ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

นายปัญญา ภิรมย์จันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2563

The Effects of Using Model-centered Instruction Sequence on Ability in Making Scientific Model and Learning Achievement in Structure Function and Reproduction of Flowering Plant of Grade 11 Students at Traimit Witthayalai School in Bangkok Metropolis

Mr. Panya Phiromchan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Educational
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

ชื่อและนามสกุล นายปัญญา ภิรมย์จันทร์

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา
1. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา
2. รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป)

.... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัย นายปัญญา ภิรมย์จันทร์ **รหัสนักศึกษา** 2612000360

ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

(2) รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป **ปีการศึกษา** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง และ (2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 39 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก และ (3) แบบประเมินการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีและการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเพิ่มสูงขึ้น โดยอยู่ในระดับดีร้อยละ 48.72 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์

Thesis title: The Effects of Using Model-centered Instruction Sequence on Ability in Making Scientific Model and Learning Achievement in Structure Function and Reproduction of Flowering Plant of Grade 11 Students at Traimit Witthayalai School in Bangkok Metropolis
Researcher: Mr. Panya Phiromchan; **ID:** 2612000360;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr.Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor;
(2) Dr.Jurarat Thammaprateep, Associate Professor; **Academic year:** 2020

Abstract

The purposes of this research were to (1) compare learning achievement in the topic of structure function and reproduction of flowering plant of grade 11 students at Traimit Witthayalai school before and after learning by using model-centered instruction sequence, and (2) compare the ability in making scientific model after learning by using model-centered instruction sequence of grade 11 students at Traimit Witthayalai school.

The sample was 39 grade 11 students in science-mathematics program at Traimit Witthayalai School, obtained by cluster random sampling. The research instruments were (1) the model-centered instruction sequence lesson plans, (2) an achievement test in the topic of structure function and reproduction of flowering plant, and (3) an ability in making scientific model evaluation form. Statistics employed for data analysis were percentage, mean, standard deviation, t-test and content analysis.

The research findings revealed that (1) learning achievement after learning by using model-centered instruction sequence in the topic of structure function and reproduction of flowering plant of the students was significantly higher than that of their before learning at .05 level of statistical significance, (2) the ability in making scientific model after learning by using model-centered instruction sequence of the students was increased at a good level at 48.72 percent, and the ability in making scientific model after learning of the students who learned by using model-centered instruction sequence was significantly higher than that of their before learning at .05 level of statistical significance.

Keywords: Model-Centered Instruction Sequence (MCIS), Ability in making scientific model, Learning Achievement, Science

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งการให้อบรม สั่งสอน และให้ข้อคิด คำแนะนำที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัยและการทำงาน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่ดีและเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.กานต์รวี ผิวนิ่ม อาจารย์ สุชาวดี สมสำราญ และอาจารย์วิศิษฐ์ศรี โตศุกลวรรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณครูปรียารัตน์ สุวรรณโสภณ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจข้อสอบแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผู้อำนวยการโรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย และอาจารย์ทุกท่านในหมวดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน และที่สำคัญขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 5/1 และ 5/2 ประจำปีการศึกษา 2563 ทุกคนที่เป็นนักเรียนที่น่ารักและให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใดนั้นผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจที่สำคัญของผู้วิจัยมาโดยตลอด

ปัญญา ภิรมย์จันทร์
เมษายน 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ .... ฉ
สารบัญตาราง .... ฌ
สารบัญภาพ .... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
กรอบแนวคิดการวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตของการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่ได้รับ 6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7
การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 8
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 15
แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 26
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 42
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 42
การเก็บรวบรวมข้อมูล 49
การวิเคราะห์ข้อมูล 50
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่ และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)) 55
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 66
สรุปการวิจัย 66
อภิปรายผล 68
ข้อเสนอแนะ 70
บรรณานุกรม 72
ภาคผนวก 79
ก เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 80
ข เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล 109
ค การหาคุณภาพเครื่องมือ 116
ประวัติผู้วิจัย 122

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 43

ตารางที่ 3.2 กรอบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS มี 9 ขั้นตอน 43

ตารางที่ 3.3 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องดำเนินการสร้างในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ 45

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 47

ตารางที่ 4.2 ระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 64

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนและ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS 65

ตารางที่ 4.4 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 ท่านในการให้คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 65

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 56
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 56
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียนคนที่ 2 ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 57
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างราก ของนักเรียนคนที่ 2 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 57
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวาง ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 58
ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวาง ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 59
ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 59
ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 60
ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ด ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 61
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ด ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 61
ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก ของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 62
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ จากการตัดตามขวางของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 63
ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างลำต้นใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ จากการตัดตามขวางของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) 63

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสังคมโลกปัจจุบันความรู้ด้านวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากวิทยาศาสตร์ได้เข้ามามีความเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพต่าง ๆ ตลอดจน เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน โดยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์นั้นช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ รวมไปถึงการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ ทักษะการแก้ปัญหา ช่วยให้ทุกคนสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่น่าเชื่อถือตรวจสอบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ พัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) โดยความตอนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ในพระบรมราโชวาทของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร รัชกาลที่ 9 ในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10 กรกฎาคม 2535 กล่าวว่า “การศึกษาด้านศิลปะวัฒนธรรมเป็นการศึกษาที่สำคัญ และควรจะดำเนินควบคู่กันไปกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เพราะความเจริญของบุคคล ตลอดจนถึงความเจริญของประเทศและของโลกโดยส่วนรวมด้วยนั้น มีทั้งทางวัตถุและจิตใจ ความเจริญทั้งสองทางนี้ จะต้องมีประกอบกัน เกื้อกูลและส่งเสริมกันพร้อมมูล จึงจะเกิดความเจริญที่แท้จริงได้ ประเทศทั้งหลายจึงต่างพยายามส่งเสริมการศึกษาด้านศิลปะวัฒนธรรมนี้ พร้อมกันไปกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์”

อย่างไรก็ตามจากผลการประเมิน PISA 2018 ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในรอบที่ผ่านมาพบว่า กลุ่มโรงเรียนเน้นวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับเดียวกับกลุ่มประเทศ/เศรษฐกิจที่มีคะแนนสูงสุดห้าอันดับแรก (Top 5) และกลุ่มโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยมีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ย OECD ส่วนกลุ่มโรงเรียนอื่นๆ ยังคงมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ทั้งนี้ คะแนนด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกกลุ่มโรงเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ PISA 2015 แต่เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนตั้งแต่การประเมินรอบแรกจนถึงปัจจุบัน พบว่า ผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของไทยไม่มีการเปลี่ยนแปลง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยี, ออนไลน์) นอกจากผลการประเมิน PISA 2018 ข้างต้นแล้วยังพบว่าการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study : TIMSS) ซึ่งเน้นการประเมินความรู้และทักษะคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรของนักเรียน พบว่าในปี 2558 พบว่า ได้คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ อยู่อันดับที่ 26 จาก 37 ประเทศ อยู่ในกลุ่มพอใช้ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาความรู้ความสามารถ การคิดวิเคราะห์ และการนำไปใช้ โดยเฉพาะด้านที่กำหนดเป็นสาระหลักในการประเมินระดับนานาชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาวิทยาศาสตร์ (แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579, 2560)

โดยตามประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง นโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ได้มีการกำหนดจุดเน้นข้อหนึ่ง คือ การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สามารถแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) จากประสบการณ์จริงหรือจากสถานการณ์จำลองผ่านการลงมือปฏิบัติ นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้กำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ แล้วนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแนวคิดและองค์ความรู้ของตนเอง โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ ทั้งนี้ ยังสอดคล้องกับเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ของนักเรียน ซึ่งองค์ประกอบหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการใช้ตัวแทนความคิดของปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับแบบจำลอง (Halverson & Friedrichsen, 2013) นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองยังจัดเป็น 1 ใน 14 ทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่มีความจำเป็นสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์ (คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับอนาคต สสวท., 2556) ซึ่งข้อดีของการใช้แบบจำลองในการจัดเรียนรู้ในชั้นเรียนนั้นจะช่วยเพิ่มความสนใจของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถแสดงแนวความคิด ความเข้าใจของตนเองก่อให้เกิดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่ายขึ้น มองเห็นภาพที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจน สามารถใช้อธิบายสิ่งต่างๆ ให้เข้าใจง่ายขึ้น (พรรณวิไล ชมชิด, ออนไลน์)

นอกจากปัญหาของผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ยังพบว่าจากการจัดการเรียนการสอนและผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายวิชาชีววิทยา 3 ในโรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย ผู้วิจัยพบปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในปีการศึกษา 2561 และปีการศึกษา 2562 เมื่อพิจารณาเนื้อหาพบว่าหนึ่งในเนื้อหาที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำคือ เรื่อง การสืบพันธุ์ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอก ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นเนื้อหาเชิงนามธรรม นักเรียนไม่สามารถมองเห็นภาพ

โครงสร้างได้ชัดเจน โดยจากนโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้แสดงเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามความเข้าใจของนักเรียน โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดข้างต้น คือ วิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ซึ่งพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2009 ในโครงการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (MoDeLS project) มหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี MCIS นี้ได้รับการพัฒนาจากแนวคิดทางการเรียนรู้ ได้แก่ (1) ทฤษฎีคอนสตรักติวิสต์ (Constructivism) ที่เน้นสร้างความรู้ของนักเรียนว่าเกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างและทดสอบแบบจำลองทางความคิด (Mental Models) (Vosniadou & Ioanndes, 1998 อ้างถึงใน Wang, 2007) (2) ทฤษฎีการสร้างแบบจำลอง (Modeling Theory) ที่เน้นการแสดงความคิดของนักเรียนเมื่อรับรู้ปรากฏการณ์โดยแสดงแบบจำลองออกมาเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนความคิด ความเข้าใจที่อยู่บนพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ (Hestenes, 2006) และ (3) การเรียนรู้ที่มีแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) ที่เน้นความเข้าใจที่เกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษาหลังจากได้แก้ปัญหา ลงข้อสรุป หรือให้เหตุผลด้วยแบบจำลอง (Buckley, Gobert, Kindfield, Horwitz, Tinker, Gerlits, et al, 2004) โดยการจัดการเรียนการสอนแบบ MCIS มีข้อดีคือ ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในชั้นเรียน ส่งเสริมการสำรวจตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และส่งเสริมการให้เหตุผล เป็นการสะท้อนความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของโกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของปยะณัฐ นันทการณ์ (2551) เรื่อง ผลของการเรียนรูดวยการออกแบบที่มีตอมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสรางแบบจำลองของนกเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผลพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

จากผลการศึกษาและข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี MCIS และปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยา ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเนื้อหาเรื่อง การสืบพันธุ์ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอก เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น	→	**ตัวแปรตาม**
การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)		1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก 2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน

4.2 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร

5.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของราก โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนการรู้ที่ส่งเสริมและเน้นการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ การนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถอภิปรายสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (2) การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (3) การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (4) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (5) การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (6) การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (7) การประเมินโดยเพื่อน (8) การลงมติแบบจำลองที่สร้างและ (9) การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถด้านสติปัญญาที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งวัดได้จากพฤติกรรมหลังได้รับการจัดการเรียนการสอน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางเรียนทางการเรียนรายวิชาชีววิทยา ประเภทเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด 6 หัวข้อ ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของราก โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ

6.3 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การนำเสนอข้อมูลหรือแนวความคิดของตนเองเพื่ออธิบาย ตั้งสมมติฐาน หรือทำนายปรากฏการณ์ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยสร้างภาพวาด เขียนข้อความ ตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือแผนการทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัด ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบบจำลอง มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ ซึ่งแต่ละรายการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี (3) พอใช้ (2) และปรับปรุง (1)

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 ครูผู้สอนได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สำหรับรายวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองให้กับนักเรียน

7.2 นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)
    1.1 ความเป็นมา ความหมายและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)
    1.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)
    1.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    2.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    2.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    2.4 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    3.2 องค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
    3.4 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
    3.5 แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
    3.6 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

1.1 ความเป็นมาความหมายและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและเน้นการปฏิบัติในการสร้างจำลองทางวิทยาศาสตร์ การนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling Practice) ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกตและการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และการใช้วาทกรรมเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Discourse) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดรวมไปถึงการให้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการพูดหรือเขียน MCIS เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในโครงการ การออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Modeling Designs for Learning Science: MoDeLS Project) ในปี ค.ศ.2009 โดยมีทีมผู้วิจัยจากมหาวิทยาลัยรัฐมิชิแกน ซึ่งประกอบด้วย Hamin Baek, Christina Schwarz, Jing Chen, Hayat Hokayem และ Li Zhan โดยรูปแบบการเรียนการสอนนี้ได้ปรับปรุงและมีการพัฒนามาจากรูปแบบการเรียนการสอนแบบการสืบสอบแบบแนะแนวทางและการเรียนการสอนการสร้างแบบจำลอง (EIMA) ของ Schwarz and Gwekwerere (2007) และการการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Inquiry) ของ White and Schawrz (1999) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การประเมิน รวมถึงการสื่อสารความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Baek, Schwarz, Chen, Hokayem, & Zhan, 2010)

Baek, Schwarz, Chen, Hokayem and Zhan (2010) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Practice) ดังนี้ การสำรวจ ค้นคว้าและตรวจสอบหาข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ การร่วมกันหารือ แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การประเมินแบบจำลองโดยเพื่อน การโต้แย้ง การให้เหตุผลเพื่อลงมติการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling Practice) ดังนี้

2.1 การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงแนวความคิด สิ่งที่ตนเองเข้าใจ

2.2 การใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในการเพื่อสร้างคำอธิบายรวมถึงการตั้งสมมติฐานเพื่อใช้ในการตรวจสอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ใหม่

2.3 การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุง แก้ไขข้อมูลที่ค้นพบ

2.4 การปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของนักเรียน

2.3 เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการสะท้อนความรู้ในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการตั้ง สมมติฐาน การสังเกต และการอภิปรายความคิดเห็น

1.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนแบบ MCIS

Baek et al (2010) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ประกอบด้วยทั้งหมดจำนวน 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ (Anchoring Phenomena and Central Question) เป็นขั้นที่นำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน อาจใช้บทความ ข่าว วิดิทัศน์หรือการสาธิตโดยครูสามารถใช้คำถามชักนำให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามสำคัญก่อให้เกิดความคิดและความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

2. ขั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Construct an Initial Model) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นโดยสร้างเป็นรายบุคคล ตามความเข้าใจของตนเองต่อปรากฏการณ์ที่มีอยู่หรือแสดงสมมติฐานออกมาเป็นแบบจำลอง

3. ขั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirical Investigations) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันในกลุ่ม ร่วมกันสำรวจตรวจสอบสร้างแบบจำลองเพื่อนำเสนอการทดลอง ที่แสดงด้วยผังกราฟิกหรือแบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ อธิบายผลและสะท้อนผลที่สัมพันธ์กับแบบจำลองด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่จะนำไปใช้สนับสนุนและปรับเปลี่ยนแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาดในขั้นต่อไป

4. ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (Evaluate and Revise the Initial Model) เป็นการประเมินแบบจำลองเบื้องต้นด้วยหลักฐานที่ค้นพบและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง

5. ขั้นการแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง (Introduce Scientific Ideas and Simulations) เป็นการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์หรือแบบจำลองที่กำลังศึกษา โดยนักเรียนจะได้ศึกษาและร่วมกันอภิปรายถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในกับสถานการณ์ โดยผลการศึกษาในขั้นนี้จะช่วยทำให้นักเรียนมีความคิดและเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษามีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง (Evaluate and Revise the Model) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองโดยใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากขั้นที่ 5 เพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์

7. ขั้นการประเมินโดยเพื่อน (Peer Evaluation) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนนำเสนอแบบจำลองและอภิปรายเพื่อประเมินแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย โดยเพื่อนภายในกลุ่มจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้ผลสะท้อนกลับ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น

8. ขั้นการลงมติแบบจำลองที่สร้าง (Construct a Consensus Model) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนแต่ละคนหรือนักเรียนตัวแทนของกลุ่มนำเสนอแบบจำลองต่อชั้นเรียน หลังจากนั้นนักเรียนเปรียบเทียบลักษณะของแบบจำลองที่แตกต่างกันและนำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองที่แต่ละคนนำเสนอมาสร้างแบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียน แล้วสรุปความคิดสำคัญเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์

9. ขั้นการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย (Use the Model to Predict or Explain) เป็นขั้นที่นำแบบจำลองที่เป็นมติไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาจากสถานการณ์ใหม่ที่กำหนด

ภาณุ บุตรวิเศษ, หนูกร ปฐมพรรษ, ชาติชาย ม่วงปฐม (2558) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ประกอบด้วยทั้งหมดจำนวน 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นปรากฏการณ์หลักและคำถามสำคัญ ครูกระตุ้นความสนใจโดยสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นักเรียนกำลังศึกษา เพื่อให้เกิดการตั้งคำถาม

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนแต่ละคนคาดคะเนแบบจำลอง ตามความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน

3. ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ นักเรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกับเพื่อนในกลุ่มโดยพิจารณาความเหมือนและความแตกต่าง หลังจากนั้นปรึกษากันภายในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองเบื้องต้น

4. ขั้นประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนภายในกลุ่มประเมินแบบจำลองของเพื่อนภายในกลุ่มเดียวกันโดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยปรับปรุงตามข้อมูลที่ได้จากสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์

5. ขั้นแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง ให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมในประเด็นที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ จากการสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำในการสืบค้นหรือตอบประเด็นคำถามเพิ่มเติม

6. ขั้นประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ให้นักเรียนนำแนวคิดสำคัญมาประเมิน โดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของตนเองและทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นที่นักเรียนสร้างขึ้น

7. ขั้นประเมินโดยเพื่อน นักเรียนนำเสนอแบบจำลองภายในกลุ่มเป็นรายบุคคล โดยให้เพื่อนในกลุ่มเดียวกันอภิปรายและประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสะท้อนผลการประเมินเป็นรายบุคคล

8. ขั้นลงมติแบบจำลองที่สร้าง คัดเลือกแบบจำลองในแต่ละแบบ ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้เวลากลุ่มละ 2 นาที โดยระบุจุดเด่นและจุดที่ควรปรับปรุงและร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของแบบจำลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างกับแบบจำลองของแต่ละกลุ่ม เพื่อพิจารณาแบบจำลองที่เป็นมติร่วมกันของชั้นเรียน

9. ขั้นใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย นักเรียนทำกิจกรรมในใบงานเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกันในใบงาน

ณัฐนรี คณะเมือง และร่มเกล้า จันทราช (2561) ได้ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ประกอบด้วยทั้งหมดจำนวน 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. การมุ่งปรากฏการณ์และคำถามสำคัญ ครูใช้วิดิทัศน์ในเรื่องที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่กำลังศึกษา และให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและตั้งสมมติฐานโดยการสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

2. การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนแต่ละคนคาดคะเนแบบจำลอง ในเรื่องที่กำลังศึกษา โดยแสดงด้วยภาพวาดและข้อความมโนมติลงใบใบงาน

3. การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ นักเรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองเบื้องต้นเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่ม วิเคราะห์และอภิปรายความสัมพันธ์ของแบบจำลองจากการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูล

4. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการสืบค้นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นโดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

5. การขั้นแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง ครูนำเสนอวิดิทัศน์และรูปภาพที่แสดงถึงเนื้อหาที่กำลังศึกษา นักเรียนร่วมกันอภิปรายแล้วเชื่อมโยงความคิดในสถานการณ์จำลองกับเนื้อหาที่กำลังศึกษา

6. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ให้นักเรียนนำแนวคิดสำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษามาประเมิน โดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เกณฑ์เดิมและทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของตนเองอีกครั้ง

7. การประเมินแบบจำลองโดยเพื่อน นักเรียนจับคู่เพื่อนภายในกลุ่มอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดและประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เกณฑ์เดิม

8. การลงมติแบบจำลองที่สร้าง นักเรียนแต่ละกลุ่มคัดเลือกแบบจำลองที่สอดคล้องกับผลการศึกษามากที่สุด นำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยร่วมกันอภิปรายถึงจุดเด่นและจุดที่ควรปรับปรุงของแต่ละกลุ่ม โดยลงมติเลือก 1 แบบจำลองที่ดีที่สุด

9. การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย นักเรียนใช้แบบจำลองเพื่อสรุปแนวคิดสำคัญเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ครูระบุไว้ในใบงาน

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS (Model-Centered Instruction Sequence) ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการสอนได้ทั้งหมด 9 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ นำเข้าบทเรียนด้วยคำถามหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย

2. การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ขั้นนี้ครูจะให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลหรือแบ่งกลุ่มตามความเหมาะสมเพื่อแสดงความเข้าใจหรือตั้งสมมติฐาน

3. การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ให้นักเรียนตรวจสอบแลกเปลี่ยนแนวความคิดสมมติฐานเกี่ยวกับกลุ่มแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับเพื่อนคนอื่น

4. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ปรับปรุงแบบจำลองของตนเองโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ โดยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อ

6. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการสืบค้น

7. การประเมินโดยเพื่อน ให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองและอภิปรายในกลุ่มย่อย ซึ่งเพื่อนในกลุ่มย่อยประเมินและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

8. การลงมติแบบจำลองที่สร้าง นักเรียนตัวแทนกลุ่มย่อยนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น และสรุปความคิดสำคัญ

9. การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย การใช้แบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปอธิบายตัวอย่างหรือปรากฏการณ์ใหม่ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

1.3 บทบาทครูและนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ระบุบทบาทของครูและนักเรียนตามการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ไว้ดังนี้

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1.การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ	1. กระตุ้นความสนใจนักเรียนในปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2. ใช้คำถามที่ก่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยเกิดเป็นข้อคำถามหรือตั้งสมมติฐานในปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา	1. แสดงความสนใจต่อปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2. เชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีกับปรากฏการณ์ที่กำลังจะศึกษา 3. ตั้งคำถามหรือสมมติฐาน
2.การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	1. ชี้ให้เห็นความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง 2. แนะนำการแสดงแนวคิดเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา	1. แสดงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่สนใจจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาด้วยและการเขียนเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด
3.การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์	1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์รวมถึงสื่อการเรียนรู้ 2. ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนให้นำข้อมูลมาตรวจสอบสมมติฐานของตนเอง 3. แนะนำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองประเภทต่าง ๆ	1. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นภายในกลุ่ม 2. สำรวจตรวจสอบด้วยการสร้างแบบจำลอง 3. สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับข้อมูล
4. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น	1. นำอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า ทดลอง 2. ชี้แนะนักเรียนสำหรับการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง	1. นำผลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง
5. การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง	1. แสดงสถานการณ์จำลองเพื่อนำเสนอมโนทัศน์ที่สำคัญในบทเรียน และกระบวนการที่ไม่สามารถสำรวจตรวจสอบได้ 2. แนะนำคำศัพท์เฉพาะ	1. แสดงความสนใจในการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง 2. ศึกษาเรียนรู้จากความคิดและสถานการณ์จำลองเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6.การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	1. กระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง 2. ชี้ให้เห็นความสำคัญของการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง	1. นำแนวคิดที่ได้จากการอภิปรายผลและการเรียนรู้สถานการณ์จำลองมาปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเอง
7. การประเมินโดยเพื่อน	1. กระตุ้นให้นักเรียนภายในกลุ่มประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ครูกำหนด	1. นำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อยและร่วมกันอภิปรายเพื่อประเมินตรวจสอบแบบจำลอง 2. ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง
8. การลงมติแบบจำลองที่สร้าง	1. ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง 2. ครูนำอภิปรายเพื่อให้นักเรียน เปรียบเทียบความเหมือนและความต่างและจำแนกลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง	1. นำเสนอแบบจำลองของกลุ่มต่อชั้นเรียน 2. นำลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองแต่ละกลุ่มมาสร้างแบบจำลองที่สมบูรณ์ของชั้นเรียน 3. สรุปความคิดสำคัญเป็นแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน
9.การใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบาย	1. กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกัน 2. นำอภิปรายเพื่อตรวจสอบผลการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์	1. นำแบบจำลองที่มีความเห็นร่วมกันไปใช้เพื่อแก้ปัญหาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ ใหม่

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ให้นิยามและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้จากที่ไม่เคยกระทำ หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนการสอน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่มีการวัดได้

นิยม ศรียะพันธุ์ (2541) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการเรียนการสอน

สุรีพันธุ์ พันธุ์ธรรม (2553) ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นความรู้ความเข้าใจ สมรรถภาพของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ และทักษะที่เกิดขึ้นจากการได้รับการสอน

