็นที่ตั้งไว้ โดยทำการออกแบบการทดลอง โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ ต่อไปนี้

กล้องจุลทรรศน์	แผ่นกระจกสไลด์	กระจกปิดสไลด์
หลอดหยด	มีดพับหรือใบมีดโกนมีด้าม	บีกเกอร์ 250 cm^3
น้ำกลั่น	สีผสมอาหาร	แท่งแก้วคนสาร
กระดาษเยื่อ	ต้นข้าวโพด	ต้นถั่วเขียว

4. บันทึกผลการทดลอง โดยจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่นำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้ในรูปแบบต่างๆ
5. นำเสนอผลการทำกิจกรรมโดยใช้ปากกาหัวสักหลาดเขียนลงในกระดาษปรู๊ฟที่ครูแจกให้

การทดลองเรื่อง การลำเลียงในพืช

กลุ่มที่ .....

รายชื่อสมาชิก

1.....เลขที่..... 4 .....เลขที่.....

2.....เลขที่..... 5 .....เลขที่.....

3.....เลขที่.....

☺ **ประเด็นที่ทำการศึกษา**

.....

.....

.....

.....

☺ **สมมติฐาน**

.....

.....

.....

☺ **แผนการดำเนินงาน**

ลำดับ	กิจกรรม	ผู้รับผิดชอบ

☺ **วิธีการทดลอง** (วาดภาพหรืออธิบายวิธีการทดลอง)

☺ **ผลการทดลอง**

☺ **คำถามหลังการทดลอง**

1. ถั่วเขียวและข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากแช่ในน้ำสี เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

   .....

   .....

2. ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาว ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร

   .....

   .....

   .....

3. ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามขวาง ซึ่งสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียง เหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร

   .....

   .....

   .....

4. นอกจากลำต้นแล้ว โครงสร้างอื่นๆของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ได้ หรือไม่อย่างไร

   .....

   .....

5. น้ำ แร่ธาตุ และสารอาหาร สามารถลำเลียงไปในเนื้อเยื่อลำเลียงได้โดยวิธีการใด

   .....

   .....

☺ สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

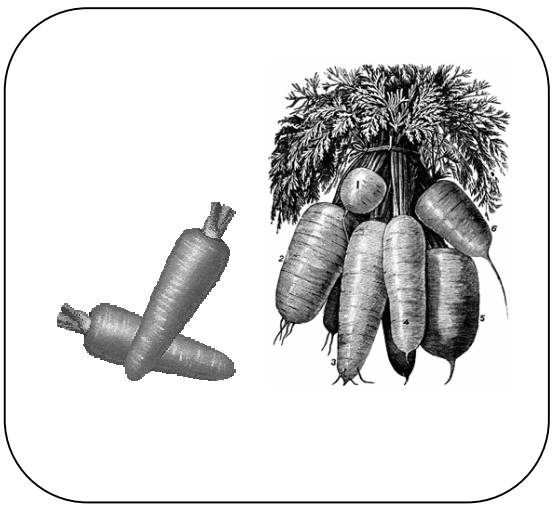
.....

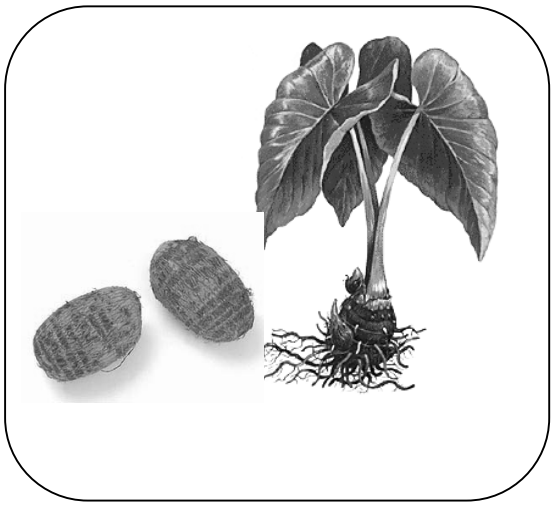
เอกสารกิจกรรมที่ 3

ทิศทางการลำเลียงในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนใช้ภาพต่อไปนี้ตอบคำถาม





1. แครอทและเผือกสร้างอาหารและเก็บสะสมอาหารที่ใด

   ……

   ……

2. แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารและลำเลียงไปที่ยอดอ่อน ซึ่งสร้างอาหารได้น้อยได้หรือไม่อย่างไร

   ……

   ……

   ……

   ……

3. พืชมีทิศทางลำเลียงอาหารอย่างไร

   ……

   ……

เอกสารกิจกรรมที่ 4

ความแตกต่างของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

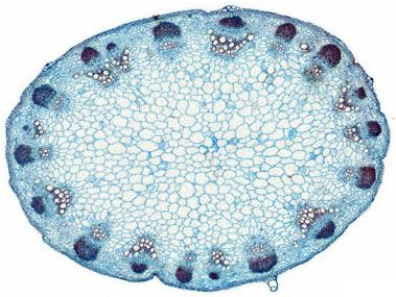
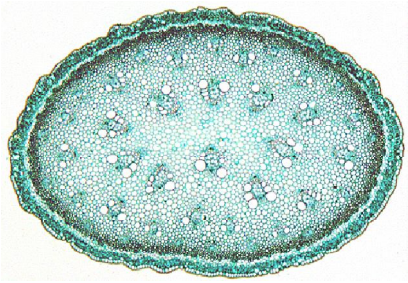
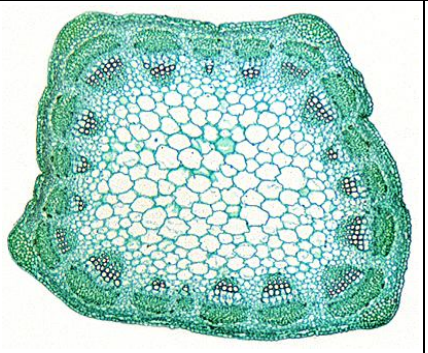
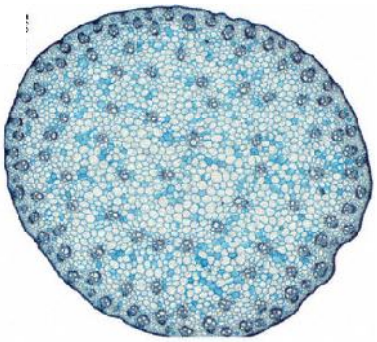
<u>ตอนที่</u> 1 เปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนบอกความแตกต่างของการจัดเรียงของมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว และพืชใบเลี้ยงคู่ ลงในตารางต่อไปนี้