พัชรินทร์ ชูกลิ่น (2554) ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นความสามารถในการเรียนรู้ด้านสติปัญญาของผู้เรียนซึ่งสามารถวัดได้จากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนหลังจากการเรียนรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้นิยามของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยยึดตามแนวคิดของ Klopfer (1971) แบ่งการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้ความคิดเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์และ 4) ด้านนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ให้ความหมายไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงเวลาหนึ่ง โดยผลการเรียนรู้อาจเป็นความรู้หรือทักษะที่บ่งบอกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้างต้นนั้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความสามารถด้านสติปัญญาที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งวัดได้จากพฤติกรรม หลังได้รับการจัดการเรียนการสอน

2.2 องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ให้นิยามและให้องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้แนวทางสำหรับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยวัดได้จากพฤติกรรมการที่แสดงออกของนักเรียนโดยแบ่งองค์ประกอบ ออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้ (1) ด้านความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมการรู้ข้อเท็จจริงสามารถจำหรือระลึกถึงข้อมูลได้ (2) ด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกว่ามีความเข้าใจสามารถอธิบายข้อมูลได้ (3) ด้านการนำไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมการนำความรู้ที่มีไปใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นใหม่ (4) ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง พฤติกรรมที่สามารถแยกแนวคิดหลักหรือข้อมูลที่มีความซับซ้อนแบ่งออกเป็นส่วนๆ ให้เข้าใจได้ง่าย (5) ด้านการสังเคราะห์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการรวบรวมความรู้และข้อเท็จจริงเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ และ (6) ด้านการประเมินค่า คือ พฤติกรรมที่แสดงออกถึงการตัดสินใจเลือก จากข้อมูล ความรู้หรือจากประสบการณ์ที่ได้รับ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) จำแนกองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านวิชาการตามหลักการของ Klopfer (1971) วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน ดังนี้

1.1 พฤติกรรมด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีความจำเรื่องต่างๆ ที่ได้รับรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือและการฟังคำบรรยาย เป็นต้น

1.2 พฤติกรรมด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ ความจำ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) ความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการและทฤษฎีต่างๆ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายของข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนมติ หลักการและทฤษฎีที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

1.3 พฤติกรรมด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1.4 พฤติกรรมด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนทัศน์ หลักการ กฎ ทฤษฎี ตลอดจนนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ได้ โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประเภท คือ 1) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน 2) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ซึ่งเป็นปัญหาเดียวกันแต่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ 2 สาขาขึ้นไปและ 3) แก้ปัญหาที่

นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์ ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์นั้นหมายถึงเรื่องเทคโนโลยี

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นด้วยความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย เป็นผลสัมฤทธิ์ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินการ เช่น การใช้เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำขณะทำการทดลอง

Klopfer (1971) จำแนกองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมการเรียนรู้ 6 ด้าน คือ

1. ความรู้และความเข้าใจ
2. กระบวนการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
4. ทักษะปฏิบัติการในการใช้เครื่องมือ
5. เจตคติและความสนใจ
6. การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ข้างต้นนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้คือ องค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านพุทธิพิสัย หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ไขปัญหาต่างๆ ได้ ตลอดจนการตัดสินใจเลือกข้อมูลเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้

2. ด้านจิตพิสัย หมายถึง ความสนใจ เจตคติที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

3. ด้านทักษะพิสัย หมายถึง ทักษะการปฏิบัติในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์

2.3 แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ให้นิยามและให้กำหนดแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) ได้มีการแบ่งประเภทของแบบสอบที่ครูสร้างขึ้นเองและนิยมใช้เพื่อวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยประกอบด้วย 6 แบบดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือข้อสอบความเรียง ลักษณะเป็นข้อสอบที่มีเพียงแค่คำถามเท่านั้น แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบอย่างเสรี โดยนักเรียนจะเขียนบรรยายในสิ่งที่รู้ เข้าใจและสามารถแสดงข้อคิดเห็นของตนเองได้

2. ข้อสอบแบบถูกผิด ข้อสอบมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบที่มีเพียง 2 ตัวเลือก ซึ่งตัวเลือกดังกล่าวจะเป็นแบบคงที่และจะต้องมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เป็นต้น

3. ข้อสอบแบบเติมคำ ลักษณะข้อสอบจะประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์โดยให้ผู้ตอบเติมคำ หรือข้อความที่ถูกต้องลงในช่องว่าง เพื่อให้ประโยคนั้นมีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ลักษณะข้อสอบจะมีความคล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่จะแตกต่างกันที่ในส่วนที่ข้อสอบแบบตอบสั้นนั้น จะเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบที่สั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความจะแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกและคำตอบตัวลวง

2.4 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้สรุปและนิยามหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

Hopkins and Antes (1990) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 8 ข้อดังนี้

1. ผู้เขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเขียนแบบทดสอบในช่วงระหว่างการเรียนการสอนหรือเพิ่งเสร็จจากการเรียนการสอนในเรื่องนั้น ๆ เนื่องจากผู้เขียนแบบทดสอบยังจำและเข้าใจเนื้อหาการเรียนการสอนได้ดีอยู่

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจะต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนและตารางวิเคราะห์หลักสูตรที่กำหนดขึ้น

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องถามในหัวข้อเนื้อหาหรือประเด็นที่มีความสำคัญ ไม่ถามในรายละเอียดหรือหัวข้อเนื้อหาที่ไม่ใช่แก่นสาระ

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องถามให้ผู้สอบได้ตอบคำถามซึ่งสะท้อนถึงความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอน

5. การเลือกประเภทแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้เขียนแบบทดสอบต้องคำนึงถึงแบบทดสอบที่จะทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ โดยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องตรงกับสิ่งที่จะวัดให้มากที่สุด

6. ผู้เขียนแบบทดสอบควรศึกษาถึงวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากแหล่งต่างๆ เช่น จากแบบทดสอบมาตรฐานโดยข้อคำถามต้องมีความกะทัดรัดชัดเจน และใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยไม่ควรลอกข้อความหรือข้อคำถามโดยตรงจากหนังสือมาสร้างเป็นแบบทดสอบ

7. ผู้เขียนแบบทดสอบต้องหลีกเลี่ยงข้อคำถามข้อใดข้อหนึ่งที่สามารถไปชี้นำคำตอบของคำถามอีกข้อหนึ่ง

8. ผู้เขียนแบบทดสอบควรมีการตรวจสอบและวิจารณ์ข้อสอบโดยผู้สอนในรายวิชาเดียวกัน เพื่อปรับปรุงและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้มีคุณภาพมากขึ้น

บุญชม ศรีสะอาด (2546) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้

1. ผู้เขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องวิเคราะห์จุดประสงค์เนื้อหาวิชาและทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ ให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการสอนหรือจุดประสงค์การเรียนรู้และทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่ามีโครงสร้างอย่างไร ซึ่งข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีการวัดผลการเรียนรู้ที่นิยมกันได้แก่ การเขียนข้อสอบวัดด้านพุทธิพิสัย ซึ่งมี 6 ระดับขั้นตามแนวความคิดของบลูมซึ่งได้มีการปรับปรุงใหม่ในปี ค.ศ. 1990 คือ (1) ด้านความรู้ความจำ (2) ด้านความเข้าใจ (3) ด้านการนำไปใช้ (4) ด้านการวิเคราะห์ (5) ด้านการประเมิน และ (6) ด้านการสร้างสรรค์ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2558)

2. ผู้เขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องกำหนดแบบของข้อคำถามและต้องศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบและพิจารณาความเหมาะสมว่าจะใช้ข้อคำถามรูปแบบใด

3. ผู้เขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องเขียนข้อสอบโดยใช้ตารางกำหนดลักษณะของข้อสอบที่จัดทำไว้ขั้นที่ 1 เป็นกรอบ ซึ่งจะทำให้ผู้เขียนนั้นสามารถออกข้อสอบวัดได้ครอบคลุมทุกหัวข้อเนื้อหาและทุกสมรรถภาพ และควรทบทวนอีกครั้งหนึ่งโดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ ระดับภาษาที่ใช้เขียนแบบทดสอบซึ่งจะต้องมีความชัดเจนเข้าใจง่ายเหมาะสม นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาความเหมาะสมของตัวเลือกที่ถูกและตัวเลือกลวง

4. พิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทดลองใช้กับกลุ่มที่คล้ายกันกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบจริงซึ่งได้เรียนในวิชาเนื้อหาที่จะสอบแล้วและทำการวิเคราะห์คุณภาพคัดเลือกเอาข้อที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ

5. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง และนำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกและระดับความยากเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการในขั้นตอนที่ 4 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับที่จะนำไปใช้จริง

มนชิดา เรืองรัมย์ (2556) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้ ผู้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องคำนึงหลักการสร้างหลายประการ เช่น ผู้เขียนข้อสอบควรเขียนในระหว่างที่สอน แบบทดสอบต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ข้อคำถามควรถามในเรื่องที่สำคัญ ไม่ถามเรื่องปลีกย่อย สะท้อนถึงความรู้ที่ได้ศึกษา นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงระยะเวลาที่ใช้สอบ การให้คะแนน และแปลผลคะแนนด้วย

จากการศึกษาหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ทั้งหมด 3 ประเด็น ดังนี้

1. ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นผู้เขียนแบบทดสอบต้องดำเนินการศึกษาจุดประสงค์เนื้อหาวิชาและสร้างตารางกำหนดลักษณะข้อสอบเพื่อให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ ข้อคำถามจะควรวัดในประเด็นสาระที่สำคัญ ไม่ถามในรายละเอียดปลีกย่อย และต้องกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบให้มีความเหมาะสม

2. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตารางกำหนดลักษณะข้อสอบ พิจารณาความเหมาะสมของคำถาม ระดับภาษา ระยะเวลาที่ใช้สอบจำนวนข้อคำถามให้เหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญหรือครูที่สอนในรายวิชาเดียวกัน นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ใกล้เคียงกับนักเรียนกลุ่มที่จะทดสอบจริง นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนก คัดเลือกเอาข้อที่มีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพเข้าตามเกณฑ์มาใช้ทดสอบจริง

2.5 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการตรวจสอบหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ จะต้องประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.5.1 ความเที่ยงตรง (Validity)

ปราณี หลาเบ็ญสะ (2561) ได้ให้ความหมายของ ความเที่ยงตรง ดังนี้ หมายถึง ความถูกต้อง สอดคล้องของแบบทดสอบกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการจะวัด ถือว่าเป็นคุณลักษณะสำคัญที่สุดของแบบทดสอบ ความตรงที่ใช้ในการทดสอบสามารถจำแนกออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้างและความตรงตามเกณฑ์ โดยความตรงที่เกี่ยวข้องกับ

การสร้างแบบทดสอบมากที่สุดคือ ความตรงตามเนื้อหา ซึ่งการหาค่าทำได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามในแต่ละข้อนั้น สามารถวัดได้ตรงตามสิ่งที่ผู้วิจัยได้กำหนดและต้องการวัดตามเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้มากน้อยเพียงใด โดยจะใช้เกณฑ์การประเมินและพิจารณาดังนี้ ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์วัดได้ตรงตามเนื้อหานั้นผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ วัดได้ตรงตามเนื้อหานั้นและถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์ไม่ตรงตามเนื้อหานั้น ซึ่งการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อ (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC) ซึ่งถ้าค่า IOC มากกว่า 0.50 แสดงว่า ข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงจุดประสงค์ หรือตรงตามเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ แสดงว่าข้อคำถามข้อนั้นใช้ได้โดยสามารถคำนวณหาค่า IOC ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N}$$

เมื่อ ΣR แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2561) ได้ให้ความหมายของ ความตรง (Validity) ความสามารถของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด โดยเครื่องมือวิจัยประเภทวัดความรู้มักใช้การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งเป็นการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC)

ไพศาล หวังพานิช (2547) ได้สรุปความหมายของ ความเที่ยงตรง หมายถึง ผลที่เกิดจากการวัดได้สอดคล้องและตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงจะสามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่มีคุณภาพ และส่งผลให้การแปลข้อมูลถูกต้อง ดังนั้นความเที่ยงตรงจึงถือได้ว่าเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกชนิด

สุมิตรา อังวัฒนะกุล (2539) ได้สรุปความหมายของความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถวัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องตรงตามจุดประสงค์ของเครื่องมือ

2.5.2 ความเชื่อมั่น (Reliability)

ปราณี หลาเบ็ญสะ (2561) ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่น ไว้ดังนี้ ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาของคะแนนในการวัดแต่ละครั้งหรือกล่าวได้ว่าเป็นความคงที่ของ

ผลการวัด โดยถ้ามีการตรวจสอบผลซ้ำอีกไม่ว่ากี่ครั้งก็จะได้ผลคะแนนทดสอบที่ใกล้เคียงกันกับผลการวัดเดิม โดยวิธีการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบนั้นผู้วิจัยสามารถทำได้หลายวิธี คือ

1) วิธีสอบซ้ำ

2) วิธีแบบทดสอบคู่ขนาน

3) วิธีหาความสอดคล้องภายใน แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

3.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ

3.2 วิธีหาจากสูตรคูเดอร์และริชาร์ดสัน

- สูตร KR - 20 (กรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อไม่เท่ากัน)

- สูตร KR – 21 (กรณีที่ค่าความยากง่ายของข้อสอบทุกข้อเท่ากันหรือไม่แตกต่างกันมาก)

3.3 วิธีหาจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา การหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbach) นี้ปรับมาจากสูตร KR – 20 ใช้หาความเที่ยงของเครื่องมือวัดที่ให้คะแนนแตกต่างกันไปในแต่ละข้อได้โดยไม่จำเป็นต้องเป็นระบบการให้คะแนน แบบ 1 กับ 0

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2561) ความเชื่อมั่นแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ความเที่ยงแบบคงที่ สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีสอบซ้ำ โดยนำแบบทดสอบไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกันจำนวน 2 ครั้งคือ การทดสอบครั้งที่ 1 และการทดสอบครั้งที่ 2 โดยมีการเว้นระยะห่างของการทำแบบทดสอบ โดยทั่วไปอาจจะห่างกัน 7-10 วัน หลังจากนั้นนำผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยค่าที่คำนวณได้นั้นจะเป็นการวัดความคงที่โดยปัจจัยที่มีผลต่อความเที่ยงคือ เวลา ดังนั้นผู้วิจัยควรระบุระยะเวลาห่างของการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ไว้ในงานวิจัยด้วย

2. ความเที่ยงแบบเท่าเทียม สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีใช้ฟอร์มคู่ขนาน โดยนำแบบทดสอบ 2 ชุดที่มีลักษณะเหมือนกันไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

3. ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน สามารถตรวจสอบได้หลายวิธีเช่น วิธีแบ่งครึ่ง วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันและวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา

2.5.3 ความยาก (Difficulty)

ปราณี หลาเบ็ญสะ (2561) ค่าความยากของข้อสอบนั้นมาจากผลการสอบของผู้สอบเป็นสำคัญ โดยค่าความยากจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 สามารถพิจารณาได้โดยถ้าข้อสอบมีค่าความยากสูง เช่น $p = 0.95$ แสดงว่า มีผู้ตอบถูกจำนวนมาก จึงถือว่าเป็นข้อสอบข้อนั้นง่ายแต่ในทางกลับกันถ้าข้อสอบมีผู้ตอบถูกน้อย เช่น $p = 0.15$ แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543)

ค่าความยากของข้อสอบ	การแปลความหมาย
0.80-1.00	ง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60-0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40-0.59	ยากพอเหมาะ (ดีมาก)
0.20-0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0.00-0.19	ยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2561) ค่าความยาก หมายถึง สัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกกับจำนวนผู้สอบทั้งหมด โดยค่าความยากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 1.00

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81-1.00	ง่ายมาก
0.61-0.80	ค่อนข้างง่าย
0.41-0.60	ยากพอเหมาะ
0.21-0.40	ค่อนข้างยาก
0.00-0.2	ยากมาก

2.5.4 อำนาจจำแนก (Discrimination)

ปราณี หลาเบ็ญสะ (2561) ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ ลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถ แบ่งระดับผู้ทำแบบทดสอบตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่ง ซึ่งข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูงนั้น เด็กเก่งมักตอบถูกมากว่าเด็กอ่อนเสมอ อำนาจจำแนกของข้อสอบ จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง +1 ค่าอำนาจจำแนกที่ดีควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป กรณีที่ค่าอำนาจจำแนกติดลบ แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นทีการจำแนกแบบกลับหมายความว่า คนเก่งทำข้อสอบไม่ได้ แต่คนอ่อนทำข้อสอบข้อนั้นได้ ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรตัดทิ้ง

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ปราณี หลาเบ็ญสะ, 2561)

ค่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ	การแปลความหมาย
0.6-1.00	อำนาจจำแนกดีมาก
0.4-0.59	อำนาจจำแนกดี
0.2-0.39	อำนาจจำแนกพอใช้
0.1-0.19	อำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
-1.00-0.09	อำนาจจำแนกต่ำมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2561) อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการแบ่งผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนสูงออกจากผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนต่ำ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 1.00 การพิจารณาข้อสอบใดดีหรือไม่ดีจะพิจารณาจาก ค่าความยากและอำนาจจำแนกโดยค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกควรอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

ค่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	ดีมาก
0.30-0.39	ดี
0.20-0.29	พอใช้
ต่ำกว่า 0.19	ไม่ดี (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ (2544) ได้ให้ความหมายของอำนาจจำแนกคือ แบบทดสอบข้อใดที่มีคาอำนาจจำแนกเขาใกล +1.00 จะชี้ให้เห็นวาแบบทดสอบข้อนั้นมีคาอำนาจจำแนกอยู่ในระดับดีมาก หรือแบบทดสอบข้อนั้นมีประสิทธิภาพในการแยกผู้เรียนที่มีความสามารถและผูเรียนที่ไมมีความสามารถได้ดีแต่ถาแบบทดสอบนั้นมีคาอำนาจจำแนกเขาใกล 0 จะชี้ให้เห็นวาแบบทดสอบข้อนั้นไมมีอำนาจจำแนกหรือไมมีประสิทธิภาพในการแยกผูตอบที่มีผู้เรียนที่มีความสามารถและผู้เรียนที่ไมมีความสามารถ และแบบทดสอบที่มีคาอำนาจจำแนกเปนลบชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนที่มีความสามารถสวนใหญตอบผิด แต่ผูตอบที่ไมมีความสามารถสวนใหญตอบถูก ซึ่งถือวาแบบทดสอบขอนั้นเปนขอทดสอบที่ไมมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การตรวจสอบหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยยังจะต้องคำนึงถึงประเด็นต่าง ๆ (ปราณี หลาเบ็ญสะ, 2561) ดังต่อไปนี้

1. ความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง ความชัดเจนของข้อคำถามที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลนั้นมีความเห็นสอดคล้องกันในเรื่องของคำถาม ค่าของคะแนนที่วัดได้ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งคุณสมบัติความเป็นปรนัยของแบบทดสอบมี 3 ประการ ดังนี้

1.1 ความชัดแจ้งในความหมายของคำถาม หมายถึง ทุกคนที่อ่านข้อสอบ ไม่ว่าจะเป็นผู้สอบหรือผู้ตรวจข้อสอบจะต้องเข้าใจในข้อคำถามตรงกัน

1.2 การตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน ไม่ว่าจะเป็นผู้ออกข้อสอบหรือบุคคลอื่นก็สามารถตรวจให้คะแนนได้ตรงกัน

1.3 การแปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน โดยทั่วไปข้อสอบปรนัยนั้นผู้ตอบถูกจะได้ 1 คะแนน ตอบผิดจะได้ 0 คะแนน

2. ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง เครื่องมือที่ช่วยให้การรวบรวมข้อมูลถูกต้องเชื่อถือ โดยผู้วิจัยลงทุนน้อย ใช้เวลารวบรวมน้อย รวมไปถึงการใช้แรงงานและทุนทรัพย์ที่น้อยที่สุดมีความสะดวกสบายและมีความคล่องตัวในการรวบรวมข้อมูล

3. ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ข้อสอบที่ดีจะต้องไม่ทำให้เด็กบางกลุ่มได้เปรียบหรือเสียเปรียบกัน เช่น ข้อสอบบางฉบับครูไปเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ข้อสอบบางข้อใช้คำถามหรือข้อความที่ชี้นำคำตอบ ส่งผลให้นักเรียนใช้ไหวพริบเดาได้

4. คำถามลึก (Searching) หมายถึง ข้อสอบที่ถามลึกไม่ถามแต่เพียงความรู้ความจำเท่านั้น แต่จะถามวัดความเข้าใจ และการนำความรู้ที่ได้เรียนไปแล้วมาแก้ปัญหา โดยคำถามที่ถามลึกนั้นผู้ตอบต้องคิดค้นก่อนจึงจะสามารถหาคำตอบได้

5. คำถามยั่วยุ (Exemplary) หมายถึง คำถามที่มีความท้าทายให้เด็กอยากคิดอยากทำ มีลีลาในการตั้งคำถามที่น่าสนใจ ไม่ถามวนเวียนหรือการใช้รูปภาพประกอบคำถามก็เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ข้อสอบน่าสนใจ โดยข้อสอบที่ยากเกินไปจะส่งผลทำให้ผู้สอบหมดกำลังใจที่จะทำข้อสอบฉบับนั้นต่อ

6. จำเพาะเจาะจง (Definite) หมายถึง คำถามที่ดีนั้นจะต้องไม่ถามความรู้ที่กว้างเกินไป หรือถามคลุมเครือหรือเล่นสำนวน ภาษา จนทำให้ผู้สอบงง โดยข้อสอบที่ดีผู้สอบอ่านแล้วต้องเข้าใจชัดเจนว่าครูถามอะไร

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ให้นิยามและความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้อธิบายการสร้างแบบจำลอง คือ การนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่น เป็นต้น

โกเมศ นาแจ้ง (2555) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ การสร้างภาพวาด แผนการทดลอง ตาราง แผนภูมิแท่ง กราฟ สมการ หรือเขียนข้อความที่แสดงความรู้ ความคิด และความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งใช้ในการตั้งสมมติฐาน อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ทางกายภาพ

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คือ สิ่งที่ นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของแนวคิด เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่มีความถูกต้องและสมบูรณ์จนได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

Gilbert and Elmer (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คือ การเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่สร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์อย่างเฉพาะเจาะจง

Harrison and Treagust (2000) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ การใช้รูปร่าง และแบบแผนที่เสมือนจริงแสดงลักษณะของระบบซึ่งทำให้ลักษณะที่สำคัญมีความเด่นชัดและมองเห็นได้ เพื่อสร้างความเข้าใจ ก่อให้เกิดคำอธิบายหรือการทำนายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางกายภาพ”

จากความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ข้างต้นนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้คือ การนำเสนอข้อมูลหรือแนวความคิดเพื่ออธิบาย ตั้งสมมติฐาน หรือทำนายปรากฏการณ์ ซึ่งตัวแทนของแนวคิดตามความเข้าใจของผู้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยสร้างภาพวาด เขียนข้อความ ตาราง กราฟ แผนภูมิหรือแผนการทดลอง

3.2 องค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ให้องค์ประกอบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

Harrison and Treagust (2000) ได้ระบุลักษณะที่สำคัญของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ 7 ลักษณะ ดังนี้

1. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ต้องมีความเกี่ยวข้องและสอดคล้องกับระบบ วัตถุ ปรากฏการณ์หรือกระบวนการที่จะอธิบายเสมอ

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือหนึ่งในการได้มาซึ่งสารสนเทศเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษา ซึ่งไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง เช่น แบบจำลองอะตอม แบบจำลองที่อธิบายหลุมดำ เป็นต้นโดยแบบจำลองที่มีลักษณะคัดลอกเพียงลักษณะภายนอกของวัตถุจึงไม่จัดเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะไม่นำเสนอวัตถุหรือปรากฏการณ์เหมือนภาพถ่ายหรือภาพที่มีลักษณะเหมือนกันโดยตรง

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นการเทียบกับปรากฏการณ์ที่ช่วยให้สามารถกำหนดสมมติฐานจากแบบจำลอง และทดสอบในขณะที่กำลังศึกษาปรากฏการณ์ โดยการทดสอบสมมติฐานนี้จะทำให้ได้สารสนเทศใหม่จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา

5. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีประเด็นที่แตกต่างจากปรากฏการณ์บางส่วน โดยจะคงไว้ในประเด็นที่มีความเป็นไปได้และอธิบายได้

6. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถสร้างขึ้นในลักษณะที่เป็นการเทียบเคียงหรือแตกต่างจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อเป็นตัวเลือกจากคำถามที่ต้องการศึกษา

7. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผ่านกระบวนการทดลองซ้ำเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง จากการได้มาซึ่งหลักฐานเชิงประจักษ์เพิ่มเติมซึ่งมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์

3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

Harrison and Treagust (2000) ได้จำแนกประเภทของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภทตามวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองที่ใช้ในการสอน (Scientific and teaching models) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ประเภทย่อย ได้แก่

1.1 แบบจำลองเชิงมาตราส่วน (Scale models) จะนำมาใช้ในการบรรยายลักษณะ รูปร่าง สี และโครงสร้างภายนอกของวัตถุ เช่น แบบจำลองสัตว์ แบบจำลองพืช เป็นต้น

1.2 แบบจำลองเชิงเทียบร่วมทางการสอน (Pedagogical analogical models) นำมาใช้ในการสอน ใช้สำหรับอธิบายสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า เช่น แบบจำลองโมเลกุล โดยใช้ลูกบอลแทนอะตอมและใช้ไม้ยึดติดกับลูกบอลแทนพันธะ เป็นต้น

1.3 แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Iconic and symbolic models) มักเป็นสูตรหรือสมการ ส่วนใหญ่ใช้เพื่ออธิบายและสื่อความหมายในวิชาเคมี เช่น การใช้สัญลักษณ์ CO_2 แทนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

1.4 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นการแสดงสมการทางคณิตศาสตร์และกราฟ ซึ่งช่วยแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ เช่น $F = ma$ เป็นต้น

1.5 แบบจำลองเชิงทฤษฎี (Theoretical models) สร้างขึ้นเพื่ออธิบายลักษณะพื้นฐานของทฤษฎี เช่น ทฤษฎีจลน์ของแก๊สที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปริมาตร อุณหภูมิ และความดันของแก๊ส

2. แบบจำลองบรรยายมโนทัศน์และ/หรือกระบวนการ (Models depicting multiple concepts and/or process) แบ่งเป็น 3 ประเภทย่อย ดังนี้

2.1 แผนที่ แผนภาพ และตาราง (Maps, diagrams and tables) เป็นแบบจำลองที่แสดงรูปแบบ ลำดับและความสัมพันธ์ที่ง่ายต่อการเข้าใจของนักเรียน เช่น ตารางธาตุ แผนภาพต้นไม้ และสายใยอาหาร เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์-กระบวนการ (Concept-process models) แบบจำลองประเภทนี้นำมาใช้สำหรับการอธิบายมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นกระบวนการและเป็นสิ่งที่อธิบายได้ยาก เช่น การอธิบายปฏิกิริยารีดอกซ์ และสมดุลเคมี เป็นต้น

2.3 สถานการณ์จำลอง (Simulations) เป็นแบบจำลองที่แสดงกระบวนการเกี่ยวกับเคลื่อนไหวที่มีความซับซ้อน มักเป็นการจำลองเสมือนจริง เช่น การจำลองการบินของเครื่องบิน การเกิดปรากฏการณ์โลกร้อน และปฏิกิริยานิวเคลียร์ เป็นต้น

3. แบบจำลองส่วนบุคคลของความเป็นจริง ทฤษฎี และกระบวนการ (Personal models of reality, theories and processes) แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อย ดังนี้

3.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองที่สร้างจากกระบวนการเรียนรู้ โดยแบบจำลองนี้มีความสัมพันธ์กับการช่วยจินตนาการภาพในการสร้างแบบจำลอง

3.2 แบบจำลองเชิงสังเคราะห์ (Synthetic models) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสังเคราะห์ขึ้นจากการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการสอนด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครู

Nicolaou and Constantinou (2014) จำแนกประเภทของแบบจำลองเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกระบวนการ

เรียนรู้หรือได้รับประสบการณ์ใหม่ แบบจำลองประเภทนี้จะถูกปรับปรุงเมื่อได้เรียนรู้จากสถานการณ์หรือกระบวนการใหม่

2. แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual models) เป็นแบบจำลองที่แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ และนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างคำทำนาย โดยมีความสัมพันธ์กับการพัฒนามโนทัศน์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองซึ่งเป็นตัวแทนความคิดที่ได้รับจากการแปลความหมาย ส่วนใหญ่แบบจำลองนี้จะอยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ และมักใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Jong, Chiu and Chung (2015) ได้จำแนกประเภทแบบจำลองโดยแบ่งตามลักษณะของการเรียนรู้ ซึ่งออกแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับในการอธิบาย

2. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนใช้คำอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

3. แบบจำลองที่แสดงออก (Express models) เป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual models) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical models)

Bryce et al. (2016) ได้แบ่งแบบจำลองทางชีววิทยาออกเป็น 2 ประเภท โดย (1) แบ่งแบบจำลองตามการวิจัยทางด้านชีววิทยาและ (2) แบ่งแบบจำลองตามการเรียนรู้ชีววิทยา โดยแบบจำลองทางชีววิทยาแต่ละประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบจำลองทางชีววิทยาแบ่งตามการวิจัยทางด้านชีววิทยาแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1.1 แบบจำลองเชิงกายภาพ (Concrete models) แบบจำลองนี้มีลักษณะเป็นตัวแทนทางความคิดในลักษณะ 3 มิติ เช่น แบบจำลองดีเอ็นเอของ Watson และ Crick เป็นต้น

1.2 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual models) แบบจำลองนี้มีลักษณะเป็นการสื่อสารเชิงภาษาหรือเชิงภาพ เช่น แผนภาพดีเอ็นเอ และการควบคุมการแสดงออกของยีนภายในเซลล์ เป็นต้น

1.3 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical models) แบบจำลองนี้มีลักษณะเป็นการแสดงสัญลักษณ์หรือกราฟ เช่น กราฟแสดงอัตราการเจริญเติบโตของเม่นทะเล นากทะเล และสาหร่ายเคลป์บริเวณชายฝั่งอลาสก้า เป็นต้น

2. แบบจำลองทางชีววิทยาแบ่งตามแบบจำลองที่ใช้ในการเรียนรู้ชีววิทยา ดังนี้

2.1 แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) มีลักษณะเป็นแบบจำลองทางกายภาพเช่น แบบจำลองดินน้ำมันแสดงระบบย่อยอาหาร เป็นต้น

2.2 แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) มีลักษณะเป็นการบรรยาย เช่น การบรรยายเปรียบเทียบจงอยปากของนกฟินซ์กับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับประทานอาหารต่าง ๆ เช่น ช้อน ส้อม ตะเกียบ เป็นต้น

2.3 แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic models) มีลักษณะเป็นการใช้สัญลักษณ์และสมการ เช่น การคำนวณความถี่อัลลีล เป็นต้น

2.4 แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) เช่น ภาพแสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอ ภาพแสดงทางเดินอาหารของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

2.5 แบบจำลองเชิงท่าทาง (Gestural models) เช่น การใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบเพอริสตัลซิส เป็นต้น

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถแบ่งประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) แบบจำลองเชิงกายภาพ แบบจำลองนี้มีลักษณะในการนำเสนอแนวความคิดออกมาในลักษณะ 3 มิติ เช่น แบบจำลองดินน้ำมันดีเอ็นเอของ Watson และ Crick เป็นต้น 2) แบบจำลองเชิงภาพ/แผนภาพ แบบจำลองนี้มีลักษณะในการนำเสนอแนวความคิดออกมาในลักษณะของภาพวาด แผนภาพ แผนการการทดลอง ภาพลำดับขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ เช่น การวาดภาพอธิบายกระบวนการการแบ่งเซลล์ 3) แบบจำลองเชิงภาษา แบบจำลองนี้มีลักษณะในการนำเสนอแนวความคิดออกมาในลักษณะของการบบรยาย อธิบายถึงปรากฏการณ์ รูปร่าง ลักษณะต่าง ๆ เช่น การเขียนอธิบายการเกิดความแตกต่างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 4) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ แบบจำลองนี้มีลักษณะในการนำเสนอแนวความคิดออกมาในลักษณะของกราฟ แผนภูมิ สมการ ตาราง เช่น กราฟแสดงการเจริญเติบโตของพารามีเซียม เป็นต้น

3.4 แนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาค้นคว้า เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีผู้ได้ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

Bamberger and Davis (2013) ได้ทำประเมินแบบจำลองวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองในหัวข้อเรื่อง กลิ่น การระเหย และแรงเสียดทาน โดยมีการแบ่งองค์ประกอบสำหรับการประเมินออกเป็นทั้งหมด 4 หัวข้อ ได้แก่ 1) การอธิบายข้อมูล 2) การเปรียบเทียบ 3) ความเป็นนามธรรม และ 4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์ที่ใช้ประเมินแบบจำลอง (Bamberger & Davis, 2013)

ข้อคำถาม

1. บิลล์และชอว์นน่ารู้สึกประหลาดใจเมื่อพวกเขาสังเกตว่ากลิ่นจะจางหายได้เร็วกว่าในสภาพอากาศที่เย็นพวกเขาจึงทำการทดลองโดยทำให้สภาพห้องมีอุณหภูมิที่ต่ำ (50 °F) และทำการวัดเวลาที่กลิ่นจางหายไปหลังจากเสียบปลั๊กเครื่องดับกลิ่น วันต่อมาพวกเขาทำการทดลองในห้องเดียวกันแต่ทำในห้องที่มีอุณหภูมิสูง (85 °F) และวัดเวลาที่กลิ่นจางหายไปหลังจากเสียบปลั๊กเครื่องดับกลิ่นเช่นเดิม ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

ก. ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำการทดลองของบิลล์และชอว์นน่าคือข้อใด ให้นักเรียนวงกลมข้อที่ถูกต้อง

1. กลิ่นหายไปในเวลาเดียวกันทั้งในห้องที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง
2. กลิ่นหายไปได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 85 °F
3. กลิ่นหายไปได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิ 50 °F

ข. ให้นักเรียนวาดแบบจำลองที่ช่วยอธิบายตัวเลือกในข้อ ก. (แบบจำลองที่นักเรียนสร้างควรแสดงว่าทำไมกลิ่นที่อุณหภูมิหนึ่งเร็วกว่าอีกอุณหภูมิหนึ่ง) เกณฑ์ที่ใช้ประเมินแบบจำลอง

ระดับ	การอธิบายข้อมูล	การเปรียบเทียบ	ความเป็นนามธรรม	การระบุองค์ประกอบ
1	มีการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นก่อน-หลัง แต่ไม่มีการอธิบายกระบวนการ	ไม่มีการเปรียบเทียบแบบจำลอง มีการอธิบายเพียงแค่สถานการณ์เดียว	มีเฉพาะองค์ประกอบที่สังเกตเห็นได้ เช่น เครื่องดับกลิ่นหรือบุคคล	ไม่มีการระบุคำสำคัญ
2	อธิบายว่าสิ่งที่เกิดขึ้นเกิดผ่านกระบวนการที่นำไปสู่ผลลัพธ์ แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผล	มีการเปรียบเทียบแบบจำลองที่อธิบายเพียงสถานการณ์เดียวแต่มีคำศัพท์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น เร็วกว่า ช้ากว่า	มีองค์ประกอบที่ไม่สามารถงเกตเห็นได้ เช่น คลื่น การเคลื่อนที่ ของโมเลกุล	มีการระบุคำสำคัญบางส่วน

ระดับ	การอธิบายข้อมูล	การเปรียบเทียบ	ความเป็นนามธรรม	การระบุองค์ประกอบ
3	อธิบายว่า สิ่งที่เกิดขึ้นเกิดผ่านกระบวนการ รวมถึงเหตุผลสำหรับการเกิดผลลัพธ์โดยมีการอธิบายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้ง 2 อุณหภูมิ	มีการเปรียบเทียบของแบบจำลองในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นทั้ง 2 สถานการณ์	มีองค์ประกอบที่ไม่สามารถมองเห็นได้มีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบ	มีการระบุคำสำคัญทั้งหมด

Schwarz et al. (2009) ได้มีแบ่งเกณฑ์การวัดและการประเมินกระบวนการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่ 1) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลองและ 2) เกณฑ์การประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลองเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	1. นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองช่วยในการคิด 2. นักเรียนพิจารณาได้ว่าปรากฏการณ์และแบบจำลองที่หลากหลายนั้นมีความสอดคล้องกัน 3. นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อตั้งคำถามใหม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ใหม่
3	1. นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบายและทำนายลักษณะของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง 2. นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่มีอยู่และปรากฏการณ์ใหม่ 3. นักเรียนพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อยของแบบจำลองที่แตกต่างกัน
2	1. นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์โดยพิจารณาร่วมกับหลักฐานที่เกี่ยวข้อง 2. นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับสื่อสารความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ มากกว่าเครื่องมือสำหรับการสนับสนุนความคิด

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
1	1. นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงถึงปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ 2. นักเรียนไม่สามารถมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความรู้ใหม่ แต่มองว่าแบบจำลองเป็นการแสดงถึงสิ่งอื่นที่มีความคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่สังเกต

เกณฑ์การประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	1. นักเรียนพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองเพื่อพัฒนาการอธิบายที่ดีขึ้นก่อนการสนับสนุนด้วยหลักฐาน แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาคำถามที่ทดสอบกับหลักฐานจากปรากฏการณ์ 2. นักเรียนประเมินแบบจำลองโดยพิจารณาลักษณะร่วมของแบบจำลองที่สามารถพัฒนาคำอธิบายและการทำนายที่มีประสิทธิภาพ
3	1. นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่เหมาะสมสอดคล้องกับหลักฐาน เพื่อพัฒนาคำอธิบาย2. นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลอง จากการมองเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างหรือความสัมพันธ์ที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์มากกว่า
2	1. นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองโดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับจากครู หนังสือ หรือเพื่อนมากกว่าการพิจารณาจากหลักฐานที่ได้รับจากปรากฏการณ์หรือกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ 2. นักเรียนสร้างการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนารายละเอียด ความชัดเจน และเพิ่มเติมข้อมูล โดยปราศจากการพิจารณาคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพต่อหลักฐานเชิงประจักษ์
1	1. นักเรียนไม่คาดหวังว่าแบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปสู่ความรู้ใหม่ นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับแบบจำลองในแง่ของความสมบูรณ์ โดยไม่พิจารณาถึงคำตอบที่ถูกหรือผิด 2. นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อประเมิน

Jackson (2001) ได้จัดทำตัวอย่างเกณฑ์ประเมินจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบรูบริกส์โดยแบ่งตามระดับความสามารถออกเป็น 4 ระดับคือ ดี พอใช้ ปรับปรุงและไม่ผ่าน สำหรับการให้คะแนนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอในรูปแบบของภาพวาดและการให้คำอธิบายของนักเรียนโดยได้แยกแยะประเด็นสำหรับการประเมินออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้ (1) ภาพวาด (2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดและคำอธิบายและ (3) คำอธิบาย ตามตารางดังต่อไป

ตัวอย่างเกณฑ์ประเมินจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอในรูปแบบของภาพวาดและการให้คำอธิบายของนักเรียน (Jackson, 2001)

ระดับความสามารถ	รายการประเมิน		
	ภาพวาด	ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดและคำอธิบาย	คำอธิบาย
1. ระดับดี	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตของพืชจากพืชหน้าดินเป็นไม้ล้มลุกหรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถาเนื้อแข็งได้อย่างชัดเจน	คำอธิบายสอดคล้องกับการวาดภาพ	คำอธิบายมีความสมบูรณ์ มีการระบุการเปลี่ยนแปลงของพืชตลอดเวลาจากหน้าดินไปเป็นไม้ล้มลุกหรือหรือต้นไม้เตี้ย ไปสู่ไม้เถาเนื้อแข็ง และเปลี่ยนแปลงจนคงที่รวมถึงการระบุพืชอื่นๆที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น
2. ระดับพอใช้	วาดภาพได้ไม่ชัดเจน	คำอธิบายส่วนใหญ่สอดคล้องกับการวาดภาพ	คำอธิบายขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพืช และไม่มีการระบุพืชอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น
3. ระดับปรับปรุง	วาดภาพการแสดงการเปลี่ยนแปลงคลาดเคลื่อน	วาดภาพไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย	คำอธิบายผิด
4. ไม่ผ่าน	ภาพวาดไม่สอดคล้อง	วาดภาพและคำอธิบายผิด	คำอธิบายผิด

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการ

เคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้พัฒนาแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นแบบรูบริกส์แบ่งระดับการให้คะแนนความสามารถเป็น 3 ระดับ คือ ดี (3) พอใช้ (2) และควรปรับปรุง (1) ประกอบด้วยแบบประเมิน 5 ฉบับ แบ่งตามประเภทของแบบจำลอง ซึ่งได้แก่

1) แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด
2) แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง
3) แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิก
4) แบบจำลองที่แสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์
5) แบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์

ตัวอย่างแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงด้วยภาพวาด โกเมศ นาแจ้ง (2554)

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**			**รวม คะแนน**
	ดี	**พอใช้**	**ควรปรับปรุง**	
1.ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	วาดภาพ/แผนผังที่แสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่ครบถ้วนและไม่ชัดเจน	วาดภาพ/แผนผังที่แสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนแต่ไม่ชัดเจน	วาดภาพ/แผนผังแสดงรายละเอียด เงื่อนไข หรือสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วนและชัดเจน	
2.การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ระบุตัวแปรที่ศึกษา/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแลครบถ้วน	
3.การแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	วาดภาพบนพื้นฐานของมโนทัศน์หลักที่มีในปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	
รวม				

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			รวมคะแนน
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	
1.ความสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายโดยระบุการเปลี่ยนแปลงในวัตถุ สถานการณ์หรือกระบวนการไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายโดยระบุการเปลี่ยนแปลงในวัตถุ สถานการณ์หรือกระบวนการได้คลาดเคลื่อนจากวัตถุประสงค์หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และปรากฏการณ์ที่ศึกษา	
2.การระบุตัวแปร/สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรไม่สอดคล้องกับข้อมูล	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ได้สอดคล้องกับข้อมูล	มีการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้สอดคล้องกับข้อมูลและถูกต้อง	
3.การแสดงมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	เขียนอธิบายไม่ถูกต้อง และระบุมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง	เขียนอธิบายโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	เขียนอธิบายโดยอ้างเหตุผลเชื่อมโยงกับมโนทัศน์ได้ถูกต้องและครบถ้วน และระบุมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	
รวม				

3.6 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้มีนักวิชาการหลายท่านได้ระบุแนวทางไว้อย่างหลากหลายดังต่อไปนี้

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2561) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยไว้ว่า โดยทั่วไปแล้วเครื่องมือวิจัยต้องมีลักษณะคุณภาพ ดังนี้

1. ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา หรือวิธีครอนบาค (Cronbach alpha) โดยจะใช้กับการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามที่เป็นแบบมาตรา

ส่วนประมาณค่าแบบสัมภาษณ์หรือลักษณะของข้อสอบแบบอัตนัยโดยคะแนนจากการสอบไม่จำเป็นต้องเป็นแบบถูกให้ 1 และผิดให้ 0 คะแนน สามารถทำได้โดยนำเครื่องมือวิจัยที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มผู้สอบเพียงครั้งเดียว

วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

โดย α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือ

n แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i^2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรายข้อ

S_t^2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของคำถามกับพฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายของสิ่งที่จะวัด โดยผู้วิจัยต้องเข้าใจในเรื่องของโครงสร้างของพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดให้ชัดเจนก่อน ลักษณะของพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมโครงสร้าง ส่วนใหญ่จะวัดพฤติกรรมเกี่ยวกับพุทธิพิสัยและจิตอารมณ์

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2549) ได้เสนอแนะการหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ไว้หลายวิธี ดังนี้

1. การตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่ข้อสอบฉบับนั้นต้องการวัด

2. การตรวจสอบสัดส่วนของจำนวนข้อคำถามในแต่ละพฤติกรรมกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร

3. การตรวจสอบ โดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่

3.1 หาค่าดัชนีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะของกลุ่มพฤติกรรมหรือหาค่า IOC โดยผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อยต้องมี 3 คน ใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2 หาค่าดัชนีความเหมาะสมของการร่างข้อคำถามกับลักษณะเฉพาะของกลุ่มพฤติกรรม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ โดยคะแนนลำดับ 5 คือมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างมากที่สุดไปจนถึง 1 คือ ข้อความที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างน้อยที่สุด นำค่าคะแนนหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อที่ใช้ได้ คือ ข้อที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.5 ขึ้น

ไป และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 กับที่ไม่ได้เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าวอยู่ในดุลยพินิจว่าจะตัดทิ้งหรือปรับปรุง

3.3 ตรวจสอบคะแนนรายข้อสอบทั้งฉบับ โดยใช้สถิติ rxy หากคำถามใดมีค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนรวมสูงแสดงว่าข้อคำถามดังกล่าวมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างชั้น

3.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเครื่องมือที่สร้างขึ้นกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะตรงกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษากับผลการวัดจากกลุ่มที่ไม่มีคุณลักษณะตรงตามที่ศึกษา โดยใช้สถิติ t – test แบบ Independent โดยค่าที่ใช้ได้ คือ ค่า t – test ตามระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ซึ่งก็ไม่ควรจะมากกว่า .05

3.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ โดยแบบทดสอบมาตรฐานต้องคุณลักษณะหรือมีลักษณะโครงสร้างสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการวัด โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

3.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เป็นวิธีที่จะให้ได้ข้อสอบที่ตรวจตามโครงสร้างจริงๆ และเป็นวิธีที่น่าเชื่อถือ แต่จะยุ่งยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้องใช้กลุ่ม Try - Out เป็นจำนวนมากในการวิเคราะห์และต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประสพชัย พสุนนท์ (2558) ได้กล่าวว่า การวัดในการวิจัยประเภทที่เป็นเชิงคุณภาพมีความแตกต่างจากการวิจัยเชิงปริมาณเนื่องด้วยการวัดไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวและหน่วยการวัดมีความไม่เท่ากัน เครื่องมือวิจัยเชิงคุณภาพแบบนี้ได้แก่ แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมินผลงาน/ชิ้นงาน กลุ่มเครื่องมือนี้จำเป็นจะต้องมีคุณสมบัติความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งหากเครื่องมือการวิจัยขาดความเชื่อมั่น จะส่งผลต่อการแปลผลและรายงานผลการวิจัย เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากเดิม

ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัยนั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความเชื่อมั่นแบบคงที่ (Stability Reliability)

2. ความเชื่อมั่นแบบสมมูล (Equivalent Reliability)

3. ความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency Reliability) โดยความเชื่อมั่นแบบที่ 1 และ 2 นั้นผู้วิจัยสามารถจะใช้วิธีการทดสอบซ้ำ (Test-retest Method) ด้วยเครื่องมือเดิม ส่วนวิธีที่ 3 วิธีที่นิยมคือ การหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability: IRR) เป็นการพิจารณาของผู้ประเมินตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยที่ผู้ประเมินแต่ละคนมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยสถิติที่นิยมใช้ในการประเมิน IRR ได้แก่ สถิติแคปปา (Kappa Statistics) ซึ่งเหมาะสำหรับข้อมูลระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) และข้อมูลระดับอันดับ (Ordinal Scale) ระดับความสอดคล้องของสถิติแคปปาตามแนวทางของ Landis and Koch (1977)

ค่าสถิติ Kappa	ระดับความสอกคล้องของผู้ประเมิน
0.81-1.00	ความสอดคล้องดีมาก
0.61-0.80	ความสอดคล้องดี
0.41-0.60	ความสอดคล้องปานกลาง
0.21-0.40	ความสอดคล้องพอใช้
0.00-0.20	ความสอดคล้องเล็กน้อย
น้อยกว่า 0.00	ไม่มีความสอดคล้อง

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Halloun (1998) ได้ทดลองใช้วิธีการสอนโดยเน้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Schematic Modeling Approach) และการเรียนการสอนที่เน้นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นฐาน (Model Based Instruction) โดยใช้กระบวนการสร้างแบบจำลอง 5 ขั้น ได้แก่ 1) การเลือก 2) การสร้าง 3) การตรวจสอบ 4) การวิเคราะห์ และ 5) การนำแบบจำลองไปใช้ โดยการเสริมและเน้นการอภิปรายภายในรูปแบบของกลุ่ม โดยทำการทดลองกับนักเรียนชาวเลบานอนจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและกลุ่มที่เรียนระดับวิทยาลัย โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาใน 2 หัวข้อ คือ

1. ด้านการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการศึกษาใน 4 ประเด็น ได้แก่ ด้านขอบเขต (Domain) ด้านโครงสร้าง (Structure) ด้านส่วนประกอบ (Composition) และด้านการจัดระบบ (Organization)

2. ด้านมโนทัศน์ของแรงอันเป็นมโนทัศน์เชิงปฏิสัมพันธ์ที่เป็นพื้นฐานในวิชาฟิสิกส์ โดยใช้ผลการทดลองเปรียบเทียบก่อนและหลังซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่า 1) การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองทั้ง 4 ประเด็น 2) การใช้แนวการสอนที่เน้นการสร้างแบบจำลองทางความคิดผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องแรงหลังการทดลองเพิ่มขึ้น