สิ่งที่เปรียบเทียบ	พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	พืชใบเลี้ยงคู่
การจัดเรียงของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง		
ภาพการเรียงตัวของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง		

<u>ตอนที่ 2</u> การจำแนกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวใบเลี้ยงคู่

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนดูภาพตัดขวางลำต้นพืชต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามว่า ภาพดังกล่าว เป็นเนื้อเยื่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือพืชใบเลี้ยงคู่ พร้อมทั้งให้คำอธิบายประกอบ

ข้อ	ภาพ	ใบเลี้ยงเดี่ยว	ใบเลี้ยงคู่	เหตุผล
1				
2				
3				
4				

เอกสารกิจกรรมที่ 5

มหัศจรรย์ดอกไม้หลากสี

ชื่อ……..……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนสังเกตและศึกษาตัวอย่างดอกไม้สีรุ้งที่ครูนำมาแสดง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนสังเกตอะไรจากดอกไม้เหล่านี้บ้าง

……..……..…

……..……..…

……..……..……

……..……..……

……..……..……

2. หากนักเรียนต้องการทำดอกไม้สีรุ้งเช่นเดียวกับที่ครูนำมาแสดง นักเรียนจะสามารถทำได้อย่างไร ให้ออกแบบวิธีการทำ

……

……

……

……

……

……

2. ดอกไม้สีรุ้งมีประโยชน์อย่างไร

……

……

……

……

……

……

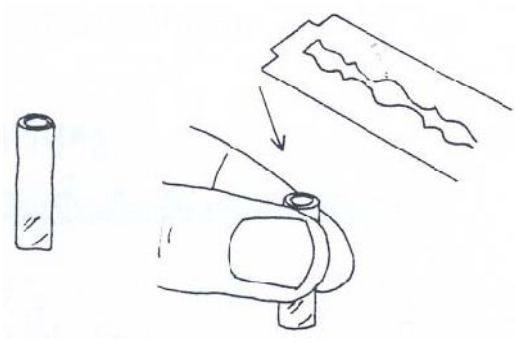
เอกสารความรู้

วิธีการตัดตามขวางลำต้นพืช

ในการศึกษาเนื้อเยื่อลำเลียง นิยมใช้ลำต้นพืชที่มีลักษณะใส เช่น ต้นเทียน ต้นกระสังต้นข้าวโพด ต้นถั่วเขียว มาแช่ไว้ในน้ำสีล่วงหน้า 1 คืน แล้วจึงนำต้นพืชดังกล่าวมาทำการตัดตามขวาง (cross section) เพื่อเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อพืชศึกษาเนื้อเยื่อลำเลียง

วิธีการตัดตามขวางลำต้นพืช

1. ตัดลำต้นพืชที่แช่ในน้ำสีมา 1 ท่อนความยาวประมาณ 5 ซม.
2. ใช้นิ้วชี้และนิ้วหัวแม่มือข้างซ้ายจับตอนบนสุดของชิ้นส่วนลำต้นที่จะตัดโดยให้หน้าตัดของชิ้นส่วนนั้นขนานกับพื้น ส่วนนิ้วอื่นๆ ใช้บังคับชิ้นส่วนให้อยู่ภายในอุ้งมือ จากนั้นใช้นิ้วมือและนิ้วหัวแม่มือข้างขวาจับใบมีดโกนโดยให้ด้านข้างของนิ้วชี้รองรับใบมีด นิ้วหัวแม่มือกดใบมีดให้แนบกับหน้าตัดของชิ้นส่วนพืชที่จะตัดหรือขนานกับพื้น



ภาพแสดงการตัดขวางลำต้นพืช

3. ตัดชิ้นของลำต้นให้ได้แผ่นบางที่สุดโดยเลื่อนคมมีดเข้าหาตัวเพียงครั้งเดียวให้ชิ้นของลำต้นขาด ด้านข้างของปลายนิ้วชี้ข้างซ้ายจะช่วยบังคับความหนาของชิ้นส่วนที่ถูกตัดได้ ควรตัดเนื้อเยื่อหลาย ๆ ชิ้น แล้ววางในจานเพาะเชื้อ (petri disc) ที่ใส่น้ำไว้
4. ใช้พู่กันเลือกชิ้นเนื้อเยื่อส่วนที่บางและสมบูรณ์ไปวางบนหยดน้ำบนกระจกสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ซับน้ำที่กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง แล้วนำไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ แผ่นชิ้นส่วนที่บางจะเห็นเนื้อเยื่อได้ชัดเจน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

เรื่อง การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช เวลา 3 คาบ (150 นาที)