Hestenes (2006) ผู้วิจัยได้ทดลองเปรียบเทียบกลุ่มการสอนแบบปกติที่เน้นการสอนแบบบรรยายการสาธิตและกลุ่มนักเรียนที่สอนด้วยวิธีการสอนแบบการสร้างแบบจำลอง (Modeling Instruction) ที่เน้นการตรวจสอบและการนำแบบจำลองไปใช้เพื่อทำความเข้าใจ หลังจากให้นักเรียนเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการการสร้างแบบจำลองเป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ และทำการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์โดยใช้แบบสอบที่เรียกว่า Force Concept Inventory (FCI)

จำนวน 3,394 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 52 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติที่ได้คะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละ 42 และเลือกนักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับดีเยี่ยมหลังจากเข้าอบรมเชิงปฏิบัติการเมื่อเวลาผ่านไป 2 ปี จำนวน 647 คน และทำการวัดด้วยแบบวัด FCI โดยผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องกลศาสตร์หลังการทดลองคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 69

Littlejohn (2007) ไดจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งใช้รูปแบบการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใหนักเรียนสรางแบบจำลองใบไม แบบจำลองเซลลพืช และแบบจำลองเซลลสัตว เพื่อแกปญหาการเรียนรูและปัญหาด้านมโนทัศนเรื่อง การสังเคราะหด้วยแสงของพืช และการหายใจระดับเซลล ภายหลังการสอนผู้วิจัยพบวานักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านความรู และด้านความเข้าใจในมโนทัศน์เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวดังกลาวเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเชื่อมโยงความรูเรื่อง การสังเคราะห์ด้วย แสงของพืชกับการหายใจระดับเซลลไดชัดเจนขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนไดเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติดวยตนเอง อีกทั้งแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นยังชวยให้สามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซอนใหเห็นเปนรูปธรรมได

Baek et al. (2010) ได้ศึกษาและพัฒนารูปแบบการสอนด้วยวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS โดยการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Modeling) ในด้านของการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 28 คน โดยทำการสอนเป็นระยะเวลา 6-8 สัปดาห์ ในบทเรียนเรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร ซึ่งทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัด การบันทึกวิดิทัศน์และการใช้การสัมภาษณ์ จากการศึกษาพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 64 และจากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน ผลปรากฏว่า นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ และยังสามารถคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลองได้

ปยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการเรียนรูดวยการออกแบบที่มีตอมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสรางแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบในรายวิชาชีววิทยา โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย โดยพบว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยในด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 3.57 อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมากและมีคะแนนของแบบจำลองเฉลี่ย 2.59 อยู่ในระดับดีมาก

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่

และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จำนวน 102 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 52 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน ผลการทดลองพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในระดับพอใช้โดยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย จำนวน 39 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

1) ศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ รายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เพื่อกำหนดเนื้อหาและขอบข่ายที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนสอน

2) กำหนดเนื้อหา สาระ และจำนวนคาบเรียน และดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) โดยผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 บท จำนวน 18 คาบเรียน และมีกรอบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 แสดงเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อการจัดการเรียนการสอน	จำนวนคาบเรียน
1	โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้	3
2	การสืบพันธุ์ของพืชดอก	3
3	โครงสร้างเมล็ด	3
4	โครงสร้างและหน้าที่ของราก	3
5	โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น	3
6	โครงสร้างและหน้าที่ของใบ	3

ตารางที่ 3.2 กรอบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ นำเข้าบทเรียนด้วยคำถามหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจ	กระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับหัวข้อที่ศึกษาโดยใช้คำถาม	สนใจในข้อคำถามและตั้งคำถามหรือสมมติฐาน
2. การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเป็นรายบุคคลเพื่อแสดงความเข้าใจเบื้องต้น	ให้คำแนะนำในการแสดงแนวความคิดออกมาเป็นแบบจำลอง	นักเรียนสร้างแบบจำลองตามความเข้าใจเบื้องต้นของตนเองโดยการวาดภาพ
3. การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ให้นักเรียนตรวจสอบแลกเปลี่ยนแนวความคิดสมมติฐานกับกลุ่มเพื่อน	แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนให้เกิดการแลกเปลี่ยนแนวความคิด	แลกเปลี่ยนแนวความคิดและแบบจำลองภายในกลุ่มย่อย เปรียบเทียบความแตกต่าง ปรับปรุงแบบจำลอง หาข้อสรุปและสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ปรับปรุงแบบจำลองของตนเองจากข้อมูลการตรวจสอบเชิงประจักษ์	กระตุ้นให้นักเรียนประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองที่ครูกำหนด	นักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันประเมินแบบจำลองของเพื่อนในกลุ่มด้วยแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
5. การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์	ให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเนื้อหาสำคัญและเนื้อหาอื่นที่แบบจำลองแสดงไม่ได้ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม	สืบค้นข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ และศึกษาเรียนรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น
6. การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ประเมินและปรับปรุงแบบจำลองของตนเองโดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	กระตุ้นให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของตนเองจากข้อมูลที่ได้มา	นำแนวคิดที่ได้จากการสืบค้นและการอภิปรายร่วมกันและปรับปรุงแบบจำลองของตน
7. การประเมินโดยเพื่อน ให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของตนเองและอภิปรายในกลุ่มย่อยโดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	กระตุ้นให้นักเรียนภายในกลุ่มประเมินโดยใช้ เกณฑ์การประเมินแบบจำลองที่ครูกำหนด	นำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อย โดยให้เพื่อนในกลุ่มเป็นผู้ร่วมอภิปรายและประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
8. การลงมติแบบจำลองที่สร้าง นักเรียนตัวแทนกลุ่มย่อยนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นและสรุปความคิดสำคัญ	ให้ตัวแทนกลุ่มนำเสนอแบบจำลอง ครูเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างของแบบจำลอง	คัดเลือกตัวแทนออกมานำเสนอแบบจำลองหน้าชั้นเรียน พร้อมทั้งให้สมาชิกในชั้นเรียนระบุจุดเด่น และจุดที่ควรปรับปรุงและอภิปราย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนของแบบจำลองและเปรียบเทียบลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม
9. การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย การใช้แบบจำลองที่เป็นมติของชั้นเรียนไปอธิบายปรากฏการณ์	กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกันมาอภิปรายเพื่อตรวจสอบผลการทำนายและอธิบายปรากฏการณ์	นำแบบจำลองที่มีความเห็นร่วมกันไปใช้เพื่อแก้ปัญหาอธิบายหรือทำนายในสถานการณ์ที่กำหนด

3) ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีการกำหนดแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3.3 หลังจากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

ตารางที่ 3.3 แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องดำเนินการสร้างในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวข้อการจัดการเรียนการสอน	แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องดำเนินการสร้าง
1	โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้	ภาพวาดโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้
2	การสืบพันธุ์ของพืชดอก	แบบจำลองการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกจากดินน้ำมัน
3	โครงสร้างเมล็ด	แผนภาพการงอกของเมล็ด
4	โครงสร้างและหน้าที่ของราก	ภาพวาดโครงสร้างจากการตัดตามขวางของราก
5	โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น	แบบจำลองโครงสร้างจากการตัดตามขวางของลำต้นจากหลอดพลาสติก
6	โครงสร้างและหน้าที่ของใบ	แบบจำลองโครงสร้างจากการตัดตามขวางของใบจากหลอดพลาสติก

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อไปยังผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการพิจารณาความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ ตัวชี้วัด กิจกรรมขั้นตอนการสอน การวัดผลและประเมินผล โดยใช้ความเหมาะสม 5 ระดับ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) มี

ความเหมาะสมอยู่ในระดับ 5 ทั้งนี้ได้ปรับปรุงกิจกรรมในบางขั้นตอนของการสอนตามคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมดังนี้

"แผนการจัดการเรียนรู้ควรมีการปรับการใช้ภาษาเพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้มีลักษณะเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ครูแจกใบกิจกรรมเรื่อง โครงสร้างลำต้นให้นักเรียนลงมือทำ แก้ไขเป็น นักเรียนลงมือทำใบกิจกรรมเรื่องลำต้น"

"ควรระมัดระวังเรื่องการควบคุมระยะเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม"

2.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบทผลสัมฤทธิ์ทางเรียนทางการเรียนเรื่องโครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกมีรายละเอียดการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพ

1) กำหนดจุดมุ่งหมายในการทำวิจัย คือ การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ศึกษาลักษณะของตัวแปร คุณลักษณะของประชากร รวมทั้งองค์ความรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อกำหนดขอบข่ายเนื้อหาสำหรับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) ดำเนินการสร้างแบบวัดผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด 6 หัวข้อ ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของรากโครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ

4) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อไปยังผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการพิจารณาความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ ตัวชี้วัดและข้อคำถาม โดยข้อคำถามทุกข้อมีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.67-1.00 ทั้งนี้ได้ปรับปรุงข้อคำถามบางข้อตามคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งนี้ได้ปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

"ตรวจสอบสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบางข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้"

"ควรตรวจสอบความสัมพันธ์ของระดับการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยกับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกัน"

ตัวอย่างเช่น

6) Endosperm เกิดจากข้อใดต่อไปนี้

1. egg (n) + sperm (n) 2. egg (n) + sperm (2n)

3. polar nuclei (2n) + sperm (n) 4. Polar nuclei (n) + sperm (2n)

ผู้วิจัยได้กำหนดระดับการเรียนรู้ คือ ความเข้าใจ ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้คำแนะนำปรับแก้เป็น ระดับความรู้ความจำ

7) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ได้เรียนเนื้อหาในบทเรียนนี้มาแล้ว เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางเรียนรายข้อ ได้แก่ ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกโดยมีเกณฑ์พิจารณาค่าความยากที่ 0.2-0.8 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับโดยการคำนวณหาค่าความเที่ยง ด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (KR-20) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ซึ่งจากการผลการทดลองใช้พบว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก สรุปว่ามีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.16-0.74 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.14-0.71 และค่าความเที่ยงของแบบวัดมีค่าเท่ากับ 0.90

2.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาองค์ประกอบสำคัญสำหรับเป็นแนวทางในการดำเนินการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาจากงานวิจัยของ ปิยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ดำรงศักดิ์ มีวรรณ์ (2552) โกเมศ นาแจ้ง (2554)

2) นำข้อมูลมาวิเคราะห์และกำหนดเกณฑ์การประเมิน โดยพิจารณาจากธรรมชาติของวิชาชีววิทยาที่มีคำศัพท์เฉพาะและประกอบด้วยเนื้อหาจำนวนค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและแบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 2 รายการได้แก่ 1) การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา และ 2) การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา ซึ่งแต่ละรายการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ดี (3) พอใช้ (2) และปรับปรุง (1)

3) กำหนดข้อคำถามสำหรับแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกสร้างแบบวัดประเภทอัตนัยจำนวน 5 ข้อ รวมทั้งกำหนดรายละเอียดของรายการการประเมินและสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคส์

ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การประเมินสำหรับแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอก

1. วันหนึ่งหลังจากเด็กหญิงมานีได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ เธอได้เดินเล่นกับเพื่อนอยู่หลังโรงเรียนและได้สังเกตเห็นดอกชบาสีแดงดอกหนึ่ง เธอจึงเกิดความสงสัยเกี่ยวกับโครงสร้างของดอกชบา จึงวิ่งไปถามครู ถ้านักเรียนเป็นครูจะวาดรูปเพื่ออธิบายโครงสร้างของดอกชบาให้เด็กหญิงมานีเข้าใจได้อย่างไร

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

1. Stamen/เกสรเพศผู้	2. Anther/อับเรณู	3. Filament/ก้านชูอับเรณู
4. Pistil/เกสรเพศเมีย	5. Stigma/ยอดเกสรเพศเมีย	6. Ovary/รังไข่
7. Calyx/วงกลีบเลี้ยง	8. Sepal/กลีบเลี้ยง	9. Petal/กลีบดอก
10. Corolla/วงกลีบดอก	11. Receptacle/ฐานรองดอก	12. Pedicel/ก้านดอก

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1คะแนน)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 9-12 คำ	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 4-8 คำ	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้องน้อยกว่า 4 คำ หรือไม่ระบุเลย
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 9-12 ส่วน	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 5-8 ส่วน	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้น้อยกว่า 4 ส่วนหรือไม่ระบุเลย

การแปลผลคะแนน 5-6 อยู่ระดับ ดี 3-4 อยู่ระดับ พอใช้ น้อยกว่า 3 อยู่ระดับ ปรับปรุง

4. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ดำเนินการสร้างเสร็จเรียบร้อยเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว เสนอต่อไปยังผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยการพิจารณาความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ ตัวชี้วัดและข้อคำถามความสอดคล้องระหว่างเกณฑ์การประเมินและรายการประเมิน โดยข้อคำถามทุกข้อมีดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.67 ทั้งนี้ได้ปรับปรุงข้อคำถามบางข้อตามคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิ

6. นำแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และตรวจสอบความสอดคล้องการให้คะแนน (Inter rater Reliability) กับครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยาอีก 1 ท่าน นำผลคะแนนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จากครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยาและคะแนนจากผู้วิจัยมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันโดยผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งผลพบว่าการให้คะแนนจากครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยาและคะแนนจากผู้วิจัยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีค่าเท่ากับ .00

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาดังนี้ โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของราก โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 39 คน ตามลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ก่อนการดำเนินการทดลองผู้วิจัยใช้เวลา 2 คาบ สำหรับการแนะนำรายวิชาชีววิทยา 3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ในหัวข้อต่อไปนี้

3.1.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

3.1.2 วัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนการสอน

3.1.3 ภาระงาน/ชิ้นงานที่เกิดขึ้นในแต่ละบทเรียน

3.1.4 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

หลังจากนั้นดำเนินการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที

3.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จำนวนทั้งหมด 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยเริ่มสอนตั้งแต่วันที่ 13 กรกฎาคม 2563 และสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนตามแผนในวันที่ 4 กันยายน 2563

3.3 เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนตามกำหนด ผู้วิจัยให้นักเรียนดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที

3.4 นำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ หาค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

3.5 ดำเนินการตรวจแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบคู่ขนานโดยผู้ตรวจคนที่ 1 คือ ผู้วิจัยและผู้ตรวจคนที่ 2 คือ ครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยา โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย โดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ที่กำหนด (ภาคผนวก ข) หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าความความเชื่อมั่นในการให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability: IRR) ด้วยสถิติ Kappa โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับคำนวณสถิติ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t – test for Dependent Sample or Correlated Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

4.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.1 สถิติพื้นฐาน

1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ X แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2) การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

ΣX^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3) t – test for Dependent Sample or Correlated Sample (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{\sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n} D_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} D_i\right)^2}{n-1}}} \qquad df = n-1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติใน t – test for Dependent

ΣD แทน การนำเอาผลต่างของคะแนนครั้งหลังกับครั้งแรกของนักเรียนแต่ละคนบวกกัน

ΣD^2 แทน การนำเอาผลต่างของคะแนนครั้งหลังกับครั้งแรกของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสองแล้วนำมาบวกกัน

$(\Sigma D)^2$ แทน การนำเอาผลต่างของคะแนนครั้งหลังกับครั้งแรกของนักเรียนแต่ละคนบวกกันแล้วยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

n-1 แทน ชั้นแห่งความอิสระ

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

4.2.1 การหาค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2549)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็น

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

4.2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผู้วิจัยได้มีการหาคุณภาพเครื่องมือโดยการหาค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ด้วยโปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อสอบแบบตัวเลือกถูกผิด ชุดโปรแกรมช่วยวิเคราะห์งานวิจัยทางการศึกษาพัฒนาโดย นายปกรณ์ ประจันบาน (2541) เพิ่มเติมโดย นายศักดิ์สิทธิ์ วัชรารัตน์ (2552)

4.2.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคำนวณจากสูตร K-R20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2549)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

p แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
โดยคำนวณจาก จำนวนนักเรียนทั้งหมด/จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก

q แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ (1 - p)

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4.2.4 การหาค่าความเที่ยงหรือความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right]$$

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือ

n แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i^2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรายข้อ

S_t^2 แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมทั้งฉบับ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ในงานวิจัยนี้พิจารณาข้อมูลจากผลการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ในเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของราก โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ เครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 25 ข้อ โดยแสดงได้ในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

	ค่าเฉลี่ย (*M*)	*SD*	df	t	p
ก่อนเรียน	6.72	3.89	38	17.03*	.000
หลังเรียน	14.41	4.99			

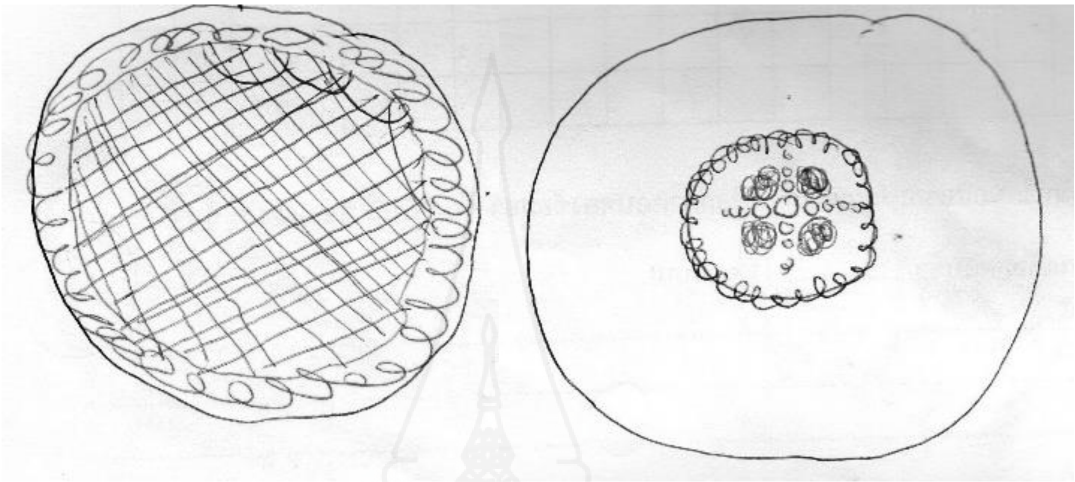
*p < .05

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่านักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

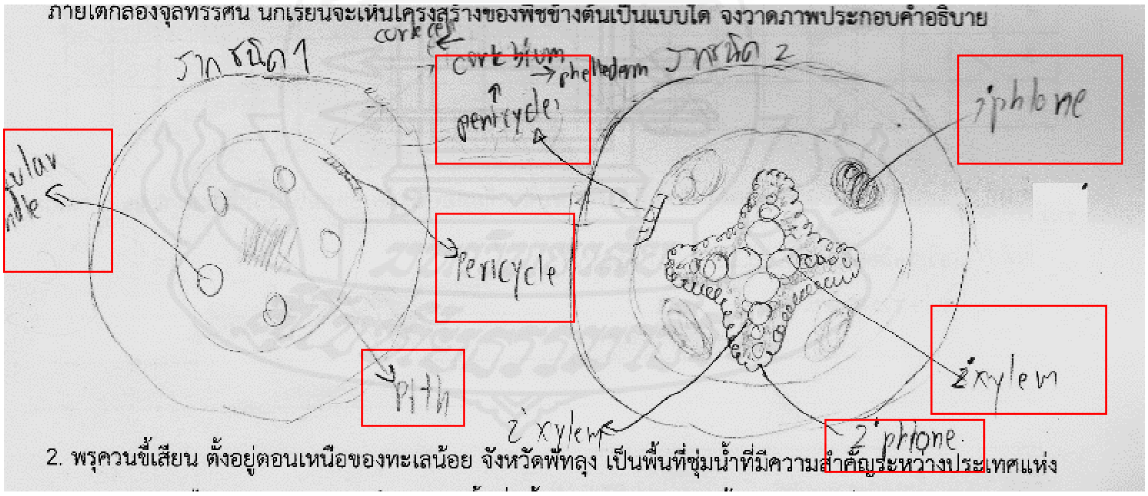
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้พิจารณาข้อมูลจากผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ในเนื้อหา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของราก โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ เครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ โดยแสดงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการเปรียบเทียบแบบจำลองของนักเรียนก่อนและหลังเรียน
ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

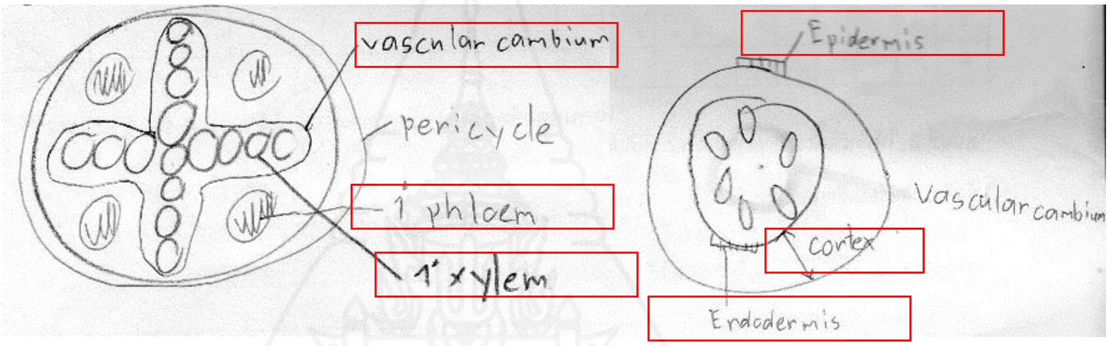


ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียน
ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

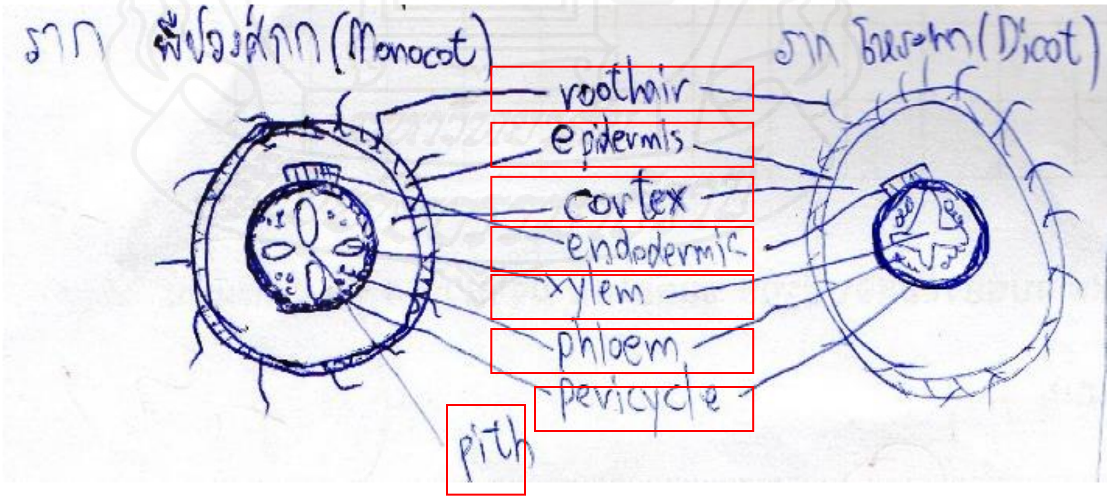


ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างราก
ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.1 แสดงโครงสร้างรากของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ในแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่า นักเรียนไม่มีการระบุชื่อโครงสร้างของราก จัดอยู่ในระดับปรับปรุงได้ 1 คะแนน และไม่มีการระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในระดับปรับปรุงได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.2 แสดงโครงสร้างรากของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่า ระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้องจำนวน 7 คำ จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน แต่ไม่ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือระบุไม่ถูกต้อง จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน

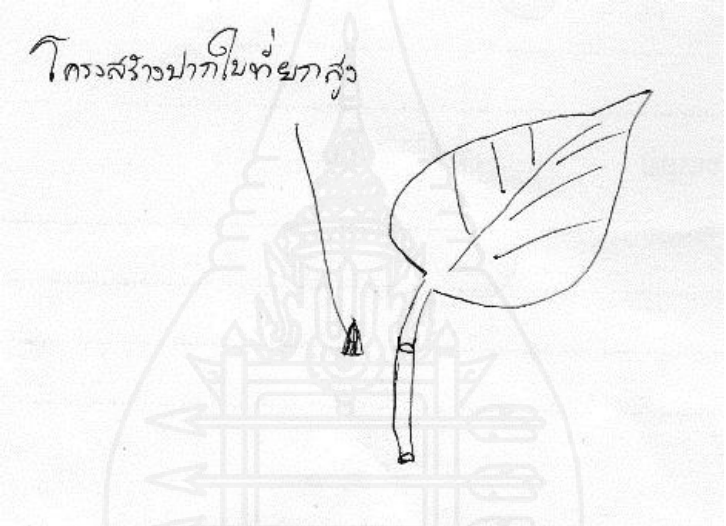


ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

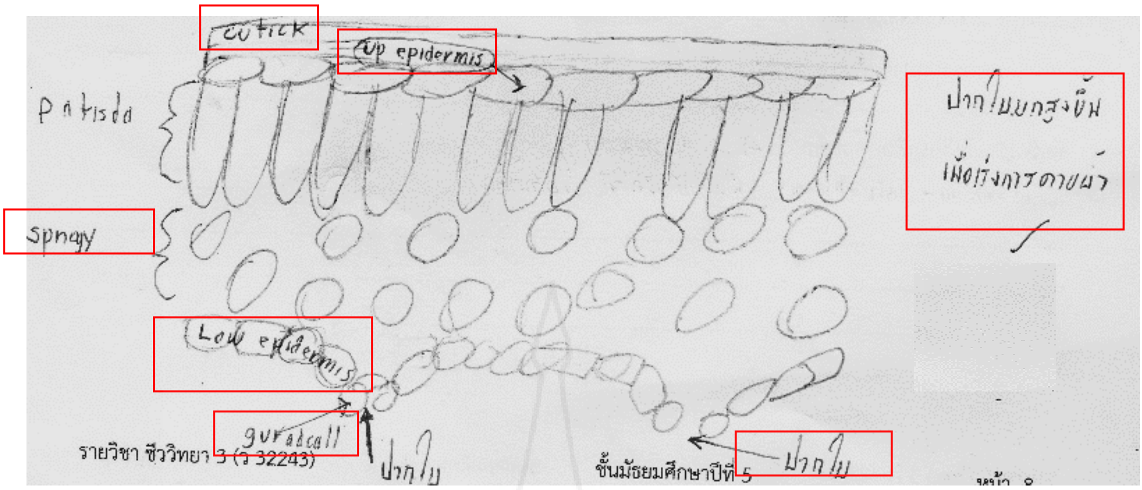


ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างรากของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.3 แสดงโครงสร้างรากของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่านักเรียน มีการระบุชื่อโครงสร้างของรากจำนวน 5 คำ จัดอยู่ในระดับพอใช้ ได้ 2 คะแนน แต่ไม่มีการระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.4 แสดงโครงสร้างรากของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่าระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้องทั้ง 8 คำ จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน และมีการระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน

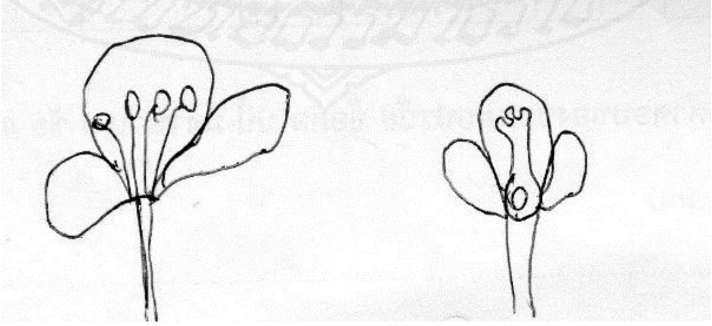


ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวางของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

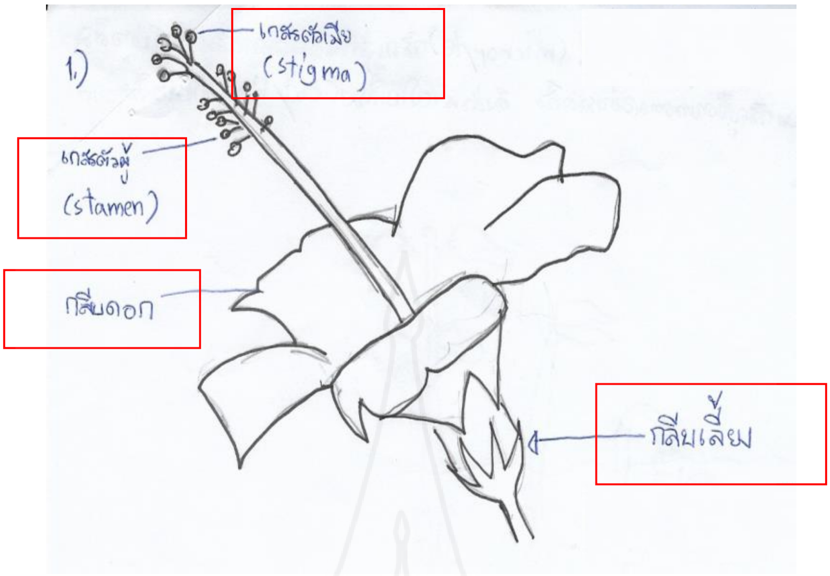


ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวาง ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.5 แสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวางของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่า นักเรียน ไม่มีการระบุชื่อโครงสร้างภายในจากการตัดตามขวางของใบพืชจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนนและไม่มีแสดงตำแหน่งปากใบและโครงสร้างภายในจากการตัดตามขวางของใบพืช จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.6 แสดงโครงสร้างใบจากการตัดตามขวางของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่า มีการระบุชื่อโครงสร้างภายในจากการตัดตามขวางของใบพืชได้ถูกต้องจำนวน 6 คำ จัดอยู่ในระดับพอใช้ ได้ 2 คะแนน และมีการแสดงตำแหน่งของปากใบรวมถึงโครงสร้างภายในจากการตัดตามขวางของใบพืชได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน

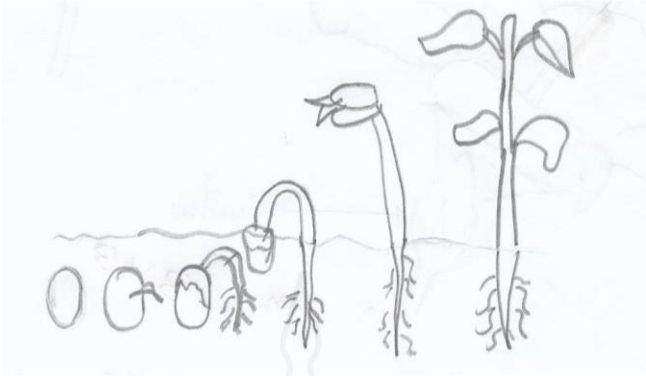


ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

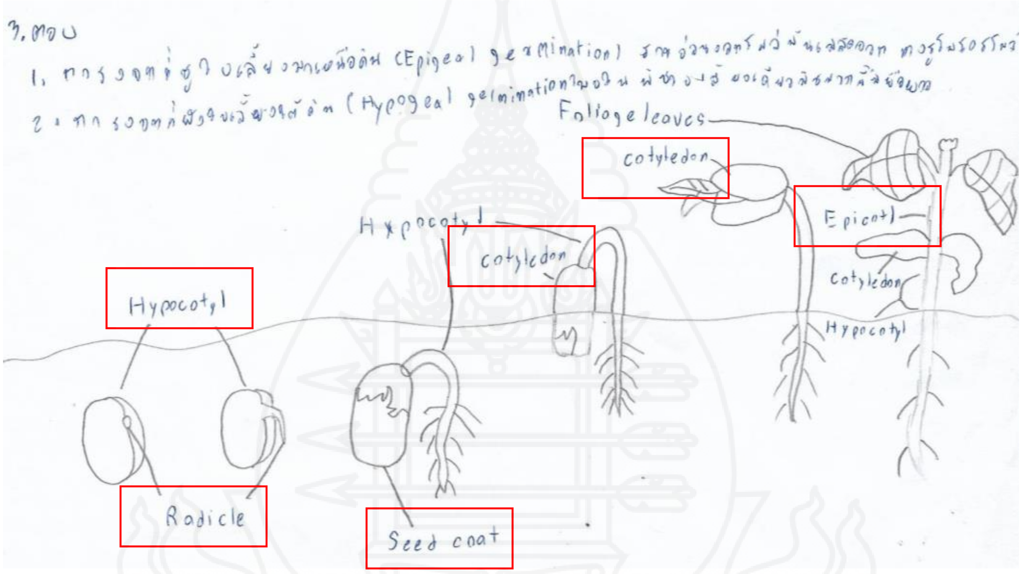


ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) ภาพที่ 4.7 แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่านักเรียน ไม่มีการแสดงรายละเอียดและระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ซึ่งจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน และไม่มีการระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.8 แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่า แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้องจำนวน 4 คำ จัดอยู่ในระดับพอใช้ ได้ 2 คะแนน แต่ไม่มีการระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน



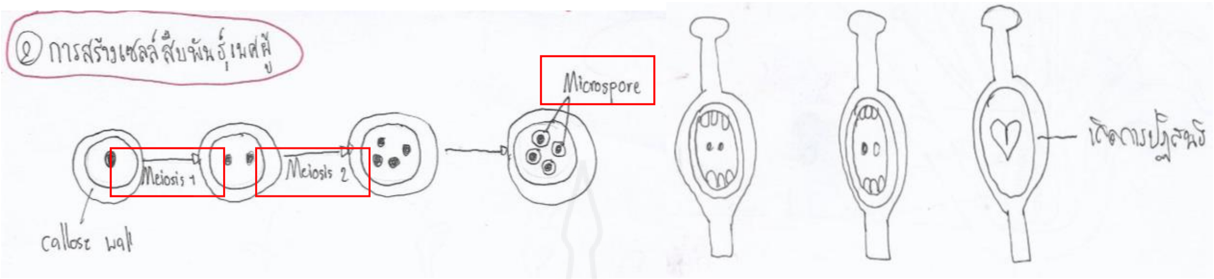
ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ด ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)



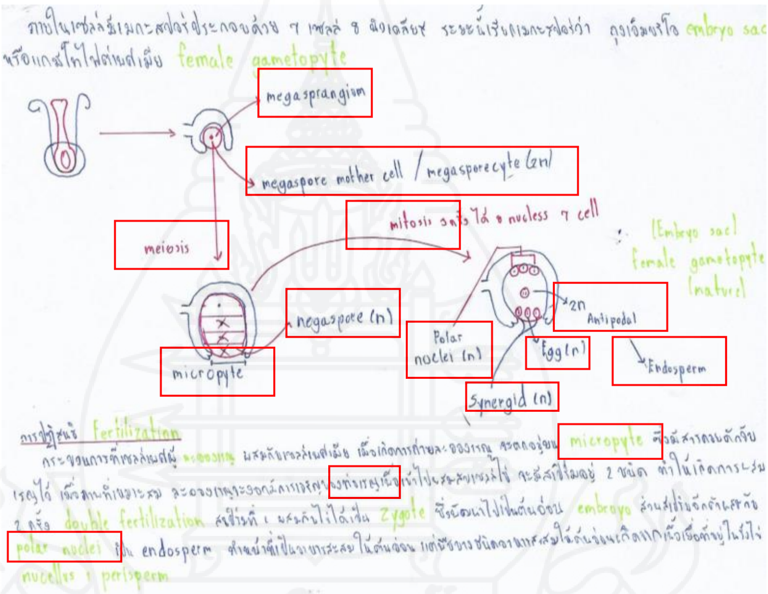
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ด ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.9 แสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ดของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่านักเรียนไม่มีการระบุชื่อโครงสร้างของเมล็ดซึ่งจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน และสามารถระบุขั้นตอนการงอกของเมล็ดได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับพอใช้ ได้ 2 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.10 แสดงโครงสร้างและการงอกของเมล็ดของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่า มีการระบุ

ชื่อโครงสร้างของเมล็ดได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดีได้ 3 คะแนน และระบุขั้นตอนการงอก ของเมล็ดได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดีได้ 3 คะแนน



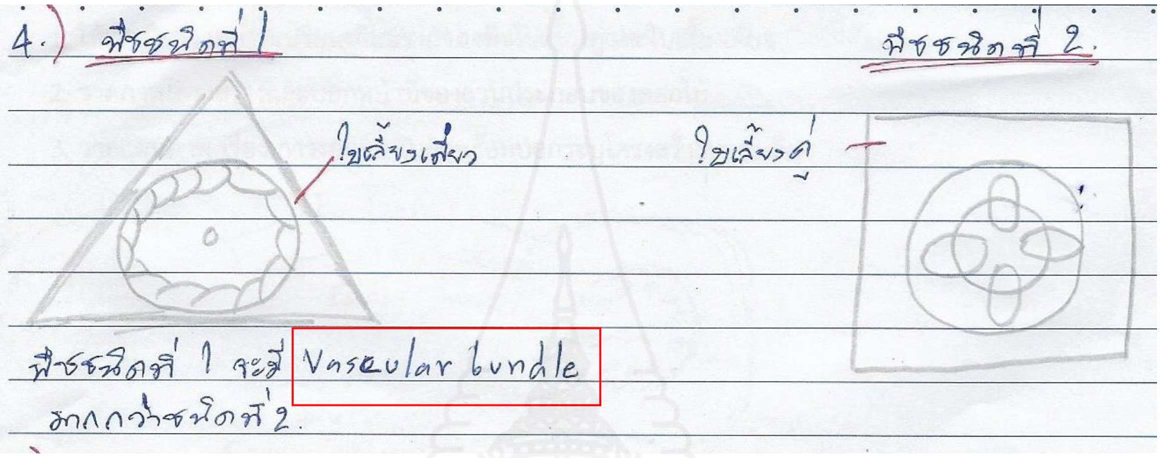
ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)



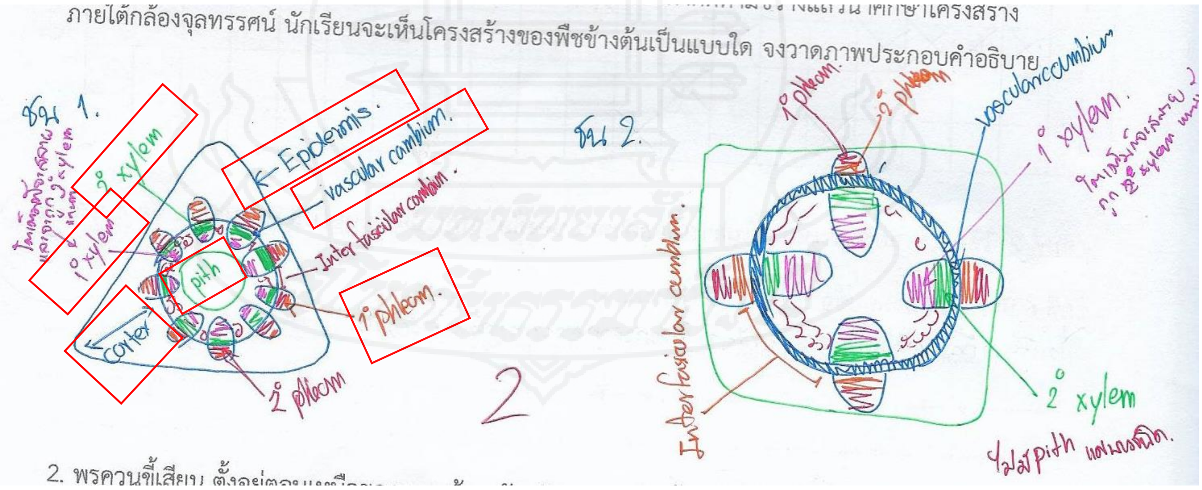
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.11 แสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่านักเรียนไม่มีระบุชื่อโครงสร้างของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ซึ่งจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน ไม่มีการระบุขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน และไม่มีการระบุขั้นตอนการปฏิสนธิของพืชดอกจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.12 แสดงขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอกของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้น

แบบจำลอง (MCIS) พบว่ามีการระบุชื่อโครงสร้างของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้องจำนวน 14 คำ จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน มีการระบุขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน และมีการระบุขั้นตอนการปฏิสนธิของพืชดอกได้ถูกต้อง ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับดี ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่ จากการตัดตามขวางของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)



ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างภาพแบบจำลองแสดงโครงสร้างลำต้นใบเลี้ยงเดี่ยว และใบเลี้ยงคู่ จากการตัดตามขวางของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากภาพที่ 4.13 แสดงโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ภาคผนวก ข) พบว่านักเรียนมีการระบุชื่อโครงสร้างของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางเพียง 1 คำ ซึ่งจัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน และไม่มีการระบุความแตกต่างของโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง จัดอยู่ในระดับปรับปรุง ได้ 1 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 4.14 แสดงโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่ามีการระบุชื่อโครงสร้างของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้องจำนวน 7 คำ จัดอยู่ในระดับดีได้ 3 คะแนน และระบุความแตกต่างของโครงสร้าง ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้อง ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน จัดอยู่ในระดับพอใช้ได้ 2 คะแนน

การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนี้พิจารณาข้อมูลจากผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) การจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ในเนื้อหาเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ การสืบพันธุ์ของพืชดอก โครงสร้างของเมล็ด โครงสร้างและหน้าที่ของรากโครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และโครงสร้างและหน้าที่ของใบ เครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลได้แก่แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ข้อ ดังคะแนนในตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย (*M*) ก่อนเรียน	ค่าเฉลี่ย (*M*) หลังเรียน
ดี	0	48.72
พอใช้	10.77	39.99
ปรับปรุง	89.23	10.77

จากตารางที่ 4.2 พบว่าก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) นั้นนักเรียนมีความสมารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ

10.77 และอยู่ในระดับปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 89.23 ซึ่งหลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 48.72 ระดับพอใช้คิดเป็นร้อยละ 39.99 และระดับปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 10.77

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

	ค่าเฉลี่ย (*M*)	*SD*	df	t	p
ก่อนเรียน	16.31	1.72	38	17.18*	.000
หลังเรียน	33.74	7.37			

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.31 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 33.74 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มาหาค่าความเชื่อมั่นในการให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน 2 ท่าน พบว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ทุกข้อนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .00 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 ท่านในการให้คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	ค่าความความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน	แปลผล
1	0. 654	ความสอดคล้องดี
2	0.884	ความสอดคล้องดีมาก
3	0.833	ความสอดคล้องดีมาก
4	0.668	ความสอดคล้องดี
5	0.538	ความสอดคล้องปานกลาง

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 กรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 39 คน ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ 18 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองด้วย แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (*M*) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบ t – test for Dependent Sample or Correlated Sample

1. สรุปการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง

1.2 สมมติฐานการศึกษา

1.2.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้าง เซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน

1.2.2 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน

1.3 วิธีดำเนินการศึกษา

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนไตรมิตร-วิทยาลัย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย จำนวน 39 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

1.3.2 เครื่องมือการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 6 เรื่องได้แก่ 1. โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ 2. การสืบพันธุ์ของพืชดอก 3. โครงสร้างเมล็ด 4. โครงสร้างและหน้าที่ของราก 5. โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น และ 6. โครงสร้างและหน้าที่ของใบ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) จำนวน 18 คาบ

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก เป็นแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และ 2. แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัยจำนวน 5 ข้อ

1.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที

2) ดำเนินการจัดการเรียนการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) จำนวนทั้งหมด 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง โดยเริ่มสอนตั้งแต่วันที่ 13 กรกฎาคม 2563 และสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนตามแผนในวันที่ 4 กันยายน 2563

3) ดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที

13.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) นำผลคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t – test for Dependent Sample or Correlated Sample

2) นำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t – test for Dependent Sample or Correlated Sample และหาค่าระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์รูบริคส์ที่กำหนด นอกจากนี้ดำเนินการตรวจสอบค่าความความเชื่อมั่นในการให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability: IRR) ด้วยสถิติ Kappa

1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเพิ่มสูงขึ้น โดยอยู่ในระดับดีร้อยละ 48.72 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ในวิชาชีววิทยา ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการอภิปรายใน 2 ประเด็น คือ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) และ 2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) โดยอภิปรายตามลำดับดังนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากผลการวิจัยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เมื่อเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้าง เซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้าง หน้าที่และการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก เนื่องจากเนื้อหาในบทนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนไม่สามารถสังเกตเห็นโครงสร้างหรือกระบวนการได้โดยตรง โดยเป็นไปตามที่ Baek, Schwarz, Chen, Hokayem and Zhan (2010) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS นั้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ Caleb M. Bryce et al. (2016) ยังกล่าวว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาบทเรียนในลักษณะที่สามารถสังเกตได้และลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยประสาทสัมผัสหรือมีกระบวนการในการศึกษาที่มีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดหรือระยะเวลา เช่น อะตอม เซลล์ และจักรวาล เป็นต้น โดยสอดคล้องกับเอกสารงานวิจัยของ หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล (2559) ที่ระบุว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในระดับดีมาก คือ ร้อยละ 80 ขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับเอกสารงานวิจัยของ Littlejohn (2007) ซึ่งไดจัดกิจกรรมการเรียนการสอนซึ่งใช้รูปแบบการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใหนักเรียนสรางแบบจำลองใบไม แบบจำลองเซลลพืช และแบบจำลองเซลลสัตว เพื่อแกปญหาการเรียนรูและปัญหาด้านมโนทัศน เรื่อง การสังเคราะหด้วยแสงของพืช และการหายใจระดับเซลล โดยพบวานักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านความรูเพิ่มสูงขึ้น

2) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

2.2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

จากผลการวิจัยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เมื่อเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) สูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องมาจากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานในบทเรียน มีความเข้าใจในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงใจความสำคัญของบทเรียน และนอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนบางส่วนยังสามารถจดจำเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยนักเรียนมีความสามารถใน

การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 48.72 เมื่อพิจารณาจะพบว่านักเรียนมีความสามารถเพิ่มสูงขึ้นแต่ยังไม่ถึงร้อยละ 50 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ นักเรียนไม่เห็นความสำคัญในการทำแบบทดสอบ หรือมาจากเกณฑ์ที่ใช้ประเมินอาจจะยังไม่ครอบคลุมเท่าที่ควร อาจแก้ไขโดยใช้การสัมภาษณ์ร่วมด้วย ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วม ค้นคว้าและตรวจสอบหาข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสดงแนวความคิด สิ่งที่ตนเองเข้าใจ (Hamin Baek et al, 2010) โดยสอดคล้องกับเอกสารงานวิจัยของปยะณัฐ นันทการณ์ (2551) ซึ่งได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการเรียนรูดวยการออกแบบที่มีตอมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสรางแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่าหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการออกแบบ มีคะแนนเฉลี่ยในด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 3.57 อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมากและมีคะแนนของแบบจำลองเฉลี่ย 2.59 อยู่ในระดับดีมาก และเอกสารงานวิจัยของโกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่องกฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ข้อเสนอแนะ

จากผลการนำการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการดำเนินการวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) เป็นแนวทางการสอนรูปแบบหนึ่งที่ครูสามารถนำมาปรับใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนที่เน้นการสร้างแบบจำลองทางความคิดส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วม ค้นคว้าและตรวจสอบหาข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อแสดงแนวความคิด สิ่งที่ตนเองเข้าใจ ดังนั้นครูควรเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์ที่ใช้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) นั้นมีขั้นตอนการสอนที่ค่อนข้างเยอะ ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจ

และควบคุมระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้อยู่ในระยะเวลาที่กำหนด โดยขั้นตอนที่ครูผู้สอนควรระมัดระวังเมื่อนำไปใช้ได้แก่

ขั้นที่ 3 การสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ครูผู้สอนต้องใช้คำถามโต้ตอบกับนักเรียนเพื่อแนะแนวทางในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แทนการให้นักเรียนค้นคว้าโดยตรงจากหนังสือเรียนหรืออินเตอร์เน็ต

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ครูผู้สอนต้องชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เพื่อนได้สร้างขึ้น

ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ในขั้นนี้หลังจากครูผู้สอนให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้ว ต้องระมัดระวังไม่ให้นักเรียนคัดลอกรูปภาพหรือข้อความจากแหล่งข้อมูลมาแต่ควรให้นักเรียนนำข้อมูลมาสรุปและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

ขั้นที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน ครูผู้สอนต้องชี้ให้เห็นถึงความสำคัญในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นและต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความลำเอียงในการให้คะแนนเพื่อน

ขั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย ในขั้นนี้ครูจะต้องใช้คำถามแนะแนวทางให้นักเรียนได้เกิดแนวคิดหรือแนวคำตอบที่ต้องการ ซึ่งครูอาจนำปัญหาหรือสถานการณ์ ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนในช่วงเวลาดังกล่าวมาร่วมอภิปรายเพื่อให้ทันต่อเหตุการณ์ปัจจุบัน

3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งต่อไป

3.2.1 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) นั้นมีความเหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาบทเรียนทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยครูควรเพิ่มรูปแบบของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ให้หลากหลายมากขึ้น และครูผู้สอนควรนำไปใช้ในเนื้อหาอื่นในรายวิชาชีววิทยา

3.2.2 การทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยอาจดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นระยะ เช่น ทดสอบนักเรียนสัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อศึกษาพัฒนาการในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

3.2.3 การประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อาจใช้การสัมภาษณ์นักเรียนร่วมด้วย เพื่อให้นักเรียนได้อธิบายแนวความคิด ความเข้าใจของตนเอง เพื่อความสมบูรณ์ของแปลผลผลการวิจัย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545.* กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

__________. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

__________. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุมสาระการเรียนรูวิทยาศาสตร (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.*

สำนักคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ: โรงพิมพชุมนุมสหกรณการเกษตรแหงประเทศไทย.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2558). การประเมินการเรียนการสอนด้านความรู้ ความคิด. ใน *ประมวลสาระชุดวิชา สัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 1-5* (หน่วยที่ 5, หน้า 5-54). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

__________. (2561). เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน หน่วยที่ 8-11.* (หน่วยที่ 9, หน้า 46-67). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ฉบับอนาคต สสวท. (2556). *ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ชาตรี เกิดธรรม. (2542). *การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: เซ็นเตอร์ดิสคัพเวอรี่.