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและอธิบายกลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช
2. สังเกตและอธิบายโครงสร้างที่เกี่ยวกับระบบลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายความสำคัญของการลำเลียงอาหาร น้ำและแร่ธาตุในพืชได้
2. ระบุกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงอาหาร น้ำและแร่ธาตุในพืชได้
3. ระบุโครงสร้างภายในของพืชที่ใช้ในการลำเลียงอาหาร น้ำ และแร่ธาตุได้
4. บอกความแตกต่างของการจัดเรียงของมัดท่อลำเลียงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่
5. ระบุทิศทางการลำเลียงอาหาร และการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้

สาระสำคัญ

พืชลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร ได้แก่ น้ำตาลและแป้ง ไปสู่ส่วนต่างๆของพืช โดยใช้เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร พืชต้องการน้ำและอาหารเพื่อใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิต เช่นการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ

เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารเป็นกลุ่มเซลล์ที่อยู่คู่ขนานกันเป็นท่อลำเลียงจากราก ลำต้นถึงใบ ซึ่งการจัดเรียงตัวของท่อลำเลียงในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จะแตกต่างกัน เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากรากสู่ใบ ส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร ทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบสู่ส่วนต่างๆของพืช

กิจกรรมการเรียนรู้

1. **ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (20 นาที)**

1.1 ครูใช้คำถามต่อไปนี้

1) การที่พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้จะต้องดำเนินกิจกรรมอะไรบ้าง *(การเจริญเติบโต การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ)*

2) พืชประกอบด้วยส่วนใดบ้าง *(ราก ลำต้น ใบ ดอก ผล)*

3) ส่วนใดของพืชที่ทำหน้าที่ดูดน้ำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง *(ราก)*

1.2 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ลองสังเกตรากข้าวโพด ให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับตะกร้าอุปกรณ์ พร้อมทั้งรับตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่กำลังงอกและเห็นส่วนของขนราก (ครูเตรียมมาล่วงหน้า)

1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้แว่นขยายส่องดูขนราก แล้วช่วยกันบันทึกลักษณะของขนรากและแล้วตอบคำถามในเอกสารกิจกรรมที่ 1

1.4 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายลักษณะและหน้าที่ของขนราก *(ขนรากมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ ยื่นออกมารอบๆ ปลายราก ขนรากจะทำหน้าที่ดูดน้ำจากดินเข้าสู่ราก การมีรากจำนวนมากเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้รากดูดน้ำและแร่ธาตุได้เป็นปริมาณมาก)*

1.5 ครูให้นักเรียนคาดคะเนคำตอบ ของคำถามต่อไปนี้ *(คำตอบขึ้นอยู่กับนักเรียน)*

1) นักเรียนคิดว่า เมื่อรากดูดน้ำมาแล้วจะลำเลียงไปสู่ส่วนต่างๆทางโครงสร้างใด

2) โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชแต่ละชนิดมีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

3) โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชสามารถลำเลียงอะไรได้บ้าง

4) การลำเลียงในโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงของพืชมีทิศทางอย่างไร

2. **ขั้นกิจกรรม (80 นาที)**

2.6 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 2 เรื่อง พืชลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้อย่างไร และเอกสารความรู้ เรื่อง วิธีการตัดขวางลำต้นพืชให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับตะกร้าอุปกรณ์และกล้องจุลทรรศน์

2.7 ครูสาธิตวิธีการตัดขวางลำต้นพืช แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรมที่ 2 ตามเอกสารกิจกรรม เพื่อศึกษาโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุของพืช

2.8 นักเรียนบันทึกผลการทำกิจกรรมลงในเอกสารกิจกรรม และเขียนผลการทำกิจกรรมลงในกระดาษปรู๊ฟที่ครูแจกให้และนำไปติดในบริเวณที่ครูกำหนด

2.9 นักเรียนแต่ละกลุ่ม เดินดูผลการทำกิจกรรมของกลุ่มเพื่อน เปรียบเทียบกับของกลุ่มตนเอง

2.10 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามต่อไปนี้เป็นแนวทาง

6) ถั่วเขียวและข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากแช่ในน้ำสี เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร *(เหมือนกันคือ ราก ลำต้น และใบจะมีสีเดียวกับสีของน้ำสี)*

7) ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาว ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร *(ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาวมีกลุ่มของเซลล์ที่ลักษณะเป็นท่อยาว และมีสีเช่นเดียวกับสี ของน้ำสี)*

8) ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามขวาง ซึ่งสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียง เหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร *(ลำต้นถั่วเขียวมีกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นวงซึ่งมีสีเช่นเดียวกับสีของน้ำสี และมีการเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ที่ติดสีตามแนวรัศมีรอบลำต้น ส่วนลำต้นข้าวโพดมีกลุ่มเซลล์ที่มีลักษณะเป็นวงซึ่งมีสีเช่นเดียวกับน้ำสี และมีการเรียงตัวของกลุ่มเซลล์ที่ติดสีกระจายทั่วลำต้น)*

9) นอกจากลำต้นแล้ว โครงสร้างอื่นๆของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ได้ หรือไม่อย่างไร *(ได้ เช่น ราก และใบของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำ และธาตุอาหาร เนื่องจากสามารถสังเกตเห็นสีของน้ำสีในส่วนรากและใบของถั่วเขียวและข้าวโพด)*

10) น้ำ แร่ธาตุและสารอาหาร สามารถลำเลียงไปในเนื้อเยื่อลำเลียงได้โดยวิธีการใด *(การแพร่และออสโมซิส)*

2.11 ครูแสดงแครอทและเผือกให้นักเรียนดู แล้วแจกเอกสารกิจกรรมที่ 3 เรื่อง เรื่องน่าสงสัยเกี่ยวกับแครอทและเผือก แล้วใช้คำถามต่อไปนี้

4) แครอทและเผือกสร้างอาหารและเก็บสะสมอาหารที่ใด *(สร้างอาหารจากที่ใบแล้วลำเลียงอาหารมาเก็บสะสมไว้ที่รากหรือลำต้น)*

5) แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารและลำเลียงไปที่ยอดอ่อน (ซึ่งสร้างอาหารได้น้อย) ได้หรือไม่อย่างไร *(ได้ แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารจากที่ใบ แล้วลำเลียงไปให้ยอดอ่อนได้)*

6) พืชมีทิศทางลำเลียงอาหารอย่างไร *(การลำเลียงอาหารของพืชมีทิศทางทั้งขึ้นและลงจากแหล่งที่สร้างอาหาร เช่นลำเลียงขึ้นไปยังยอดอ่อนซึ่งสร้างอาหารได้น้อย หรือลำเลียงลงไปยังรากหรือลำต้นซึ่งสร้างอาหารไม่ได้)*

6. **ขั้นสรุป (50 นาที)**

3.3 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 4 เรื่อง แผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช เพื่อสรุปความรู้จากการทำกิจกรรม แล้วนักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ของกลุ่มลงบนกระดาษปรู๊ฟที่ครูแจกให้

3.4 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมเสร็จ ครูสุ่มตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังมโนทัศน์ ที่สร้างนักเรียนขึ้น และเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์ของแต่ละกลุ่ม

3.5 ครูแจกเอกสารกิจกรรมที่ 5 เรื่อง มหัศจรรย์ดอกไม้หลากสี แล้วแสดงตัวอย่างดอกไม้สีขาว (เช่นกุหลาบ คาร์เนชัน เบญจมาศ) ที่แช่อยู่ในน้ำสีแดง สีส้ม สีฟ้า และสีเขียว (ครูเตรียมไว้ล่วงหน้า) แล้วให้นักเรียนคิดเดี่ยว คิดคู่ และช่วยกันคิด (think-pair-share) แล้วตอบคำถามลงในเอกสารกิจกรรม ในประเด็นคำถามต่อไปนี้

4) นักเรียนสังเกตอะไรจากดอกไม้เหล่านี้บ้าง *(ดอกไม้มีกลีบดอกสีเดียวกับน้ำสี)*

5) นักเรียนจะนำความรู้เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารไปอธิบายการเกิดการเปลี่ยนแปลงของดอกไม้นี้ได้อย่างไร *(พืชมีการลำเลียงน้ำสีทางเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ ตั้งแต่ลำต้นไปยังดอก จึงทำให้กลีบดอกมีสีเดียวกับน้ำสี)*

6) วิธีการที่พืชใช้ในการดูดน้ำสี คือวิธีการใด และมีหลักการอย่างไร *(วิธีการแพร่และออสโมซิส มีหลักการคือ น้ำจะออสโมซิสจากในแจกัน ซึ่งมีความหนาแน่นของโมเลกุลของน้ำสูงกว่าในเซลล์ของดอกไม้ ไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นของโมเลกุลของน้ำต่ำกว่า คือออสโมซิสเข้าไปยังเซลล์ของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำตั้งแต่ลำต้นจนไปถึงดอก ส่วนสีมีการแพร่จากในบีกเกอร์ซึ่งมี*

ความเข้มข้นของสีมากกว่าในเซลล์ของดอกไม้ ไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสีต่ำกว่า คือแพร่เข้าไปยังเซลล์ของเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำตั้งแต่ลำต้นจนไปถึงดอก)

7) การนำดอกไม้ไปแช่ในน้ำสีจนทำให้ดอกไม้เปลี่ยนสีมีประโยชน์อย่างไร *(ทำให้ได้ดอกไม้ที่มีสีสันหลากหลาย สร้างความสวยงาม และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับดอกไม้ สามารถทำให้เกษตรกรที่ปลูกดอกไม้หรือร้านขายดอกไม้มีรายได้เพิ่มขึ้น)*

สื่อการเรียนรู้

วัสดุ อุปกรณ์

1. กระดาษปรู๊ฟ
2. ปากกาหัวสักหลาดสีต่างๆ
3. กระดาษกาว
4. แว่นขยาย
5. กล้องจุลทรรศน์
6. แผ่นกระจกสไลด์
7. กระจกปิดสไลด์
8. หลอดหยด
9. มีดพับหรือใบมีดโกนมีด้าม
10. บีกเกอร์ขนาด
11. สีผสมอาหารสีแดง ส้ม ฟ้า เขียว
12. แท่งแก้วคนสาร
13. กระดาษเยื่อ
14. เมล็ดข้าวโพดแช่น้ำล่วงหน้า 1-2 คืน
15. ต้นข้าวโพด
16. ต้นถั่วเขียว
17. แครอท
18. เผือก
19. ดอกไม้สีขาว

แหล่งเรียนรู้

1. เอกสารกิจกรรมที่ 1 ลองสังเกตรากข้าวโพด
2. เอกสารกิจกรรมที่ 2 พืชลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้อย่างไร
3. เอกสารกิจกรรมที่ 3 เรื่องน่าสงสัยเกี่ยวกับแครอทและเผือก
4. เอกสารกิจกรรมที่ 4 แผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช
5. เอกสารกิจกรรมที่ 5 มหัศจรรย์ดอกไม้หลากสี