ณัฐนรี คณะเมือง, และร่มเกล้า จันทราษ. (2561). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง เรื่อง การระเหยที่มีต่อกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

นิยม ศรียะพันธ์. (2541). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ระหว่างการเรียนแบบร่วมมือกับการสอนตามคู่มือครูของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2544). *การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พริ้นติ้ง.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การพัฒนาหลักสูตร*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปราณี หลำเบ็ญสะ. (2561). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สหมิตรพัฒนาการพิมพ์.

ปิยะณัฐ นันทการณ์. (2551). *ผลของการเรียนรู้ด้วยการออกแบบที่มีตอมโนทัศนทางชีววิทยาและความสามารถในการสรางแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัชรินทร์ ชูกลิ่น. (2554). *การใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบจำลอง. สืบค้นจาก https://library.ipst.ac.th/handle/ipst/1235.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.).

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2549). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ไพศาล หวังพานิช. (2547). *ลักษณะของเครื่องมือวัดที่ดีในเอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการวัดและประเมินทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภาณุ บุตรวิเศษ, หนูกร ปฐมพรรษ, และชาติชาย ม่วงปฐม. (2558). *การพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบ MCIS ต่อมโนมติเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, อุดรธานี.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). แบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้าง อะตอมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 29*(1), 141-160.

มนชิดา เรืองรัมย์. (2556). *การพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสรางแบบทดสอบผลสมฤทธิ์.* (พิมพครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการประเมิน.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. (2560). พัฒนาคุณภาพครูสอนวิทยาศาสตร์ในยุค 4.0 สืบค้นจาก https://tdri.or.th/2017/12/sciteacherreform.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

__________. (2562). ผลการประเมิน PISA 2018. สืบค้นจาก https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12.

สุมิตรา อังวัฒนกุล. (2539). *การทดสอบความสามารถทางภาษา (Language Testing).* กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรีย์พันธุ์ พันธุ์ธรรม. (2553). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สำนักงานส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ละเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ชีวภาพชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., & Zhan, L. (2010). *Engaging Elementary Student in Scientific Modeling*. Paper presented at National Association for Research in Science Teaching.

Bamberger, Y.M., & Davis, E. A. (2013). Middle-school science students' scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, *35*(2), 213-238. doi:10.1080/09500693.2011.624133.

Bryce, C. M., Baliga, V. B., Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., & Gilbert, G. S. (2016). Exploring models in the biology classroom. *The American Biology Teacher*, *78*(1), 35-42.

Buckley, B. C., Gobert, J.D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B.,& Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning With BioLogicaTM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?. *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 23-41.

Gilbert, J.K., Boulter, C.J., & Elmer, R. (2000). *Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education*. In Developing Models in Science Education. Netherlands: KluwerAcademic Publishers.

Halloun, I. (1998). Schematic Concepts for Schematic Models of the Real World: The Newtonian Concept of Force. *Science Education*, *82*(2), 239-263. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199804)82:23.3.CO;2-P.

Halverson, K. L., & Friedrichsen, P. (2013). *Learning Tree Thinking: Developing a New Framework of Representational Competence*. In D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (Eds.), Multiple Representations in Biological Education (pp.185-201). Dordrecht: Springer Netherlands. doi: 10.1007/978-94-007-4192-8_11.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1011-1026. doi:10.1080/095006900416884.

Hestenes, D. (2006). *Notes for a Modeling Theory of Science, Cognition and Instruction* Proceedings GIREP Conference 2006: Modeling in Physics and Physics Education. Amstel Institute, Faculty of Science University van Amsterdam.

Hopkins, D.C., & Antes, C.R. (1990). *Classroom measurement and evaluation*. Illinois: F.E. Peacock Publishers.

Jackson, V. (2001). *The Multidimensional Assessment of Student Performance in Middle School Science*. In Daniel P. Shepardson (Eds.), Assessment in Science: A Guide to Professional Development and Classroom Practice (pp. 181-196). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Jan, H. V. D., & Verloop, N. (1999). Teachers' Knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, *21*(11), 1141-1153.

Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). The use of modeling-based text To improve students' modeling competencies. *Science education*, *99*(5), 986-1018.

Johnson-Laird, P.N. (1983). Mental Models. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Cited in Buckley, B.C. et al. (2004). Model-Based Teaching and Learning With BioLogica: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? *Journal of Science Education and Technology, 13*(1), 23-41.

Klopfer, L. E. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. USA: McGraw-Hill.

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

Nicolaou, Chr. Th., & Constantinou, C. P. (2014). A ssessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational ResearchReview*, *13*, 52-73. doi: dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001.

Schwarz, C. V., Brian, J. R., Davis, E. A., Kenyon L., Achér, A., Fortus, D., & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific model ingaccessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632-654.

Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *International Journal of Science Education, 20*(10), 1213-1230. doi.:10.1080/0950069980201004.

Wang, C.Y. (2007). *The Role of Mental-Modeling Ability, Content Knowledge, and Mental. Models in General Chemistry Students' Understanding about Molecular Polarity*. (Doctoral dissertation). University of Missouri, Columbia.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **รายวิชา** ชีววิทยาเพิ่มเติม **รหัสวิชา** ว32243
หน่วยการเรียนรู้ที่ 8 **เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืช**
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่** 1 **ปีการศึกษา** 2563
เวลา 3 คาบ **เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้**
ผู้สอน นายปัญญา ภิรมย์จันทร์ วันที่....... เดือน .... พ.ศ. 2563

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 4 ชีววิทยา

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกิดเมล็ดและการเกิดผลของพืชดอก โครงสร้างของดอก เมล็ดและผล ยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากโครงสร้างต่าง ๆ ของเมล็ดและผล

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

<u>ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)</u> นักเรียนสามารถ

1. ระบุโครงสร้างของส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ได้
2. อธิบายหน้าที่ของโครงสร้างของดอกไม้ได้
3. วิเคราะห์หน้าที่ของโครงสร้างของดอกไม้ได้
4. จำแนกประเภทของดอกไม้ได้
5. จำแนกความแตกต่างของโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ได้

<u>ด้านทักษะกระบวนการ (P)</u>

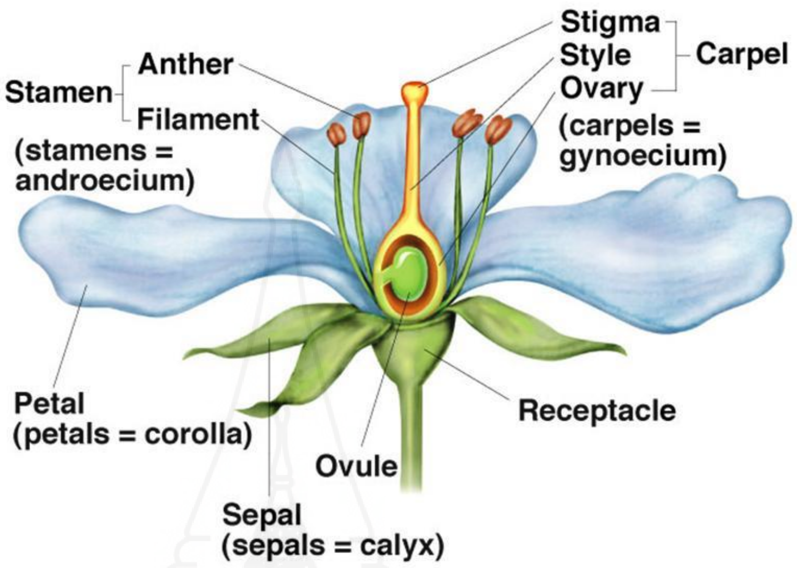
1. นักเรียนสามารถสังเกต จำแนกโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ได้

<u>ด้านคุณลักษณะ (A)</u>

1. นักเรียนเข้าชั้นเรียนตรงเวลา
2. นักเรียนสนใจใฝ่รู้และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

4. สาระการเรียนรู้

<u>โครงสร้างของดอก</u>



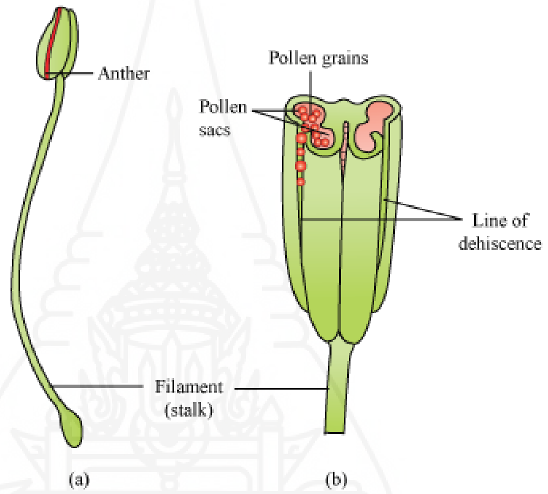
1.1 กลีบเลี้ยง (Sepal) เป็นกลีบรองดอก เปลี่ยนแปลงมาจากใบ มักมีสีเขียว อยู่ล่างสุดของดอก ในระยะที่ดอกเริ่มผลิดอกออกมาใหม่ ๆ เราจะเห็นดอกตูมสีเขียว เมื่อดอกตูมขยายโตขึ้น สีเขียวที่หุ้มดอกจะแยกออกมารองรับกลีบดอกกลีบสีเขียวนั้น คือ กลีบเลี้ยงนั่นเอง กลีบเลี้ยงจะทำหน้าที่ห่อหุ้มดอกตูม และป้องกันอันตรายให้กลีบดอกในขณะที่ยังอ่อนอยู่ เรียกวงของกลีบเลี้ยงว่า Calyx จำนวนกลีบเลี้ยงของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledonous plant) มี 3 กลีบ ส่วนกลีบเลี้ยงของพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledonous plant) มี 4-5 กลีบ ในพืชบางชนิดกลีบเลี้ยงมีสีต่าง ๆ นอกจากสีเขียว เรียกว่า Petaloid sepal ทำหน้าที่ล่อแมลงเช่นเดียวกับ Petal

1.2 กลีบดอก (Petal) เป็นส่วนที่อยู่เหนือขึ้นมาจากกลีบเลี้ยง กลีบดอกส่วนใหญ่จะมีสีสวยสะดุดตาหลายชนิดมีกลิ่นหอม ความสวยงามของดอกจะขึ้นอยู่กับสี โคนกลีบดอกมักมีต่อมผลิตน้ำหวาน หรือน้ำต้อย ช่วยดึงดูดแมลงเพื่อช่วยในการผสมเกสร เรียกวงของกลีบดอกว่า Corolla จำนวนกลีบดอกในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Monocotyledonous plant) มี 3 กลีบ หรือทวีคูณของ 3 ส่วนในพืชใบเลี้ยงคู่ (Dicotyledonous plant) มี 4-5 กลีบ หรือทวีคูณของ 4-5 กลีบ

1.3 เกสรเพศผู้ (Stamen) เป็นส่วนที่ถัดจากกลีบดอกเข้ามา เรียงกันเป็นวง เรียกวงของเกสรเพศผู้ว่า แอนโดรอีเซียม (Androecium) เจริญและเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ ในพืชบางชนิด เกสรเพศผู้อาจทำหน้าที่อื่น ๆ เช่น สร้างน้ำหวานล่อแมลง โดยเกสรเพศผู้แต่ละอันประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- ก้านชูเกสรเพศผู้ (Filament) เป็นส่วนที่มีลักษณะเป็นเส้น อาจรวมกันเป็นกลุ่มหรือแยกกัน อาจยาวหรือสั้นซึ่งก็แล้วแต่ชนิดของพืช ทำหน้าที่ชูอับเรณู

- อับเรณู (Anther) มีลักษณะเป็นแท่งกลมยาว 2 พู ภายในแบ่งเป็นถุงเล็ก ๆ 4 ถุง เรียกว่า ถุงเรณู หรือโพรงอับเรณู (Pollen sac หรือ Microsporangium) บรรจุกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า Microspore mother cell ซึ่งพัฒนาต่อไปเป็นละอองเรณู (Pollen grain) จำนวนมาก โดยมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ สีเหลืองๆ ละอองเรณูทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ เมื่อดอกเจริญเต็มที่แล้ว ถุงละอองเรณูจะแตกออก ทำให้ละอองเรณูปลิวออกมาจากดอก



1.4 เกสรเพศเมีย (Pistil หรือ Carpel) เป็นอวัยะสืบพันธุ์เพศเมีย ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย วงของเกสรเพศเมียเรียกว่า ไจนีเซียม (Gynoecium) แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ยอดเกสรเพศเมีย (Stigma) คือส่วนปลายสุดของก้านเกสรเพศเมีย มีลักษณะเป็นปุ่ม พองออกเป็นตุ่ม หรือแผ่แบนเป็นแฉก เป็นพู มีขนหรือของเหลวเหนียวๆ สำหรับจับละอองเรณูที่ลอยมาติด

- ก้านชูเกสรเพศเมีย (Style) เป็นส่วนที่ต่อจากยอดเกสรเพศเมียลงมา มีลักษณะเป็นท่อยาวต่อลงมาถึงรังไข่ เป็นทางให้สเปิร์ม เข้าไปผสมกับเซลล์ไข่

- รังไข่ (Ovary) เป็นส่วนที่พองโตขยายใหญ่ออก มีลักษณะเป็นกระเปาะอยู่ติดกับฐานรองดอก หรืออาจฝังอยู่ในฐานรองดอก ภายในรังไข่มีออวุล (Ovule) 1 อันหรือมากกว่า 1 ภายในออวุลจะมีถุงเอ็มบริโอ (Embryo sac) ซึ่งเป็นที่อยู่ของเซลล์ไข่

<u>ประเภทของดอกไม้</u>

จำแนกตามส่วนประกอบของดอก

1. ดอกสมบูรณ์ (Complete flower) คือดอกที่มีส่วนประกอบของดอกครบทั้ง 4 ส่วนในดอกเดียวกัน เช่น ชบา พู่ระหง กุหลาบ มะเขือ

2. ดอกไม่สมบูรณ์ (Incomplete flower) คือดอกที่มีส่วนประกอบของดอกไม่ครบทั้ง 4 ส่วน เช่น ดอกหน้าวัว (ขาดกลีบเลี้ยงและกลีบดอก) ดอกบานเย็น (ขาดกลีบดอก)

จำแนกตามลักษณะของเพศ

1. ดอกสมบูรณ์เพศ คือดอกที่มีทั้งเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียในดอกเดียวกัน เช่น ดอกตำลึง พู่ระหง และกุหลาบ

2. ดอกไม่สมบูรณ์เพศ คือในดอกจะมีเพียงเกสรเพศผู้หรือเกสรเพศเมียเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดอกที่มีแต่เกสรเพศผู้เรียก ดอกเพศผู้ ดอกที่มีแต่เกสรเพศเมียเรียก ดอกเพศเมีย ดอกที่ไม่มีทั้งเกสรเพศผู้และเพศเมียเรียก ดอกเป็นกลางหรือดอกเป็นหมัน และหากในพืชต้นหนึ่งๆ มีดอกสมบูรณ์เพศหรือ มีทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมียในต้นเดียวกัน แม้จะคนละดอกหรือต่างช่อดอก เรียกพืชต้นนั้นว่า พืชกระเทย เช่น ข้าวโพด ดอกเพศผู้และ เพศเมียแยกต่างช่อดอก มะพร้าวดอกเพศผู้และเพศเมียต่างดอกในช่อเดียวกันและ ตำลึง ฟักทองดอกเพศผู้และเพศเมียแยกดอกกัน ส่วนพืชที่มีดอกเพียงเพศ เดียวทั้งต้น เรียกพืชเพศแยก เช่น อินทผาลัม มะเดื่อ ตาล พืชบางชนิดมีทั้งดอกสมบูรณ์เพศและดอกไม่สมบูรณ์เพศ อยู่บนต้นเดียวกัน เช่น มะละกอ เงาะ และ ทานตะวัน

จำแนกตามจำนวนดอก

1. ดอกเดี่ยว เป็นดอกที่เกิดขึ้นบนก้านดอก เป็นดอกเดียวโดด ๆ ในแต่ละข้อของกิ่งหรือลำต้น เช่น ชบา จำปี การะเวก

2. ดอกช่อ เป็นดอกที่เกิดเป็นกลุ่มอยู่บนก้านดอกใหญ่เดียวกัน และประกอบด้วยก้านดอกย่อยๆ หลายดอก เช่น ดอกทานตะวัน ดอกหน้าวัว ดอกหางนกยูง

5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การมุ่งสร้างปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

1. ครูนำเข้าบทเรียนด้วยการนำดอกไม้ที่หาได้ เช่น ดอกชบา ดอกพุด ดอกเฟื่องฟ้า เป็นต้น หลังจากนั้นครูตั้งคำถามว่า “นักเรียนคิดว่าดอกไม้โดยทั่วไปมีส่วนประกอบใดบ้าง” ให้นักเรียนพิจารณาจากดอกไม้ที่ครูแจกและร่วมกันแสดงความคิดเห็น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

1. นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นโดยการวาดภาพโครงสร้างและบอกหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ตามความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์

1. เมื่อนักเรียนวาดโครงสร้างและบอกหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้เสร็จเรียบร้อย ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละเท่า ๆ กัน โดยคละแบบจำลองเหลังจากนั้นครูให้นักเรียนเปรียบเทียบและแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้โดยตั้งคำถามกระตุ้นดังนี้ “โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนแล้วเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร”

ขั้นที่ 4 การประเมินและการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

1. นักเรียนภายในกลุ่มย่อยประเมินแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ของเพื่อนโดยใช้แบบประเมินที่ครูแจกให้ เมื่อประเมินเสร็จเรียบร้อยให้ส่งแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คืนครูผู้สอน

2. นักเรียนแต่ละคนปรับปรุงภาพวาดแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ของตนหลังจากเปรียบเทียบและแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน

ขั้นที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

1. นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน สสวท. ชีววิทยา เล่ม 3 สื่ออินเตอร์เน็ต เช่น http://www.dnp.go.th/botany/BFC/index.html, https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/65999/-scibio-sci- เป็นต้น หลังนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ และโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ที่มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากดอกไม้ทั่วไป เช่น ดอกเฟื่องฟ้า ดอกบัว ดอกดาวเรือง ดอกรัก และดอกบานไม่รู้โรย และประเภทของดอกไม้

2. นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างหรือส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ที่มีลักษณะพิเศษ

ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

1. หลังจากสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้ว ครูให้นักเรียนตอบคำถามโดยการบันทึกลงสมุดดังต่อไปนี้

“จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ นักเรียนพบข้อมูลหรือประเด็นที่แตกต่างไปจากแบบจำลองของตนเองหรือไม่อย่างไร”

“จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ นักเรียนคิดว่าแบบจำลองของตนเองถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่ และมีประเด็นใดบ้างที่ต้องปรับปรุงแก้ไข”

2. นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองส่วนประกอบของดอกไม้ของตนเอง

ขั้นที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

1. นักเรียนนำแบบจำลองมาวางรวมกัน หลังจากนั้นครูแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ คืนให้นักเรียนและแจกแบบเฉลยเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

2. นักเรียนละคนนำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่มย่อย โดยมีเพื่อนเป็นผู้อภิปรายและประเมินโดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ ร่วมกับแบบเฉลยเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

3. หลังจากนักเรียนนำเสนอครบทุกคนแล้ว ให้แต่ละกลุ่มลงมติเลือกแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ ที่ดีที่สุดเป็นตัวแทนของกลุ่มเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

1. นักเรียนตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้กลุ่มละประมาณ 3-5 นาที

2. ครูเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละกลุ่มโดยให้นักเรียนตอบคำถามและบันทึกลงสมุดดังนี้

"มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะเหมือนกันและเหมือนกันอย่างไร"

"มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะแตกต่างกันและแตกต่างกันอย่างไร"

"นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สามารถอธิบายแนวคิดสำคัญควรมีลักษณะเป็นอย่างไร"

3. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปแนวคิดสำคัญของบทเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้
- โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากดอกไม้ทั่วไป

ขั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย

1. ครูตั้งคำถามว่า เพราะเหตุใดมะละกอบางต้นจึงไม่มีลูก โดยให้นักเรียนใช้ความรู้เรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ มาอธิบายและร่วมกันอภิปราย บันทึกคำตอบลงสมุด

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. power point เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

2. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 สสวท.

3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เช่น http://www.dnp.go.th/botany/BFC/index.html, https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/flower-structure/

7. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ความเข้าใจ (K) 1. ระบุโครงสร้างของส่วนต่างๆ ของดอกไม้ได้ 2. อธิบายหน้าที่ของโครงสร้างของดอกไม้ได้ 3. วิเคราะห์หน้าที่ของโครงสร้างของดอกไม้ได้ 4. จำแนกประเภทของดอกไม้ได้ 5. จำแนกความแตกต่างของโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ได้	1.การสร้างแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ 2. การตอบคำถาม 3. การทดสอบก่อน-หลังเรียน	1. แบบประเมินแบบจำลองโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ 2. แบบประเมินการตอบคำถาม 3.แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน	ผ่านระดับดี
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 1. สังเกต จำแนกโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของดอกไม้ได้	1. การตอบคำถาม	1. แบบประเมินการตอบคำถาม	ผ่านระดับดี
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. นักเรียนเข้าชั้นเรียนตรงเวลา 2. นักเรียนสนใจใฝ่รู้และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	ผ่านระดับดี

8. บันทึกหลังสอน

....

....

....

....

ลงชื่อ...

(นายปัญญา ภิรมย์จันทร์)

ครูผู้สอน

ลงชื่อ...

(นายธนากฤช ครุเจนธรรม)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความเห็นกลุ่มบริหารวิชาการ

....

....

(นายพุฒิพงค์ ปรีเปรม)

ปฏิบัติหน้าที่รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

ความเห็นผู้อำนวยการโรงเรียน

....

....

....

(นายปราโมทย์ ทวีตั๊งตระกูล)

ผู้อำนวยการโรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย

แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

ลำดับที่	รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	ตรงต่อเวลา			สนใจใฝ่รู้			การมีส่วนร่วมในการสอน			รวม	ผลการประเมิน
			3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ / คะแนน		
	3	2	1
1. มีความตรงต่อเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนสายเกิน 15 นาที	ไม่เข้าเรียน
2. มีความสนใจใฝ่รู้	มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู	ไม่มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือไม่ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู	ไม่มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมและไม่ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู
3.การมีส่วนร่วมในการสอน	มีการแสดงความคิดเห็นและร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียนด้วยความตั้งใจ	ไม่มีการแสดงความคิดเห็นหรือไม่ตั้งใจร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียน	ไม่มีการแสดงความคิดเห็นและไม่ตั้งใจร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียน

เกณฑ์การประเมิน

8-9 คะแนน หมายถึง ดี, 6-7 คะแนน หมายถึง พอใช้, น้อยกว่า 6 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

แบบประเมินการตอบคำถาม

ลำดับที่	รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	ความถูกต้องของคำตอบ			รวม	ผลการประเมิน
			3	2	1		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

รายการประเมิน	คำอธิบายคุณภาพ / คะแนน		
	3	2	1
ความถูกต้องของคำตอบ	คำตอบถูกต้อง มีการยกตัวอย่างประกอบการตอบคำถาม	คำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการยกตัวอย่างประกอบการตอบคำถาม	คำตอบไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การประเมิน

3 คะแนน หมายถึง ดี, 2 คะแนน หมายถึง พอใช้, 1 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ปรับปรุงจาก โกเมศ นาแจ้ง,2554)
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้
ผู้ประเมิน..ชั้น...................เลขที่.......................

คำชี้แจง

1. แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจให้คะแนนคุณภาพของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ MCIS

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	วาดภาพแสดงรายละเอียด ระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	วาดภาพแสดงรายละเอียด ระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	วาดภาพแสดงรายละเอียด ระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ไม่ถูกต้อง
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

เกณฑ์ผลการประเมิน

6-5 คะแนน หมายถึง ดี , 4-3 คะแนน หมายถึง พอใช้, น้อยกว่า 3 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

1. Stamen/เกสรเพศผู้	2. Anther/อับเรณู	3. Filament/ก้านชูอับเรณู
4. Pistil/เกสรเพศเมีย	5. Stigma/ยอดเกสรเพศเมีย	6. Ovary/รังไข่
7. Calyx/วงกลีบเลี้ยง	8. Sepal/กลีบเลี้ยง	9. Petal/กลีบดอก
10. Corolla/วงกลีบดอก	11. Receptacle/ฐานรองดอก	12. Pedicel/ก้านดอก

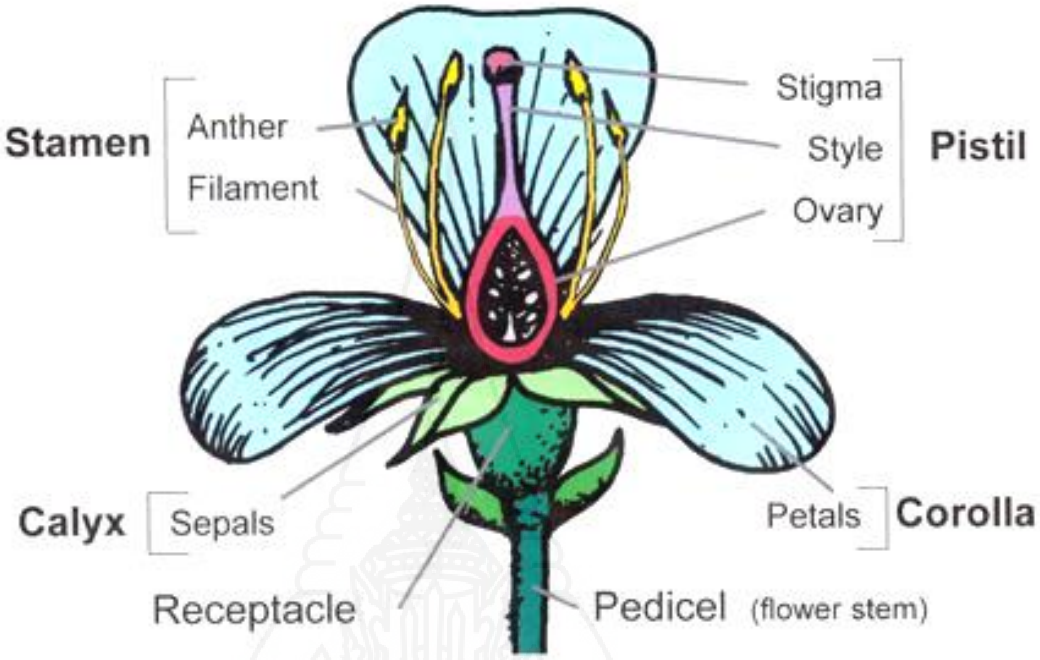
หน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

ส่วนประกอบ	หน้าที่
1. กลีบเลี้ยง (sepal)	กลีบเลี้ยงทำหน้าที่ห่อหุ้ม และป้องกันอันตรายให้แก่ส่วนของดอกที่อยู่ภายใน สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ กลีบเลี้ยงบางชนิดมีสีสันสดใส และทำหน้าที่ล่อแมลงให้มาผสมเกสรได้เช่นเดียวกับกลีบดอก
2. กลีบดอก (petal)	กลีบดอกมักมีสีสันสวยงาม บางชนิดมีกลิ่นหอมทำหน้าที่ล่อแมลงให้มาผสมเกสร
3. เกสรตัวผู้ (stamen)	ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้
4. เกสรตัวเมีย (pistil)	ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย
5. ฐานรองดอก (receptacle)	ทำหน้าที่เป็นที่รองรับกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย
6. ก้านดอก (pedicel)	ทำหน้าที่ชูดอกให้เด่นเพื่อสะดวกในการผสมพันธุ์

ตารางการให้คะแนนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้

ลำดับที่	ผู้รับการประเมิน (ชื่อ-นามสกุล)	ครั้งที่ 1								ครั้งที่ 2							
		ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา			การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา			รวม	ผลการประเมิน	ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา			การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา			รวม	ผลการประเมิน
		3	2	1	3	2	1			3	2	1	3	2	1		
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	
19																	
20																	

แบบเฉลยโครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้



หน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้

ส่วนประกอบ	หน้าที่
1. กลีบเลี้ยง (sepal)	กลีบเลี้ยงทำหน้าที่ห่อหุ้ม และป้องกันอันตรายให้แก่ส่วนของดอกที่อยู่ภายใน สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ กลีบเลี้ยงบางชนิดมีสีสันสดใส และทำหน้าที่ล่อแมลงให้มาผสมเกสรได้เช่นเดียวกับกลีบดอก
2. กลีบดอก (petal)	กลีบดอกมักมีสีสันสวยงาม บางชนิดมีกลิ่นหอมทำหน้าที่ล่อแมลงให้มาผสมเกสร
3. เกสรตัวผู้ (stamen)	ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้
4. เกสรตัวเมีย (pistil)	ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย
5. ฐานรองดอก (receptacle)	ทำหน้าที่เป็นที่รองรับกลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย
6. ก้านดอก (pedicel)	ทำหน้าที่ชูดอกให้เด่นเพื่อสะดวกในการผสมพันธุ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **รายวิชา** ชีววิทยาเพิ่มเติม **รหัสวิชา** ว32243
หน่วยการเรียนรู้ที่ 9 **เรื่อง โครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอก**
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียนที่** 1 **ปีการศึกษา** 2562
เวลา 100 นาที **เรื่อง** โครงสร้างและหน้าที่ของราก
ผู้สอน นายปัญญา ภิรมย์จันทร์ วันที่....... เดือน .... พ.ศ. 2562

1. มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 4 ชีววิทยา

มาตรฐาน ว 4.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

1. สังเกต อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างภายในของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K) นักเรียนสามารถ

1. จำแนกลักษณะโครงสร้างจากการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้

2. บอกหน้าที่ของรากพืชได้

3.เปรียบเทียบและอธิบายลักษณะโครงสร้างจากการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถสังเกตและจำแนกโครงสร้างภายในของรากได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

1. นักเรียนเข้าชั้นเรียนตรงเวลา

2. นักเรียนสนใจใฝ่รู้และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน

4. สาระการเรียนรู้

<u>โครงสร้างและหน้าที่ของราก</u>

ราก (Root) คือ ส่วนของพืชที่มักเจริญหรืองอกลงสู่ใต้ดินหรือตามแรงโน้มถ่วงของโลก รากของพืชมีหน้าที่สำคัญ คือ ยึดลำต้นให้ติดอยู่กับพื้นดิน ทำหน้าที่ดูดซึมน้ำและแร่ธาตุต่าง ๆ จากดินส่งไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้น รากของพืชบางชนิดทำหน้าที่สะสมอาหาร บางชนิดมีสีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ บางชนิดทำหน้าที่ค้ำจุน และบางชนิดทำหน้าที่เกาะ

โครงสร้างของรากตามภาคตัดขวาง

แบ่งศึกษา เป็น 2 กรณี คือ

- โครงสร้างตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

- โครงสร้างตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่

ซึ่งสามารถแยกเป็นบริเวณ หรือชั้นต่างๆ ตามลักษณะเซลล์ที่เห็นได้ 3บริเวณ ดังนี้

1. เอพิเดอร์มิส (Epidermis)

เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุดมีเซลล์ที่เรียงตัวกันเพียงชั้นเดียวและผนังเซลล์บาง ไม่มีคลอโรพลาสต์บางเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นขนราก

2. คอร์เท็กซ์ (Cortex)

เป็นอาณาเขตระหว่างชั้น epidermis และ stele ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหารเป็นส่วนใหญ่ ชั้นในสุดของ cortex จะเห็นเป็นเซลล์เรียงแถวเดียวเรียก เอนโดเดอร์มิส (Endodermis) ซึ่งจะมีสารซูเบอรินมาสะสมเป็นแถบเรียกแถบ แคสพาเรียนสตริพ

(Casparian strip) เมื่ออายุมากขึ้นจะมีลิกนินมาสะสมเพิ่ม เห็นชัดเจนในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว แต่จะมีบางช่วงที่ เซลล์มีผนังบางแทรกอยู่ในชั้นนี้และจะเป็นบริเวณที่อยู่ตรงกับแนวของไซเลม

3. สตีล (Stele)

เป็นบริเวณที่อยู่ถัดจากชั้น endodermisเข้าไป พบว่าstele ในรากจะแคบกว่าชั้น cortex ประกอบด้วยชั้นต่างๆ ดังนี้

3.1 เพอริไซเคิล (Pericycle)

เป็นเซลล์ผนังบางขนาดเล็กมี 1-2 แถว พบเฉพาะในรากเท่านั้น เป็นแหล่งกำเนิดของรากแขนง (secondary root) ในพืชบางชนิดเนื้อเยื่อชั้นนี้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น คอร์กแคมเบียม (Cork cambium)

3.2 มัดท่อลำเลียง (Vascular bundle)

ประกอบด้วย xylem อยู่ตรงใจกลางเรียงเป็นแฉกโดยมี phloem อยู่ระหว่างแฉก สำหรับพืชใบเลี้ยงคู่ต่อมาจะเกิดเนื้อเยื่อเจริญ vascular cambium คั่นระหว่าง xylem กับ phloem ในรากของพืชใบเลี้ยงคู่มีจำนวนแฉกน้อยประมาณ 1-6 แฉก โดยมากมักมี 4 แฉก ส่วนรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักมีจำนวนแฉกมากกว่า

3.3 พิธ (pith)

เป็นบริเวณตรงกลางรากหรือไส้ในของรากเห็นได้ชัดเจนในรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อพาเรงคิมาส่วนรากพืชใบเลี้ยงคู่ตรงกลางมักเป็น xylem

ความแตกต่างระหว่างโครงสร้างภาคตัดขวางรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	รากพืชใบเลี้ยงคู่
1. มีขนราก	1. มีขนรากในช่วงที่เมล็ดงอกใหม่ เมื่อเจริญเติบโตแล้วจะไม่มีขนราก
2. มีไซเล็มเรียงเป็นแฉกมากกว่า 6 แฉก	2. มีไซเล็มเรียงเป็นแฉกประมาณ 3-4 แฉก
3. ปกติไม่มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียม อยู่ระหว่างไซเล็มกับโฟลเอ็ม จึงไม่มีการเจริญเติบโต ในระยะทุติยภูมิ ยกเว้นพืชบางชนิด	3. มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียม อยู่ระหว่างไซเล็ม กับโฟลเอ็ม เพื่อให้กำเนิดเนื้อเยื่อ ที่เจริญเติบโตในระยะทุติยภูมิ
4.ไม่มีคอร์ก และคอร์แคมเบียม	4. ถ้าเป็นไม้ต้น จะมีคอร์ก และ คอร์กแคมเบียม
5. เอนโดเดอร์มิสเห็นเป็นแนวชัดเจนดี และ เห็นแคสพาเรียนสตริพ เด่นชัดกว่าในรากพืชใบเลี้ยงคู่	5. เอนโดเดอร์มิส เรียงชั้นเดียว มีผนังค่อนข้างหนา และมีเม็ดแป้งมาก และส่วนใหญ่มักเห็นเอนโดเดอร์มิสไม่ชัด หรือไม่มีเลย

หน้าที่ของราก

รากมีหน้าที่หลักที่สำคัญ คือ

1. ดูด (Absorption) น้ำและแร่ธาตุที่ละลายน้ำจากดินเข้าไปในลำต้น

2. ลำเลียง(Conduction)น้ำและแร่ธาตุรวมทั้งอาหารซึ่งพืชสะสมไว้ในรากขึ้นสู่ส่วนต่าง ๆ ของลำต้น

3. ยึด (Anchorage) ลำต้นให้ติดกับพื้นดิน

4. แหล่งสร้างฮอร์โมน (Producing hormones) รากเป็นแหล่งสำคัญในการ ผลิตฮอร์โมนพืชหลายชนิด เช่น ไซโทไคนิน จิบเบอเรลลิน ซึ่งจะถูกลำเลียงไปใช้เพื่อการเจริญพัฒนาส่วนของลำต้น ส่วนยอด และส่วนอื่นๆ ของพืช นอกจากนี้ยังมีรากของพืชอีกหลายชนิดที่ทำหน้าที่พิเศษ

ชนิดของราก

ถ้าพิจารณาตามการเกิดของราก แบ่งรากได้เป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 3 ชนิด ตามจุดกำเนิดของราก ดังนี้

1. รากแก้ว (Primary root หรือ Tap root) เป็น รากที่เจริญมาจาก แรดิเคิล (Radicle) ของเอ็มบริโอ แล้วพุ่งลงสู่ดิน ตอนโคนรากจะใหญ่แล้วค่อยๆ เรียวไปจนถึงปลายราก พืชหลายชนิดมีรากแก้วเป็นรากสำคัญตลอดชีวิต

2. รากแขนง (Secondary root หรือ Lateral root) เป็นรากที่เจริญมาจากเพริไซเคิล ของรากแก้ว การเจริญเติบโตของรากชนิดนี้จะขนานไปกับพื้นดินและสามารถแตกแขนงได้เรื่อยไป

3. รากพิเศษ (Adventitious root) เป็นรากที่งอกจากส่วนต่างๆ ของพืชเช่น ลำต้นหรือใบ อาจจำแนกตามรูปร่างและหน้าที่ได้เป็น

3.1 รากฝอย (Fibrous root) เป็นรากที่งอกออกจากโคนลำต้น เพื่อแทนรากแก้วที่ฝ่อไป พบมากในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่น รากข้าว ข้าวโพด หญ้า หมากมะพร้าว เป็นต้น

3.2 รากค้ำจุน (Prop root หรือ Buttress root) เป็นรากที่งอกจากโคนต้นหรือกิ่งบนดิน แล้วหยั่งลงดินเพื่อพยุงลำต้น เช่น รากข้าวโพดที่งอกออกจากโคนต้น รากเตย ลำเจียกไทรย้อย แสม โกงกาง

3.3 รากเกาะ (Climbing root) เป็นรากที่แตกออกจากข้อของลำต้นมาเกาะตามหลัก เพื่อชูลำต้นขึ้นสูง เช่น รากพลู พริกไทย กล้วยไม้ พลูด่าง เป็นต้น

3.4 รากหายใจ (Pneumatophore หรือ Aerating root) เป็นรากที่ยื่นขึ้นมาจากดินหรือน้ำเพื่อรับออกซิเจน เช่น รากลำพู แสม โกงกาง และรากส่วนที่อยู่ในนวมคล้ายฟองน้ำของผักกระเฉดก็เป็นรากหายใจโดยนวมจะเป็นที่เก็บอากาศและเป็นทุ่นลอยน้ำด้วย

3.5 รากปรสิต (Parasitic root) เป็นรากของพืชพวกปรสิตที่สร้าง Haustoria แทงเข้าไปในลำต้นของพืชที่เป็นโฮสต์ เพื่อแย่งน้ำและอาหารจากโฮสต์ เช่น รากกาฝาก ฝอยทอง เป็นต้น

3.6 รากสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic root) เป็นรากที่แตกจากข้อของลำต้นหรือกิ่ง และอยู่ในอากาศจะมีสีเขียวของคลอโรฟิลล์จึงช่วยสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น รากกล้วยไม้ นอกจากนี้รากกล้วยไม้ยังมีนวม (Velamen) หุ้มตามขอบนอกของรากไว้เพื่อดูดความชื้นและเก็บน้ำ

3.7 รากสะสมอาหาร (Food storage root) เป็นรากที่สะสมอาหารพวกแป้งโปรตีน หรือน้ำตาลไว้ จนรากเปลี่ยนแปลงรูปร่างมีขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะเรียกกันว่า“หัว” เช่น หัวแครอท หัวผักกาด หรือหัวไชเท้า หัวผักกาดแดงหรือแรดิช (Radish)หัวบีท (Beet root) และหัวมันแกว เป็นรากสะสมอาหารที่เปลี่ยนแปลงมาจากรากแก้ว ส่วนรากสะสมอาหารของมันเทศ รักเร่ กระชาย เปลี่ยนแปลงมาจากรากแขนง

3.8 รากหนาม (Thorn Root) เป็นรากที่มีลักษณะเป็นหนามงอกมาจากบริเวณโคนต้นตอนงอกใหม่ๆ เป็นรากปกติแต่ต่อมาเกิดเปลือกแข็ง ทำให้มีลักษณะคล้ายหนามแข็ง ช่วยป้องกันโคนต้นได้ ปกติพบในพืชที่เจริญในที่น้ำท่วมถึง เช่น โกงกาง ส่วนในปาล์มบางชนิดจะปรากฏรากหนาม กรณีที่มีรากลอยหรือรากค้ำจุน

ภาพที่แสดงรากค้ำจุนของโกงกาง

ภาพที่แสดงรากหายใจของต้นลำพู

ภาพที่แสดงรากสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นกล้วยไม้

5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การมุ่งสร้างปรากฏการณ์และตั้งคำถามสำคัญ

1. นักเรียนสังเกตภาพที่ครูแสดงได้แก่ ต้นมะม่วง (พืชใบเลี้ยงคู่) และต้นข้าวโพด (พืชใบเลี้ยงเดี่ยว) หลังจากนั้นนักเรียนร่วมกันตอบคำถามต่อไปนี้ “นักเรียนคิดว่าพืชทั้งสองใช้โครงสร้างส่วนใดในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุและส่วนนั้นของพืชทั้ง 2 ควรมีโครงสร้างเป็นอย่างไร แตกต่างกันหรือไม่” ให้นักเรียนพิจารณาและร่วมกันแสดงความคิดเห็น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

1. นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นโดยการวาดภาพ เรื่องโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวพร้อมชี้ส่วนประกอบโครงสร้างของรากตามความเข้าใจของนักเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นการตรวจสอบเชิงประจักษ์

1. เมื่อนักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เสร็จแล้ว ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละประมาณ 5-6 คนโดยคละแบบจำลอง หลังจากนั้นครูให้นักเรียนเปรียบเทียบและแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนภายในกลุ่มเกี่ยวกับโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวโดยตั้งคำถามกระตุ้นดังนี้ “โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนแล้วเหมือนหรือแตกต่างอย่างไรบ้าง”

ขั้นที่ 4 การประเมินและการปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น

1. นักเรียนประเมินแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวของเพื่อนภายในกลุ่มโดยใช้แบบประเมินที่ครูแจกให้ เมื่อประเมินเสร็จเรียบร้อยให้ส่งแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์คืนครูผู้สอน

2. นักเรียนแต่ละคนปรับปรุงแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวของตนหลังจากเปรียบเทียบและแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน

ขั้นที่ 5 การแนะนำความคิดทางวิทยาศาสตร์และสถานการณ์จำลอง

1. นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือเรียน สสวท. ชีววิทยา เล่ม 3 สื่ออินเตอร์เน็ต เช่น http://www.nana-bio.com/e-learning/plant%20organ/root.html, https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/63521/-scibio-sci- เป็นต้น หลังนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับหน้าที่ของรากพืช, ความแตกต่างของรากระหว่างพืชใบเลี้ยงคู่กับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากชนิดพิเศษ, โครงสร้างภายนอกของราก

2. นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติมเกี่ยวกับหน้าที่ของรากพืช, ความแตกต่างของรากจากการตัดตามขวางระหว่างพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและโครงสร้างภายนอกของราก

ขั้นที่ 6 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

1. หลังจากสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้ว ครูให้นักเรียนตอบคำถามโดยการบันทึกลงสมุดดังต่อไปนี้

"จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ นักเรียนพบข้อมูลหรือประเด็นที่แตกต่างไปจากแบบจำลองของตนเองหรือไม่อย่างไร"

"จากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากสื่อต่าง ๆ นักเรียนคิดว่าแบบจำลองของตนเองถูกต้องเหมาะสมแล้วหรือไม่ และมีประเด็นใดบ้างที่ต้องปรับปรุงแก้ไข"

2. นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวของตนเอง

ขั้นที่ 7 การประเมินโดยเพื่อน

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองมาวางรวมกัน หลังจากนั้นครูแจกแบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว คืนให้นักเรียนและแจกแบบเฉลยเรื่อง โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

2. นักเรียนละคนนำเสนอแบบจำลองของตนเองภายในกลุ่ม โดยมีเพื่อนเป็นผู้อภิปรายและประเมินโดยใช้แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ร่วมกับแบบเฉลยเรื่อง โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

3. หลังจากนักเรียนนำเสนอครบทุกคู่แล้ว ให้แต่ละกลุ่มลงมติเลือกแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ที่ดีที่สุดเป็นตัวแทนของกลุ่มเพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 8 การลงมติแบบจำลองที่สร้าง

1. นักเรียนตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว กลุ่มละประมาณ 3-5 นาที

2. ครูเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองแต่ละกลุ่มโดยให้นักเรียนตอบคำถามและบันทึกลงสมุดดังนี้

"มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะเหมือนกันและเหมือนกันอย่างไร"

"มีแบบจำลองของกลุ่มใดบ้างที่มีลักษณะแตกต่างกันและแตกต่างกันอย่างไร"

"นักเรียนคิดว่าแบบจำลองที่สามารถอธิบายแนวคิดสำคัญควรมีลักษณะเป็นอย่างไร"

3. นักเรียนและครูสรุปร่วมกันแนวคิดสำคัญของบทเรียนในหัวข้อต่อไปนี้

- โครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

- ความแตกต่างระหว่างรากของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
- โครงสร้างภายนอกของราก
- หน้าที่ของรากพืช
- รากชนิดพิเศษ

ขั้นที่ 9 การใช้แบบจำลองเพื่ออธิบาย

1. ครูเปิดภาพรากอากาศของกล้วยไม้พร้อมตั้งคำถามว่า “นักเรียนคิดว่าโครงสร้างรากอากาศของกล้วยไม้ควรมีลักษณะเป็นเช่นใดจึงสามารถกักเก็บความชื้นได้ดี และมีความเหมือนหรือความแตกต่างจากรากพืชทั่วไปอย่างไร” นักเรียนร่วมกันพิจารณาและอภิปราย บันทึกคำตอบลงสมุด

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. power point เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ราก
2. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 3 สสวท.
3. ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต เช่น
http://www.nana-bio.com/e-learning/plant%20organ/root.html,
https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/63521/-scibio-sci-

7. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ความเข้าใจ (K) 1. นักเรียนสามารถบอกลักษณะโครงสร้างจากการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ 2. นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ของรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้	1.การสร้างแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว 2. การตอบคำถาม 3. การทดสอบก่อน-หลังเรียน	1. แบบประเมินแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว 3. แบบประเมินการตอบคำถาม 4.แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน	ผ่านระดับดี
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) 1. นักเรียนสามารถจำแนกโครงสร้างภายในของรากได้	1.การสร้างแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของ	1. แบบประเมินแบบจำลองโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของของพืชใบเลี้ยงคู่และ	ผ่านระดับดี

สิ่งที่ต้องการวัดและประเมินผล	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโครงสร้างจากการตัดตามขวางของรากพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้	ของพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว2. การตอบคำถาม 3. การทดสอบก่อน-หลังเรียน	พืชใบเลี้ยงเดี่ยว 3. แบบประเมินการตอบคำถาม 4.แบบทดสอบก่อน-หลังเรียน	
ด้านคุณลักษณะ (A) 1. นักเรียนเข้าชั้นเรียนตรงเวลา 2. นักเรียนสนใจใฝ่รู้และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน	สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน	ผ่านระดับดี

8. บันทึกหลังสอน

....

....

....

....

ลงชื่อ.. ลงชื่อ..

(นายปัญญา ภิรมย์จันทร์) (นายธนากฤช ครุเจนธรรม)

ครูผู้สอน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ความเห็นกลุ่มบริหารวิชาการ

....

....

(นายพุฒิพงค์ ปรีเปรม)

ปฏิบัติหน้าที่รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ

ความเห็นผู้อำนวยการโรงเรียน

....

....

....