การประเมินการเรียนรู้

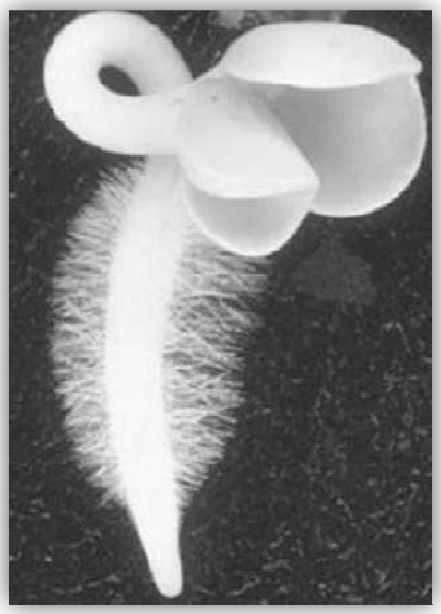
1. ประเมินมโนทัศน์เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช จากการตอบคำถาม และจากการทำเอกสารกิจกรรม
2. ประเมินการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จากการสังเกตการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม การแสดงความคิดเห็น การอภิปราย และการตอบคำถาม
3. ประเมินทักษะการสังเกต บันทึก นำเสนอ และอภิปราย เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช จากการสังเกต และการบันทึกข้อมูลในเอกสารกิจกรรม

เอกสารกิจกรรมที่ 1

ลองสังเกตรากข้าวโพด

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนสังเกตเมล็ดข้าวโพดที่ครูแจกให้ โดยสังเกตด้วยตาเปล่า และใช้แว่นขยายส่องดูส่วนประกอบต่างๆ แล้วตอบคำถามต่อไปนี้



1. นักเรียนสังเกตเห็นอะไรจากเมล็ดข้าวโพดนี้บ้าง

……

……

……

2. ขนรากมีลักษณะอย่างไร

……

……

……

3. ลักษณะและจำนวนของขนรากมีความเหมาะสมกับการดูดน้ำในดินอย่างไร

……

……

……

……

เอกสารกิจกรรมที่ 2

พืชลำเลียงน้ำและแร่ธาตุได้อย่างไร

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

☺ **<u>วิธีทำ</u>**

1. ใส่น้ำประมาณ ¾ ของบีกเกอร์ขนาด 250 cm^3 ใส่สีผสมอาหาร 20 หยด ลงในบีกเกอร์และคนให้เข้ากัน
2. ล้างถั่วเขียวและข้าวโพดอย่างละ 1 ต้นให้สะอาด และแช่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำสีผสมอาหาร
3. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของถั่วเขียวและข้าวโพด ที่แช่ลงในสีผสมอาหารเป็นเวลา 30 นาที
4. วาดภาพต้นถั่วเขียวและต้นข้าวโพด พร้อมทั้งเขียนบันทึกทิศทางการลำเลียงน้ำ
5. ใช้ใบมีดโกนตัดลำต้นถั่วเขียวและลำต้นข้าวโพดตามขวางและตามยาวให้บางที่สุด แล้ววางบนหยดน้ำบนสไลด์ ปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ (นักเรียนสามารถศึกษาวิธีการตัดขวางลำต้นพืชได้จากเอกสารความรู้)
6. ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ สังเกตส่วนที่ติดสี และบันทึกผลการทำกิจกรรม

☺ **คำถามก่อนทำกิจกรรม**

1. กิจกรรมนี้มีจุดประสงค์อะไร

   ……

   ……

   ……

2. นักเรียนคิดว่า เมื่อแช่ต้นถั่วเขียวและข้าวโพดลงในน้ำสีเป็นเวลา 30 นาที จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

   ……

   ……

3. การนำต้นถั่วเขียวและต้นข้าวโพดที่แช่ในน้ำสี มาตัดลำต้นตามขวางและตามยาว แล้วตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อสังเกตโครงสร้างใด

   .....

   .....

☺ ผลการทำกิจกรรม

ตอนที่ 1 วาดภาพการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อแช่ต้นถั่วเขียวและต้นข้าวโพดหลังแช่ในน้ำสี 30 นาที

ถั่วเขียว	ข้าวโพด

ตอนที่ 2 วาดภาพลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาวและตามขวาง

ลำต้นถั่วเขียว	
ตัดตามยาว	ตัดตามขวาง

ลำต้นข้าวโพด	
ตัดตามยาว	ตัดตามขวาง

☺ **คำถามหลังทำกิจกรรม**

1. ถั่วเขียวและข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงหลังจากแช่ในน้ำสี เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

   ……

   ……

   ……

2. ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามยาว ที่สังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร

   ……

   ……

   ……

3. ลำต้นถั่วเขียวและข้าวโพดที่ตัดตามขวาง ซึ่งสังเกตได้จากกล้องจุลทรรศน์ มีการเรียงตัวของมัดท่อลำเลียง เหมือนหรือแตกต่างกัน หรือไม่ อย่างไร

   ……

   ……

4. นอกจากลำต้นแล้ว โครงสร้างอื่นๆของถั่วเขียวและข้าวโพดสามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร ได้ หรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

5. น้ำ แร่ธาตุ และสารอาหาร สามารถลำเลียงไปในเนื้อเยื่อลำเลียงได้โดยวิธีการใด

.....

.....

.....

☺ **สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

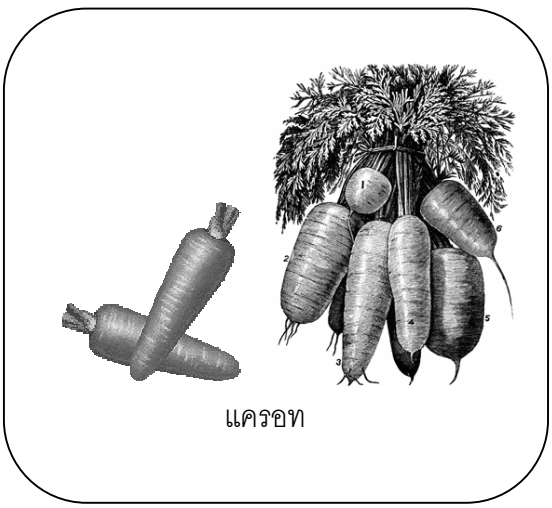
.....