(นายปราโมทย์ ทวีตั้งตระกูล)

ผู้อำนวยการโรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

ลำดับที่	รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	ตรงต่อเวลา			สนใจใฝ่รู้			การมีส่วนร่วมในการสอน			รวม	ผลการประเมิน
			3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													

รายการประเมิน	คำอธิบายระดับคุณภาพ / คะแนน		
	3	2	1
1. มีความตรงต่อเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนสายเกิน 15 นาที	ไม่เข้าเรียน
2. มีความสนใจใฝ่รู้	มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมและร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู	ไม่มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือไม่ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู	ไม่มีค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมและไม่ร่วมอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนหรือครู
3.การมีส่วนร่วมในการสอน	มีการแสดงความคิดเห็นและร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียนด้วยความตั้งใจ	ไม่มีการแสดงความคิดเห็นหรือไม่ตั้งใจร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียน	ไม่มีการแสดงความคิดเห็นและไม่ตั้งใจร่วมทำกิจกรรมในห้องเรียน

แบบประเมินการตอบคำถาม

ลำดับที่	รหัสประจำตัว	ชื่อ-นามสกุล	ความถูกต้องของคำตอบ			รวม	ผลการประเมิน
			3	2	1		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

เกณฑ์การประเมิน

8-9 คะแนน หมายถึง ดี, 6-7 คะแนน หมายถึง พอใช้, น้อยกว่า 6 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

รายการประเมิน	คำอธิบายคุณภาพ / คะแนน		
	3	2	1
ความถูกต้องของคำตอบ	คำตอบถูกต้อง มีการยกตัวอย่างประกอบการตอบคำถาม	คำตอบถูกต้อง แต่ไม่มีการยกตัวอย่างประกอบการตอบคำถาม	คำตอบไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การประเมิน

3 คะแนน หมายถึง ดี, 2 คะแนน หมายถึง พอใช้, 1 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ปรับปรุงจาก โกเมศ นาแจ้ง,2554)
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

ผู้ประเมิน..ชั้น...................เลขที่.......................

คำชี้แจง

1. แบบประเมินแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์นี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจให้คะแนนคุณภาพของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ MCIS

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	วาดภาพระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้องครบถ้วน	วาดภาพระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	วาดภาพระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวไม่ถูกต้อง
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1.ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้อง ครบถ้วน	1.ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	1.ไม่ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือระบุไม่ถูกต้อง
	2. ระบุหน้าที่ของรากพืชได้ถูกต้อง ครบถ้วน	2. ระบุหน้าที่ของรากพืชได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	2. ไม่ระบุหน้าที่ของรากพืชหรือระบุไม่ถูกต้อง

เกณฑ์ผลการประเมิน 9-8 คะแนน หมายถึง ดี, 7-6 คะแนน หมายถึง พอใช้, น้อยกว่า 5 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

คำศัพท์ที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

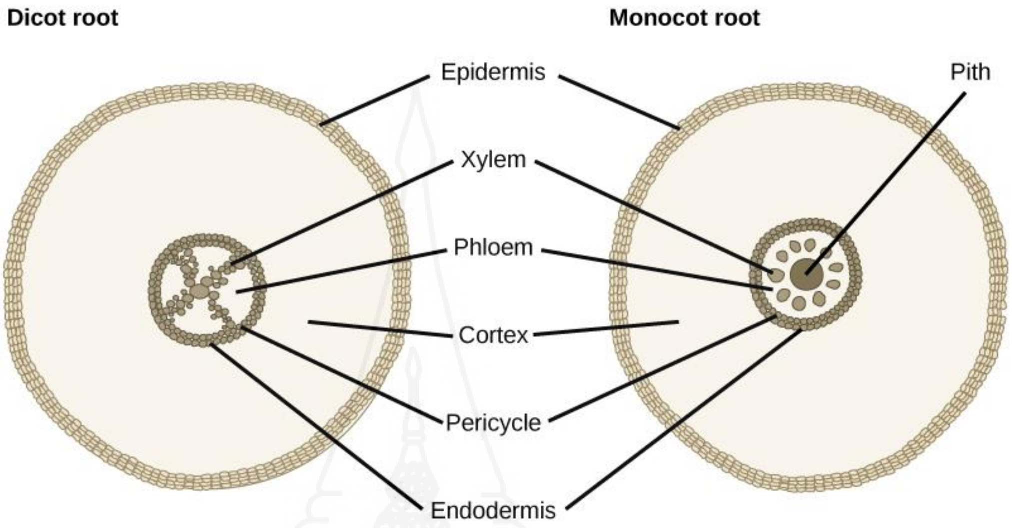
Epidermis/เอพิเดอร์มิส	Root hair/ขนราก	Xylem/ไซเล็ม
Phloem/โฟลเอ็ม	Pith/พิธ	Cortex/คอร์เทกซ์
Pericycle/เพริไซเคิล	Endodermis/เอนโดเดอร์มิส	

หน้าที่ของรากพืช	ทำหน้าที่ดูดลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและสารอาหาร ยึดค้ำจุนต้นพืชไม่ให้โค่นล้ม และหน้าที่อื่น ๆ ตามลักษณะของรากเช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ หายใจ สังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

ตารางการให้คะแนนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

ลำดับที่	ผู้รับการประเมิน (ชื่อ-นามสกุล)	ครั้งที่ 1											ครั้งที่ 2									รวม	ผลการประเมิน
		ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา			การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา						รวม	ผลการประเมิน	ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา			การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา							
					ข้อ 1			ข้อ 2								ข้อ 1			ข้อ 2				
		3	2	1	3	2	1	3	2	1			3	2	1	3	2	1	3	2	1		
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							

แบบเฉลยหน้าที่ของราและโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว



หน้าที่ของรากพืช	ทำหน้าที่ดูดลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและสารอาหาร ยึดค้ำจุนต้นพืชไม่ให้โค่นล้ม และหน้าที่อื่น ๆ ตามลักษณะของรากเช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ หายใจ สังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

ความแตกต่างระหว่างโครงสร้างภาคตัดขวางรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและรากพืชใบเลี้ยงคู่

รากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	รากพืชใบเลี้ยงคู่
1. มีขนราก	1. มีขนรากในช่วงที่เมล็ดงอกใหม่ เมื่อเจริญเติบโตแล้วจะไม่มีขนราก
2. มีไซเล็มเรียงเป็นแฉกมากกว่า 6 แฉก	2. มีไซเล็มเรียงเป็นแฉกประมาณ 3-4 แฉก
3. ปกติไม่มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียม อยู่ระหว่างไซเล็มกับโฟลเอ็ม จึงไม่มีการเจริญเติบโต ในระยะทุติยภูมิ ยกเว้นพืชบางชนิด	3. มีเนื้อเยื่อวาสคิวลาร์แคมเบียม อยู่ระหว่างไซเล็ม กับโฟลเอ็ม เพื่อให้กำเนิดเนื้อเยื่อ ที่เจริญเติบโตในระยะทุติยภูมิ
4.ไม่มีคอร์ก และคอร์แคมเบียม	4. ถ้าเป็นไม้ต้น จะมีคอร์ก และ คอร์กแคมเบียม
5. เอนโดเดอร์มิสเห็นเป็นแนวชัดเจนดี และ เห็นแคสพาเรียนสตริพ เด่นชัดกว่าในรากพืชใบเลี้ยงคู่	5. เอนโดเดอร์มิส เรียงชั้นเดียว มีผนังค่อนข้างหนา และมีเม็ดแป้งมาก และส่วนใหญ่มักเห็นเอนโดเดอร์มิสไม่ชัด หรือไม่มีเลย

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

แบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา 3 ว32243

เรื่อง การสืบพันธุ์ โครงสร้างและการเจริญเติบโตของพืชดอก

1. วันหนึ่งหลังจากเด็กหญิงมานีได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้ เธอได้เดินเล่นกับเพื่อนอยู่หลังโรงเรียนและได้สังเกตเห็นดอกชบาสีแดงดอกหนึ่ง เธอจึงเกิดความสงสัยเกี่ยวกับโครงสร้างของดอกชบา จึงวิ่งไปถามครู ถ้านักเรียนเป็นครูจะวาดรูปเพื่ออธิบายโครงสร้างของดอกชบาให้เด็กหญิงมานีเข้าใจได้อย่างไร

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

1. Stamen/เกสรเพศผู้	2. Anther/อับเรณู	3. Filament/ก้านชูอับเรณู
4. Pistil/เกสรเพศเมีย	5. Stigma/ยอดเกสรเพศเมีย	6. Ovary/รังไข่
7. Calyx/วงกลีบเลี้ยง	8. Sepal/กลีบเลี้ยง	9. Petal/กลีบดอก
10. Corolla/วงกลีบดอก	11. Receptacle/ฐานรองดอก	12. Pedicel/ก้านดอก

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของดอกไม้

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1คะแนน)**
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ ได้ถูกต้อง 9-12 คำ	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 4-8 คำ	1. แสดงรายละเอียดระบุชื่อโครงสร้างส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้องน้อยกว่า 4 คำ หรือไม่ระบุเลย
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 9-12 ส่วนประกอบ	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้ได้ถูกต้อง 5-8 ส่วนประกอบ	1. ระบุหน้าที่ของส่วนประกอบของดอกไม้น้อยกว่า 4 ส่วนประกอบ หรือไม่ระบุเลย

แปลผลคะแนน

5-6 อยู่ระดับ ดี

3-4 อยู่ระดับ พอใช้

น้อยกว่า 3 อยู่ระดับ ปรับปรุง

2. ผึ้งงานทำหน้าที่เป็น pollinator ตามธรรมชาติช่วยผสมเกสรในทุ่งดอกไม้ จงอธิบายกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ทั้งเพศผู้และเพศเมีย รวมถึงขั้นตอนการปฏิสนธิของดอกไม้ เมื่อละอองเรณูที่ติดอยู่บริเวณขาของผึ้งตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

1. Egg cell/เซลล์ไข่	2. Antipodal cell/แอนติโพแดล	3. Meiosis/ไมโอซิส
4. Micropyle/ไมโครไพล์	5. Polar nuclei/โพลาร์นิวคลีไอ	6. Microsporangium/ไมโครสปอร์แรงเจียม
7. Microspore/ไมโครสปอร์	8. Pollen sac/ถุงอับเรณู	9. Mitosis/ไมโทซิส
10 Ovary/รังไข่	11. Pollen tube/หลอดละอองเรณู	12. Tube nucleus/ทิวป์นิวเคลียส
13. Synergid/ซินเนอร์จิด	14. Microspore mother cell /ไมโครสปอร์มาเทอร์เซลล์	15. Microsporocyte/ ไมโครสปอร์โรไซต์
16. Megaspore mother cell /เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์	17. Megasporocyte/ เมกะสปอร์โรไซต์	18. Generative nucleus/ เจเนอร์เรทีฟ นิวเคลียส

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1.ระบุชื่อโครงสร้างของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้อง 13-18 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้อง 7-12 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกไม้ถูกต้องน้อยกว่า 7 คำ หรือไม่ระบุ
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. ระบุขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้อง ครบถ้วน	1. ระบุขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	1. ไม่ระบุขั้นตอนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอกหรือระบุไม่ถูกต้อง
	2. ระบุขั้นตอนการปฏิสนธิของพืชดอกได้ถูกต้องครบถ้วน	2. ระบุขั้นตอนการปฏิสนธิของพืชดอกได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	2. ไม่มีการระบุขั้นตอนการปฏิสนธิของพืชดอกหรือระบุไม่ถูกต้อง

แปลผลคะแนน

8-9 อยู่ระดับ ดี

6-7 อยู่ระดับ พอใช้

น้อยกว่า 6 อยู่ระดับ ปรับปรุง

3. ยายแจ่มต้องการเพาะถั่วงอกส่งออกไปขายต่างประเทศ โดยยายแจ่มได้ทำการศึกษาหาข้อมูลโครงสร้างของเมล็ดและขั้นตอนการงอกของเมล็ดถั่วเขียวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปลูกถั่วงอก ซึ่งยายแจ่มได้นำเมล็ดถั่วเขียวมาผ่าเพื่อศึกษาโครงสร้างภายใน และระหว่างที่เมล็ดถั่วเขียวเจริญเติบโตเป็นต้นถั่วงอกนั้น ยายแจ่มได้จดบันทึกขั้นตอนการงอกอย่างละเอียด ถ้านักเรียนเป็นยายแจ่มจะจดบันทึกโครงสร้างและขั้นตอนการงอกของเมล็ดถั่วเขียวอย่างไร

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เมล็ด

1. Embryo/เอ็มบริโอ	2. Epicotyl/อิพิคอทิล	3. Hypocotyl/ไฮโพคอทิล
4. Radical/รากแรกเกิด	5. Cotyledon/ใบเลี้ยง	6. Seed coat/เปลือกเมล็ด
7. Endosperm/เอนโดสเปิร์ม		

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างของเมล็ด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. ระบุชื่อโครงสร้างของเมล็ดได้ถูกต้อง 6-7 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างของเมล็ดได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 4-5 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างของเมล็ดไม่ถูกต้อง น้อยกว่า 4 คำ หรือไม่ระบุ
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. ระบุขั้นตอนการงอกของเมล็ดได้ถูกต้อง ครบถ้วน	1. ระบุขั้นตอนการงอกของเมล็ดได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	1. ไม่สามารถระบุขั้นตอนการงอกของเมล็ดได้หรือระบุไม่ถูกต้อง

แปลผลคะแนน

5-6 อยู่ระดับ ดี

3-4 อยู่ระดับ พอใช้

น้อยกว่า 3 อยู่ระดับ ปรับปรุง

4. จากพืชที่กำหนดให้จงตอบคำถามต่อไปนี้

ชนิดที่ 1 พืชวงศ์กก จัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เป็นไม้ล้มลุกชอบที่ชื้นแฉะ มีรูปร่างลักษณะและนิเวศวิทยาเหมือนหญ้ามาก มีลักษณะที่แตกต่างจากหญ้า คือ กกมักมีลำต้นตันและเป็นสามเหลี่ยมหรือสามมุม

ชนิดที่ 2 โหระพา จัดอยู่ในกลุ่มพืชใบเลี้ยงคู่ ลำต้นกิ่งก้านเป็นเหลี่ยม สีม่วงหรือแดงเข้มเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดียแพร่หลายทั้งในเอเชียและตะวันตก มีคุณสมบัติทางยาช่วยในการย่อยอาหาร แก้อาการจุกเสียด

คำถาม ถ้านักเรียนนำลำต้นกับรากพืชพืชชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 มาตัดตามขวางแล้วนำศึกษาโครงสร้างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนจะเห็นโครงสร้างของพืชข้างต้นเป็นแบบใด จงวาดภาพประกอบคำอธิบาย

คำศัพท์ที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของราก

1. Epidermis/เอพิเดอร์มิส	2. Root hair/ขนราก	3. Xylem/ไซเล็ม
4. Phloem/โฟลเอ็ม	5. Pith/พิธ	6. Cortex/คอร์เทกซ์
7. Pericycle/เพริไซเคิล	8. Endodermis/เอนโดเดอร์มิส	

หน้าที่ของรากพืช	ทำหน้าที่ดูดลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและสารอาหาร ยึดค้ำจุนต้นพืชไม่ให้โค่นล้ม และหน้าที่อื่น ๆ ตามลักษณะของรากเช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ หายใจ สังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างราก

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. ระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้อง 7-8 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่ได้ถูกต้อง 5-6 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่ถูกต้องน้อยกว่า 5 คำ หรือไม่ระบุ
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1.ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้องครบถ้วน	1.ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	1.ไม่ระบุความแตกต่างระหว่างรากจากการตัดตามขวางของพืชใบเลี้ยงคู่และรากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหรือระบุไม่ถูกต้อง

แปลผลคะแนน

5-6 อยู่ระดับ ดี

3-4 อยู่ระดับ พอใช้

น้อยกว่า 3 อยู่ระดับ ปรับปรุง

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของลำต้น

1. Vascular bundle/ มัดท่อลำเลียง	2. Epidermis/เอพิเดอร์มิส	3. Xylem/ไซเล็ม
4. Phloem/โฟลเอ็ม	5. Pith/พิธ	6. Cortex/คอร์เทกซ์
7. Vascular cambium/ วาสคิวลาร์แคมเบียม		

หน้าที่ของลำต้นพืช	เป็นแกนสำหรับพยุง กิ่งก้าน ใบและดอกให้ได้รับแสงแดด เป็นตัวกลางในการลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและสารอาหารส่งผ่านไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช และหน้าที่อื่น ๆ ตามลักษณะของลำต้นเช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ สังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างลำต้น

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. ระบุชื่อโครงสร้างของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้อง 6-7 คำ	1. ระบุชื่อโครงสร้าง ของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้อง 4-5 คำ	1. ไม่ระบุชื่อโครงสร้าง ของลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวาง น้อยกว่า 4 คำ หรือไม่ระบุ
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. ระบุความแตกต่างของโครงสร้างลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้อง ครบถ้วน	1. ระบุความแตกต่างของโครงสร้าง ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางได้ถูกต้อง ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	1. ไม่มีการระบุความแตกต่างของโครงสร้าง ลำต้นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่จากการตัดตามขวางหรือระบุไม่ถูกต้อง

แปลผลคะแนน

11-12 อยู่ระดับ ดี

9-10 อยู่ระดับ พอใช้

น้อยกว่า 9 อยู่ระดับ ปรับปรุง

5. พรุควนขี้เสียน ตั้งอยู่ตอนเหนือของทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศแห่งแรกของประเทศไทย (Ramsar site) ในบริเวณพื้นที่มีน้ำท่วมขังจะมีผักแว่นขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วไป อยากทราบว่าพืชในบริเวณดังกล่าวมีการปรับตัวด้านโครงสร้างของใบอย่างไรเพื่อที่จะดำรงชีวิตต่อได้ จงวาดภาพประกอบ

คำสำคัญที่ควรพบในแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ใบ

1. Cuticle/คิวทิเคิล	2. Upper epidermis /เอพิเดอร์มิส ด้านบน	3. Lower epidermis /เอพิเดอร์มิส ด้านล่าง
4. Vascular bundle /มัดท่อลำเลียง	5. Palisade mesophyll/ แพลิเซดมีโซฟิลล์	6. Spongy mesophyll สปองจีมีโซฟิลล์
7. Phloem/โฟลเอ็ม	8. Xylem/ไซเลม	9. Stoma/ปากใบ

แบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างใบ

รายการประเมิน	**ระดับคะแนน**		
	ดี (3)	**พอใช้ (2)**	**ปรับปรุง (1)**
1. ความสอดคล้อง/การระบุคำสำคัญของเนื้อหาที่ศึกษา	1. มีการระบุชื่อโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของใบพืช ได้ถูกต้อง 7-9 คำ	1. มีการระบุชื่อโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของใบพืช ได้ถูกต้อง 4-6 คำ	1. ไม่มีการระบุชื่อโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างภายในของใบพืชถูกต้อง น้อยกว่า 4 คำ หรือไม่ระบุ
2. การแสดงแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่กำลังศึกษา	1. แบบจำลองแสดงโครงสร้างภายในของใบพืช ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	1. แบบจำลองแสดงโครงสร้างภายในของใบพืช ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	1. แบบจำลองแสดงโครงสร้างภายในของใบพืช ไม่ถูกต้อง

แปลผลคะแนน
5-6 อยู่ระดับ ดี
3-4 อยู่ระดับ พอใช้
น้อยกว่า 3 อยู่ระดับ ปรับปรุง

ภาคผนวก ค

การหาคุณภาพเครื่องมือ

ตารางที่ 1 ระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) แยกรายข้อ

ข้อที่ 1		**ข้อที่ 2**		**ข้อที่ 3**		**ข้อที่ 4**		**ข้อที่ 5**	
ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ
ดี	0	ดี	0	ดี	0	ดี	0	ดี	0
พอใช้	53.85	พอใช้	0	พอใช้	0	พอใช้	0	พอใช้	0
พอใช้	46.15	ปรับปรุง	100	ปรับปรุง	100	ปรับปรุง	100	ปรับปรุง	100

ตารางที่ 2 ระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS) แยกรายข้อ

ข้อที่ 1		**ข้อที่ 2**		**ข้อที่ 3**		**ข้อที่ 4**		**ข้อที่ 5**	
ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ	ระดับ	ร้อยละ
ดี	66.67	ดี	38.46	ดี	46.15	ดี	25.64	ดี	66.67
พอใช้	30.77	พอใช้	35.89	พอใช้	41.01	พอใช้	61.54	พอใช้	30.77
ปรับปรุง	2.56	ปรับปรุง	23.07	ปรับปรุง	12.82	ปรับปรุง	12.82	ปรับปรุง	2.56

ตารางที่ 3 ระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับ	**คิดเป็นร้อยละ**
ดี	48.718
พอใช้	39.996
ปรับปรุง	10.766

ตารางที่ 4 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลอง (MCIS)

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาชีววิทยา 3 ว32243	**คะแนนเฉลี่ย**
ก่อนเรียน	6.7
หลังเรียน	14.4

ตารางที่ 5 ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อสอบข้อที่	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**รวม**	**แปลผล**	**ข้อสอบข้อที่**	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**รวม**	**แปลผล**
	1	2	3				1	2	3		
1	1	1	1	3	สอดคล้อง	16	1	1	1	3	สอดคล้อง
2	1	1	1	3	สอดคล้อง	17	1	1	1	3	สอดคล้อง
3	1	1	1	3	สอดคล้อง	18	1	1	1	3	สอดคล้อง
4	1	1	1	3	สอดคล้อง	19	1	1	1	3	สอดคล้อง
5	1	1	1	3	สอดคล้อง	20	1	1	1	3	สอดคล้อง
6	1	1	1	3	สอดคล้อง	21	1	1	1	3	สอดคล้อง
7	1	1	1	3	สอดคล้อง	22	1	1	1	3	สอดคล้อง
8	1	1	1	3	สอดคล้อง	23	1	1	1	3	สอดคล้อง
9	1	1	1	3	สอดคล้อง	24	1	1	1	3	สอดคล้อง
10	1	1	1	3	สอดคล้อง	25	1	1	1	3	สอดคล้อง
11	1	1	1	3	สอดคล้อง	26	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
12	1	1	1	3	สอดคล้อง	27	1	1	1	3	สอดคล้อง
13	1	1	1	3	สอดคล้อง	28	1	1	1	3	สอดคล้อง
14	1	1	1	3	สอดคล้อง	29	1	1	0	0.67	สอดคล้อง
15	1	1	1	3	สอดคล้อง	30	1	1	1	3	สอดคล้อง

ตารางที่ 6 ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**รวม**	**แปลผล**
	1	2	3		
1	1	1	1	3	ใช้ได้
2	1	1	1	3	ใช้ได้
3	1	1	1	3	ใช้ได้
4	1	1	1	3	ใช้ได้
5	1	1	1	3	ใช้ได้

ตารางที่ 7 ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ (MCIS)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่**			**รวม**	**แปลผล**
	1	2	3		
1	1	1	1	3	ใช้ได้
2	1	1	1	3	ใช้ได้
3	1	1	1	3	ใช้ได้
4	1	1	1	3	ใช้ได้
5	1	1	0	0.67	ใช้ได้
6	1	1	0	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 8 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าเท่ากับ 0.9

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	แปลผล	อำนาจจำแนก		Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.54	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	ใช้ได้	1	0.54
2	0.29	ใช้ได้	0.21	ใช้ได้	ใช้ได้	2	0.29
3	0.43	ใช้ได้	0.31	ใช้ได้	ใช้ได้	3	0.43
4	0.60	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้	4	0.60
5	0.51	ใช้ได้	0.21	ใช้ได้	ใช้ได้	5	0.51
6	0.54	ใช้ได้	0.74	ใช้ได้	ใช้ได้	6	0.54
7	0.66	ใช้ได้	0.19	ตัดทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	7	0.66
8	0.51	ใช้ได้	0.70	ใช้ได้	ใช้ได้	8	0.51
9	0.60	ใช้ได้	0.59	ใช้ได้	ใช้ได้	9	0.60
10	0.54	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้	10	0.54
11	0.34	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้ได้	11	0.34
12	0.66	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้	12	0.66
13	0.26	ใช้ได้	0.16	ตัดทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	13	0.26
14	0.71	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้ได้	14	0.71
15	0.60	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้ได้	15	0.60
16	0.57	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้ได้	16	0.57
17	0.63	ใช้ได้	0.14	ตัดทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	17	0.63
18	0.63	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้	18	0.63
19	0.63	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้	19	0.63
20	0.60	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้	20	0.60
21	0.60	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้	21	0.60
22	0.54	ใช้ได้	0.74	ใช้ได้	ใช้ได้	22	0.54

ข้อที่	ค่าความยากง่าย	แปลผล	อำนาจจำแนก		Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
23	0.43	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้ได้	23	0.43
24	0.51	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้	24	0.51
25	0.31	ใช้ได้	0.26	ใช้ได้	ใช้ได้	25	0.31
26	0.57	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้	26	0.57
27	0.51	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้	27	0.51
28	0.54	ใช้ได้	0.62	ใช้ได้	ใช้ได้	28	0.54
29	0.14	ทิ้ง	0.23	ใช้ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง	29	0.14
30	0.57	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้	30	0.57

ตารางที่ 9 ค่าความความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 2 คน ด้วย Kappa (Inter-rater reliability) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

คำถามข้อที่	ค่าความความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน	แปลผล
1	0. 654	ความสอดคล้องดี
2	0.884	ความสอดคล้องดีมาก
3	0.833	ความสอดคล้องดีมาก
4	0.668	ความสอดคล้องดี
5	0.538	ความสอดคล้องปานกลาง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายปัญญา ภิรมย์จันทร์
วัน เดือน ปีเกิด	29 กรกฎาคม 2535
สถานที่เกิด	บางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์-ชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จบปีการศึกษา 2559
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	ครู คศ.1