เอกสารกิจกรรมที่ 3

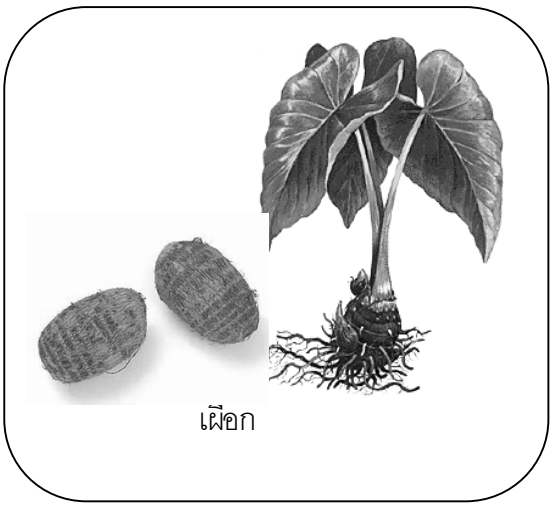
ทิศทางการลำเลียงในเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนใช้ภาพต่อไปนี้ตอบคำถาม



แครอท



เผือก

1. แครอทและเผือกสร้างอาหารและเก็บสะสมอาหารที่ใด

   ……

   ……

2. แครอทและเผือกสามารถสร้างอาหารและลำเลียงไปที่ยอดอ่อน ซึ่งสร้างอาหารได้น้อยได้หรือไม่อย่างไร

   ……

   ……

   ……

   ……

3. พืชมีทิศทางลำเลียงอาหารอย่างไร

   ……

   ……

เอกสารกิจกรรมที่ 4

แผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

☺ **<u>คำชี้แจง</u>**

1. ให้นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช โดยใช้คำต่อไปนี้ โดยนักเรียนสามารถเพิ่มคำเชื่อม อธิบายเพิ่มเติม และสามารถใช้คำเหล่านี้ได้มากกว่า 1 ครั้ง

การลำเลียงน้ำ	การลำเลียงอาหาร	การแพร่	การออสโมซิส
เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ	เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร	น้ำและแร่ธาตุ	น้ำตาลกลูโคส
พืชใบเลี้ยงเดี่ยว	พืชใบเลี้ยงคู่		

2. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นกับสมาชิกในกลุ่ม
3. สรุปแผนผังโนทัศน์ของกลุ่มลงบนกระดาษปรู๊ฟที่ครูแจกให้
4. นำกระดาษปรู๊ฟไปติดไว้ที่ผนังห้องเรียน ในบริเวณที่กำหนด

แผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช

การลำเลียงของพืช

เอกสารกิจกรรมที่ 5

มหัศจรรย์ดอกไม้หลากสี

ชื่อ……เลขที่.....ชั้น.....กลุ่มที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนสังเกตและศึกษาตัวอย่างดอกไม้แช่ในน้ำสีต่างๆที่ครูนำมาแสดง แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนสังเกตอะไรจากดอกไม้เหล่านี้บ้าง

   ……

   ……

2. นักเรียนนำความรู้เรื่องการลำเลียงน้ำและอาหาร ไปอธิบายการเปลี่ยนแปลงของดอกไม้ได้อย่างไร

   ……

   ……

3. วิธีการที่พืชใช้ในการดูดน้ำสี คือวิธีการใด และมีหลักการอย่างไร

   ……

   ……

4. การนำดอกไม้ไปแช่ในน้ำสีจนทำให้ดอกไม้เปลี่ยนสีมีประโยชน์อย่างไร

   ……

   ……

ภาคผนวก ง
มโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์หลัก
เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์หลัก เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

ประเภท	เรื่อง	หัวข้อ	มโนทัศน์
มโนทัศน์พื้นฐาน	สิ่งมีชีวิต	ความหมายของสิ่งมีชีวิต	สิ่งมีชีวิต หมายถึง สิ่งที่สามารถแสดงคุณสมบัติต่างๆของสิ่งมีชีวิต เช่น มีการเจริญเติบโต กินอาหาร ขับถ่าย หายใจ สืบพันธุ์ มีการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้
		ความแตกต่างระหว่างพืชและสัตว์	พืชและสัตว์ เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความแตกต่างกัน คือ พืช เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารได้เองโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนสัตว์ เป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นเป็นอาหาร
มโนทัศน์หลัก	หน่วยของสิ่งมีชีวิต	ความหมายของเซลล์	เซลล์ หมายถึง หน่วยที่เล็กที่สุดที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต มีรูปร่าง หน้าที่และส่วนประกอบแตกต่างกันไป
		โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์	โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของเซลล์ประกอบด้วย 1) เยื่อหุ้มเซลล์ ทำหน้าที่ ควบคุมการผ่านเข้าออกของสารภายในเซลล์ และแสดงขอบเขตของเซลล์ 2) นิวเคลียส ภายในนิวเคลียสมีสารที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม ควบคุมการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆของเซลล์ 3) ไซโทพลาซึม เป็นส่วนที่อยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ มีลักษณะกึ่งของเหลว ภายในประกอบด้วย ออร์แกเนลล์หลายชนิด ทำหน้าที่แตกต่างกันในกระบวนการดำรงชีวิต เช่น แวคิวโอล ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำ อาหาร หรือของเสีย คลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ไมโทคอนเดรีย ทำหน้าที่ สร้างพลังงานให้แก่เซลล์

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของมโนทัศน์พื้นฐานและมโนทัศน์หลัก เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

ประเภท	เรื่อง	หัวข้อ	มโนทัศน์
มโนทัศน์หลัก	หน่วยของสิ่งมีชีวิต	ความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	เซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีรูปร่างแตกต่างกันไปตามหน้าที่ มีส่วนประกอบที่เหมือนกันคือ มีเยื่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส และไซโทพลาซึม ส่วนประกอบที่แตกต่างกันคือ เซลล์สัตว์ไม่มีคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์และผนังเซลล์ ส่วนเซลล์พืช มีคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์ และผนังเซลล์
	การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	ความหมาย ของการแพร่	การแพร่ หมายถึง การเคลื่อนที่ของสาร จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ เกิดขึ้นในทุกทิศทาง
		ความหมาย ของการออสโมซิส	การออสโมซิส หมายถึง การเคลื่อนที่ของน้ำผ่านเข้าและออกจากเซลล์ จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง โดยผ่านเยื่อเลือกผ่าน
		ความหมายของการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	พืชลำเลียงน้ำ แร่ธาตุ และอาหาร ได้แก่ น้ำตาล ไปสู่ส่วนต่างๆของพืช เพื่อใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิต เช่นการสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจ
		โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	พืชลำเลียงน้ำโดยใช้เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและอาหาร ซึ่งเป็นกลุ่มเซลล์ที่มีอยู่เป็นกลุ่มเฉพาะที่ภายในลำต้น และเรียงตัวกันเป็นแนวยาวต่อเนื่องมีลักษณะคล้ายท่อ เรียงต่อเนื่องกันตั้งแต่ราก ลำต้น จนถึงใบ
		ทิศทางในการลำเลียงน้ำและอาหารในพืช	เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุจากรากสู่ใบ ส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารทำหน้าที่ลำเลียงอาหารจากใบไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืช
		เปรียบเทียบโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและอาหารในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่	การจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อลำเลียงในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่มีความแตกต่างกัน ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เนื้อเยื่อลำเลียงกระจายอยู่เป็นกลุ่มทั่วลำต้น ส่วนในพืชใบเลี้ยงคู่ เนื้อเยื่อลำเลียงกระจายเป็นวงรอบๆ ลำต้น

ประเภท	เรื่อง	หัวข้อ	มโนทัศน์
มโนทัศน์หลัก	การคายน้ำ	ความหมายของการคายน้ำ	การคายน้ำ หมายถึง การเคลื่อนที่ของน้ำในพืชออกสู่ภายนอกในรูปของไอน้ำ
		ความสำคัญของการคายน้ำ	การคายน้ำ มีความสำคัญต่อพืช คือ ช่วยลดอุณหภูมิของใบ เพราะเมื่อใบคายน้ำ ต้องใช้ความร้อนแฝงที่จะทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำ จึงมีการดึงความร้อนจากใบ ทำให้ใบมีอุณหภูมิต่ำลง และยังช่วยในการดูดน้ำและแร่ธาตุ เพราะทำให้เกิดแรงดึงจากการคายน้ำ แรงดึงนี้สามารถดึงน้ำและแร่ธาตุจากดินเข้าสู่รากและจากส่วนล่างไปสู่ใบยอดซึ่งอยู่ตอนบนของพืชได้ดี
		ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ	ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ ได้แก่ ปริมาณน้ำภายในและนอกต้นพืช ความเข้มของแสง อุณหภูมิ กระแสลม
		โครงสร้างและกลไกที่ควบคุมการคายน้ำ	โครงสร้างที่ควบคุมการคายน้ำคือเซลล์คุม ซึ่งเป็นเซลล์ที่ผิวใบ มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่วอยู่เป็นคู่ๆ ภายในเซลล์คุมมีคลอโรพลาสต์ เซลล์คุมทำหน้าที่ควบคุมการเปิดปิด ของปากใบ ปากใบ คือช่องเล็กๆ ที่อยู่ระหว่างเซลล์คุม 2 เซลล์
	การสังเคราะห์ด้วยแสง	ความหมายของการสังเคราะห์ด้วยแสง	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง หมายถึงกระบวนการสร้างอาหารของพืช เพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิต
		ปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง	ปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ แสง แก๊สคาร์บอนได้ออกไซด์ น้ำ และคลอโรฟิลล์
		ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง	ผลิตภัณฑ์และผลพลอยได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำ และแก๊สออกซิเจน
		ความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสง	กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้พืชสร้างอาหารที่เป็นแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์ และให้แก๊สออกซิเจน เป็นผลพลอยได้ ซึ่งสิ่งมีชีวิตนำไปใช้ในการหายใจ

ประเภท	เรื่อง	หัวข้อ	มโนทัศน์
มโนทัศน์หลัก	การสืบพันธุ์ของพืช	ความหมายของการสืบพันธุ์ของพืช	การสืบพันธุ์ของพืช คือ กระบวนการเพิ่มจำนวน และถ่ายทอดลักษณะของพืชไปยังรุ่นต่อไป
		โครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก	โครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก คือ ดอก ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย
		กระบวนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืช	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ คือการเพิ่มจำนวนพืช โดยมีการปฏิสนธิ ระหว่างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย หลังการปฏิสนธิ ออวุลจะเจริญเป็นเมล็ด รังไข่จะเจริญเป็นผล เมล็ดภายในผลสามารถงอกเป็นพืชต้นใหม่ได้
		กระบวนการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช	การสืบพันธุ์ของพืชแบบไม่อาศัยเพศ คือการเพิ่มจำนวนพืชโดยไม่มีการปฏิสนธิ เช่น การแตกหน่อ การเกิดไหล เป็นต้น ส่วนต่างๆของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ และกิ่งของพืช สามารถนำไปใช้ขยายพันธุ์ได้
	การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	ความหมายของการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	การตอบสนองของพืช หมายถึง การกระทำต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่มากระตุ้น ที่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้
		ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของพืช	ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของพืช ได้แก่ การสัมผัส แสง อุณหภูมิ ความชื้น แรงโน้มถ่วงของโลก สารเคมี เป็นต้น

ภาคผนวก จ
คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช และแบบวัดความสามารถในการคิดสังเคราะห์

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

ข้อที่	ข้อย่อย	มโนทัศน์	ค่า IOC
1	-	ความหมายของสิ่งมีชีวิต	1
2	-	การจำแนกประเภทของสิ่งมีชีวิต	0.67
3	-	ความหมายของเซลล์	0.67
4	-	ความหมายของเซลล์	1
5	5.1	โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์	1
	5.2	ความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและสัตว์	1
6	-	โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์	1
7	7.1	ความหมายของการแพร่	1
	7.2	ความหมายของการแพร่	1
	7.3	ความหมายของการแพร่	1
8	8.1	ความหมายของการออสโมซิส	1
	8.2	ความหมายของการออสโมซิส	1
	8.3	ความหมายของการออสโมซิส	1
9	9.1	ความหมายการลำเลียงน้ำและอาหาร	1
	9.2	ทิศทางการลำเลียงน้ำและอาหารในพืช	1
	9.3	โครงสร้างในการลำเลียงน้ำและอาหาร	1
10	10.1	โครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	1
	10.2	เปรียบเทียบเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและอาหารในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่	1
11	11.1	ความหมายของการคายน้ำ	1
	11.2	ความหมายของการคายน้ำ	1
	11.3	ความสำคัญของการคายน้ำ	1
12	-	ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ	1
13	13.1	โครงสร้างและกลไกควบคุมการคายน้ำ	1
	13.2	โครงสร้างและกลไกควบคุมการคายน้ำ	1
	13.3	โครงสร้างและกลไกควบคุมการคายน้ำ	1

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการวัดของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช (ต่อ)

ข้อที่	ข้อย่อย	มโนทัศน์	ค่า IOC
14	-	ความหมายของการสังเคราะห์ด้วยแสง	0.67
15	-	ปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสงและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	1
16	-	ความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต	1
17	17.1	ความหมายของการสืบพันธุ์ของพืช	1
	17.2	โครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก	0.67
18	-	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืช	1
19	-	การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช	1
20	-	ความหมายของการตอบสนองของพืชและปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนอง	1

ตารางที่ 14 ค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์	ข้อ	คะแนนเต็ม	P	r
สิ่งมีชีวิต	ความหมายของสิ่งมีชีวิต	1	5	0.69	0.61
	การจำแนกประเภทของสิ่งมีชีวิต	2	5	0.71	0.47
เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	ความหมายของเซลล์	3	5	0.58	0.57
	ความหมายของเซลล์	4	5	0.57	0.70
	ความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและสัตว์	5.1	2.5	0.68	0.25
		5.2	2.5	0.56	0.28
	โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์	6	5	0.53	0.53
การลำเลียงน้ำและอาหารของพืช	ความหมายของการแพร่	7.1	2	0.58	0.45
		7.2	2	0.53	0.45
		7.3	1	0.80	0.40
	ความหมายของการออสโมซิส	8.1	2	0.63	0.55
		8.2	2	0.40	0.40
		8.3	1	0.65	0.30
	ความหมายการลำเลียงน้ำและอาหาร	9.1	1	0.75	0.50
	ทิศทางการลำเลียงน้ำและอาหารในพืช	9.2	1	0.70	0.20
	โครงสร้างในการลำเลียงน้ำและอาหาร	9.3	3	0.65	0.30
	เปรียบเทียบเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและอาหารในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่	10.1	2.5	0.55	0.30
		10.2	2.5	0.63	0.45
การคายน้ำ	ความหมายของการคายน้ำ	11.1	1	0.60	0.20
		11.2	1	0.65	0.30
	ความสำคัญของการคายน้ำ	11.3	3	0.48	0.45
	ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ	12	5	0.43	0.45
	โครงสร้างและกลไกควบคุมการคายน้ำ	13.1	1	0.70	0.20
		13.2	2	0.60	0.60
		13.3	2	0.65	0.50

ตารางที่ 14 ค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช (ต่อ)

หัวข้อเรื่อง	มโนทัศน์	ข้อ	คะแนนเต็ม	P	r
การสังเคราะห์ด้วยแสง	ความหมายของการสังเคราะห์ด้วยแสง	14	5	0.55	0.50
	ปัจจัยที่จำเป็นในการสังเคราะห์ด้วยแสง	15.1	1	0.55	0.40
	ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง	15.2	1	0.58	0.65
		15.3	1	0.50	0.60
		15.4	1	0.73	0.45
		15.5	1	0.78	0.45
	ความสำคัญของการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต	16	5	0.53	0.65
การสืบพันธุ์ของพืช	ความหมายของการสืบพันธุ์ของพืช	17.1	1	0.75	0.50
	โครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของพืชดอก	17.2	4	0.61	0.43
	การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืช	18	5	0.51	0.58
	การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืช	19	5	0.62	0.28
การตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม	ความหมายของการตอบสนองของพืชและปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนอง	20	5	0.59	0.41

*ค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ แอลฟา(α -Coefficient) ของครอนบาค = 0.75

ตารางที่ 15 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการของความสามารถในการคิดสังเคราะห์

ข้อ	องค์ประกอบที่วัด	ค่า IOC	ความหมาย
1	การสังเคราะห์ข้อความ	1	วัดได้สอดคล้อง
2	การสังเคราะห์แผนงานหรือแผนปฏิบัติการ	1	วัดได้สอดคล้อง
3	การสังเคราะห์ความสัมพันธ์	0.67	วัดได้สอดคล้อง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชนม์ชนก เดือนฉาย เกิดเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2525 จังหวัดเพชรบุรี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 โดยได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมและผลิตครูผู้มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนสิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ปัจจุบันรับราชการครูอยู่ที่โรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี