ผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

น.ส.สุนิษา สภาพไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING SCIENCE ASSESSMENT, INSTRUCTION, AND LEARNING CYCLE ON LEARNING PROGRESSION FOR BIOLOGICAL CONCEPTS OF UPPER SECONDARY STUDENTS

Miss Sunisa Sapapthai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2021

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	น.ส.สุนิษา สภาพไทย
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สุนิษา สภาพไทย : ผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF USING SCIENCE ASSESSMENT, INSTRUCTION, AND LEARNING CYCLE ON LEARNING PROGRESSION FOR BIOLOGICAL CONCEPTS OF UPPER SECONDARY STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ งานวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นนี้เป็นการวิจัยแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) แผนจัดการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ (2) แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในแต่ละระดับ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42.86) มีความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับที่ 4 ซึ่งเป็นระดับแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมี 3 แบบ ได้แก่ (1) นักเรียน 14 คน (ร้อยละ 50) มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 2 ระดับขึ้นไป (2) นักเรียน 12 คน (ร้อยละ 42.86) มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น 1 ระดับ และ (3) มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน 2 คน (ร้อยละ 7.14) ไม่เปลี่ยนแปลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2564 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6280153527 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Learning progression, Science Assessment Instruction and Learning cycle (SAIL cycle), Conceptual understanding in biology

Sunisa Sapapthai : EFFECTS OF USING SCIENCE ASSESSMENT, INSTRUCTION, AND LEARNING CYCLE ON LEARNING PROGRESSION FOR BIOLOGICAL CONCEPTS OF UPPER SECONDARY STUDENTS. Advisor: Asst. Prof. Dr. sakolrat KAEWDEE

The purpose of this research was to investigate upper secondary student's learning progressions (LPs) of the conceptual understanding in biology after learning through Science Assessment, Instruction, and Learning Cycle (SAIL Cycle). The design of this pre-experimental research was one group pretest-posttest. The study group were twenty-eight tenth grade students from a large secondary school in Suphan Buri Province. The research tools consisted of (1) lesson plans base on SAIL Cycle and (2) conceptual understanding in biology test. The collected data were analyzed by percentage mean of student's learning progression levels for conceptual understanding in biology. The research findings revealed that after learning through SAIL Cycle, most students (42.86%) obtained level four of learning progression, a relational level. The learning progressions of students' biological concepts can be grouped into 3 categories i.e. (1) 14 students (50%) of the study group obtained at least two level increased; (2) 12 students (42.86%) obtained only one level increased; and (3) biological concepts of 2 students (7.14%) remained the same.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Science Education Student's Signature .....

Academic Year: 2021 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากด้วยความกรุณาและการให้ความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งในการทำวิทยานิพนธ์ และการดำเนินชีวิต รวมถึงดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำที่เป็นแนวทางสำหรับปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยทั้ง 3 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน อาจารย์ ดร.สุฑามาศ นิยมพานิช และครูกัญญาภัทร คำภิภาค ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และครูกัญญาภัทร คำภิภาค โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยครั้งนี้ รวมถึงนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ที่ตั้งใจและให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ และเพื่อนสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกคน รวมถึงเพื่อนร่วมรุ่นระดับปริญญาตรีและระดับมัธยมทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้สำหรับในการเรียน รวมถึงคอยให้ความช่วยเหลือในยามที่เจอปัญหาหรืออุปสรรคระหว่างทางของการเรียนปริญญาโท และขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้าเป็นอย่างสูง ที่สนับสนุนทุกอย่าง ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดระยะเวลาของการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จตามที่ข้าพเจ้าตั้งใจไว้

สุนิษา สภาพไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2. คำถามการวิจัย 6

3. วัตถุประสงค์ 7

4. ขอบเขตการวิจัย 7

5. คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

1. วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 11

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 11

1.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 12

1.3 ขั้นตอนวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 14

1.4 การใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (FACTs) 18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 วิธีการและตัวอย่างในการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 21
2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 29
2.1 ความหมายของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 29
2.2 ประเภทความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 30
2.3 ความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 30
2.4 แนวทางในประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 30
2.4.1 วิธีการและตัวอย่างในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 30
2.4.2 รูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 36
2.4.3 การนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน 43
2.4.4 การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 44
3. ความเข้าใจมโนทัศน์ 46
3.1 ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจมโนทัศน์ 46
3.3 แนวทางการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ 51
3.4 เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ 57
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 59
4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 59
4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 61
4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์ 63
5. กรอบแนวคิดการวิจัย 65
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 66
1. รูปแบบการวิจัย 66
2. กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 68
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล 76
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 77
6. วิธีการพิทักษ์สิทธิ์นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 78
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 80
ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบภาพรวม 80
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบรายบุคคล 100
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ 123
สรุปผลการวิจัย 123
อภิปรายผล 124
ข้อเสนอแนะ 127
บรรณานุกรม 129
ภาคผนวก 136
ประวัติผู้เขียน 177

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงระดับการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน..... 38

ตารางที่ 2 แสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ 49

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสาเหตุการเกิดโรคและวิธีการเข้าสู่ร่างกายของจุลชีพ 54

ตารางที่ 4 แสดงช่วงคะแนนเป็นร้อยละและความหมายเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนของ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)..... 57

ตารางที่ 5 แสดงลำดับแผนการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ หัวข้อ และจำนวนคาบ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ 69

ตารางที่ 6 แสดงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์..... 72

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์..... 81

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ 85

ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์..... 89

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ 94

ตารางที่ 11 แสดงลำดับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ 100

ตารางที่ 12 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้และเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ 151

ตารางที่ 13 แสดงลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (online) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์..... 153

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (SAIL cycle) 16
ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่ส่งเสริมความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 18
ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการพูดคุยกันอย่างเป็นมิตร 21
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย 22
ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการสำรวจเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียน (Marin Department of Education, 2007 as cited in Keeley, 2015) 23
ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการเขียนความคิดความเข้าใจบนกระดานไวท์บอร์ด 23
ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการทำนาย การอธิบาย และการสังเกต 24
ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการใช้ชุดคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น 25
ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน 26
ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการพิสูจน์เรื่องราว 26
ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการทดลองทางความคิด 27
ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 27
ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน 28
ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน 29
ภาพที่ 15 แสดงตัวอย่างการสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างที่แน่นอน 31
ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบข้อเขียนจะเป็นแบบทดสอบสองระดับ 32
ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเรียงลำดับ 33
ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบเขียนตอบ เรื่อง ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ . 33
ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบหลายตัวเลือกแบบเลือกตอบถูกผิด 34
ภาพที่ 20 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 21 แสดงตัวอย่างแบบปรนัยหลายตัวเลือกเกี่ยวกับกลไกและสาเหตุการเพิ่มขึ้น ของระดับน้ำทะเล 35
ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมงานที่ได้รับมอบหมาย เรื่อง นิเวศวิทยา 36
ภาพที่ 23 แสดงระบบการประเมิน BEAR (BEAR assessment system; BAS) 37
ภาพที่ 24 แสดงตัวอย่างข้อคำถามและคำตอบ วิชาเคมี ของนักเรียนที่แสดงระดับการเรียนรู้ (Wilson, 2004) 40
ภาพที่ 25 แสดงรูปแบบสามเหลี่ยมการประเมิน 41
ภาพที่ 26 แสดงการตรวจสอบยืนยันความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 42
ภาพที่ 27 แสดงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน ก่อนเรียนและหลังเรียนแบบรายบุคคล 44
ภาพที่ 28 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน แบบภาพรวม 45
ภาพที่ 29 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนแบบภาพรวมในลักษณะกราฟ เรื่อง วัฏจักรน้ำ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย 46
ภาพที่ 30 แสดงแบบทดสอบคำถามปลายเปิดที่ความซับซ้อนตามระดับ 53
ภาพที่ 31 แสดงข้อคำถามที่ใช้ในการทดสอบปากเปล่า 53
ภาพที่ 32 แสดงแผนแผนภาพเวนน์ 53
ภาพที่ 33 แสดงแผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับธาตุอาหาร (Mintzes et al., 2001) 54
ภาพที่ 34 แสดงแบบทดสอบแบบถูกผิด 55
ภาพที่ 35 แสดงกระบวนการทางสรีรวิทยาเกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือดโดยให้นักเรียนวาดภาพ 56
ภาพที่ 36 แสดงแบบทดสอบสองระดับ 56
ภาพที่ 37 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย 65
ภาพที่ 38 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเพียงหนึ่งกลุ่ม 66
ภาพที่ 39 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ กล้องจุทรรศน์ 87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 40 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 92

ภาพที่ 41 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์..... 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชีววิทยาเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต ที่ครอบคลุมส่วนของโครงสร้างการทำงาน พันธุกรรม รวมถึงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตและความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่เกี่ยวข้องกับด้านโภชนาการ ทรัพยากรธรรมชาติ การเกษตร การแพทย์ สิ่งแวดล้อม รวมถึงเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศ การจัดการเรียนการสอนชีววิทยามุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ชีววิทยากับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 เพื่อนำมาใช้ในการสร้างความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนั้นมีความจำเป็นที่ผู้เรียนต้องเรียนหรือรู้เกี่ยวกับชีววิทยาเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ ความเข้าใจมโนทัศน์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเรียนรู้ ช่วยทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้นเพราะเป็นพื้นฐานในการสร้างมโนทัศน์ใหม่และพัฒนามโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ความเข้าใจมโนทัศน์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถจดจำความรู้หรือสิ่งที่เรียนมาได้นานมากขึ้น (Council, 1996; Konicek-Moran and Keeley, 2015) ความรู้พื้นฐานเป็นสิ่งสำคัญโดยเฉพาะเนื้อหาพื้นฐานชีววิทยาที่นำไปใช้ในการเรียนชีววิทยาในหัวข้ออื่น ๆ ดังนั้นผู้เรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์นั้นต้องสามารถบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ ความเข้าใจในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน และสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ง่ายเมื่อสถานการณ์มีซับซ้อนมาก (Darmofal et al., 2002; National Research Council, 2001; Ummels et al., 2015)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA (Program for International Student Assessment) มีจุดประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของแต่ละประเทศที่เข้าร่วมในการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นในการดำรงชีวิตการประเมิน PISA เป็นการประเมินการรู้ 3 ด้าน ได้แก่ การรู้ด้านอ่าน (Reading Literacy) การรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งมีการประเมินทุก 3 ปี ถึงแม้ว่าการประเมิน PISA ไม่ได้มุ่งเน้นการประเมินความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ แต่ผู้เรียนจะต้องมีความรู้และความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่อยู่ในสมรรถนะทาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยาศาสตร์ จากผลการประเมินในปี 2012 ถึง ปี 2018 พบว่านักเรียนไทยได้คะแนนวิทยาศาสตร์เท่ากับ 444 421 และ 426 คะแนน ตามลำดับ ผลการประเมินจัดอยู่ในกลุ่มต่ำและมีคะแนนต่ำกว่ามาตรฐานของประเทศสมาชิก (Organization for Economic Cooperation and Development; OECD) เมื่อพิจารณาการประเมินด้านการรู้วิทยาศาสตร์ พบว่ามีกรอบการประเมินส่วนของความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในหมวดหมู่ของระบบสิ่งมีชีวิต (Living Systems) ผู้เรียนต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ เซลล์และการทำงานของเซลล์ ระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายมนุษย์ พันธุศาสตร์ วิวัฒนาการและระบบนิเวศ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่อยู่ในชีววิทยา เมื่อพิจารณาข้อสอบพบว่าหนึ่งในรูปแบบของข้อสอบการประเมิน PISA คือ ข้อสอบแบบอัตนัยโดยผู้เรียนจะต้องใช้ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในการอธิบายหรือแสดงความ (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) จากผลการประเมิน PISA ในปี 2012 ถึง 2018 ที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นนักเรียนไทยยังคงขาดความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์และอาจรวมถึงมโนทัศน์ชีววิทยาเนื่องจากคะแนนที่นักเรียนได้ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และไม่ถึงเกณฑ์ระดับพื้นฐานการประเมิน PISA ที่ได้กำหนดไว้

จากการศึกษาผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากลที่กล่าวข้างต้นนั้น พบว่ามีความสอดคล้องกับการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test) หรือ O-NET เป็นการประเมินภายในประเทศไทยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปี 2562 พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยา ได้แก่ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต และสาระที่ 2 ชีวิตและสิ่งแวดล้อม ซึ่งหัวข้อเซลล์และการทำงานของเซลล์เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของการประเมิน นักเรียนมีคะแนนร้อยละ 36.50 และ 29.79 ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำร้อยละ 50 ที่เป็นไปตามคุณภาพผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของผู้เรียนก่อนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์กรมหาชน, 2562) ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ไปใช้ได้ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) จากผลการประเมินที่กล่าวมานั้นอาจกล่าวได้ว่าผู้เรียนยังขาดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ซับซ้อนได้

ผู้เรียนมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการเรียนรู้ชีววิทยา เนื่องจากวิชาชีววิทยามีแนวคิดที่ซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้เรียนยังคงมีแนวคิดทางชีววิทยาที่คลาดเคลื่อน เมื่อผู้เรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเป็นเวลานานจะส่งผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์และการเรียนรู้ชีววิทยาของผู้เรียนและส่งผลให้ยากต่อการทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง จากการวิจัยที่ศึกษาการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และโครงสร้างของเซลล์ พบว่าแนวคิดทางชีววิทยาที่ผู้เรียนมีคลาดเคลื่อนมากที่สุด ได้แก่ โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ หน้าที่ของนิวเคลียส เซลล์โพรคาริโอตและยูคาริโอต รวมถึงหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนส่วนของเนื้อหาการแพร่และออสโมซิส (วรรณวิภา อนุกูลสวัสดิ์ และคณะ, 2555)

จากการสัมภาษณ์ครูชีววิทยาที่มีประสบการณ์สอนมากกว่า 10 ปี ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยครูผู้สอนจากการเรียนในห้องเรียน แบบฝึกหัด และข้อสอบของนักเรียน ปัญหาที่พบในการเรียนชีววิทยาของนักเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ มโนทัศน์ที่นักเรียนมีปัญหา ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การหายใจระดับเซลล์ และการแบ่งเซลล์ ด้วยเนื้อหาเรื่องที่กล่าวมานี้ส่วนใหญ่เน้นมโนทัศน์เป็นหลัก รายละเอียดเนื้อหาและคำศัพท์ที่ใช้ค่อนข้างเยอะทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนอธิบายในข้อสอบเน้นการประยุกต์ความรู้ การตอบคำถามของนักเรียนมีลักษณะเป็นความจำมากกว่าความเข้าใจ รวมถึงนักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (กัญญาภัทร คำภิภาค, การสื่อสารส่วนบุคคล, 19 กุมภาพันธ์ 2564)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น นักเรียนจึงควรได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา การจัดการเรียนการสอนที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ให้แก่ผู้เรียน ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนเน้นการสืบสอบหาความรู้ รูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual Change Model; CCM) และวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle Model) (Konicek-Moran and Keeley, 2015) รูปแบบการเรียนการสอนเน้นการสืบสอบหาความรู้ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย คือ วงจรการเรียนรู้ 5E มีงานวิจัยที่นำวงจรการเรียนรู้ 5E มาใช้เพื่อส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Ceran and Salih (2019) ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวงจรการเรียนรู้ 5E ที่ส่งเสริมโดยใช้บริบทชีวิตที่มีต่อระดับความเข้าใจมโนทัศน์ที่วัดผ่านเทคนิคที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ที่ส่งเสริมโดยบริบทชีวิตมีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน งานวิจัยของ Wardani et al. (2017) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน นักเรียนกลุ่มที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ นรา เขียวลิ้ม (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยการจัดการเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสอนแบบสืบสอบหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด ผลการวิจัยพบว่าเมื่อนักเรียนมีแนวคิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนถูกต้องสามารถช่วยลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและปรับเปลี่ยนแนวคิดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กานวิจัยที่นำรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์มาใช้ส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ให้แก่ผู้เรียน ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ ชัยยุทธ สุขวัจนี (2558) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์มีคะแนนเฉลี่ยเข้าใจมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และงานวิจัยของ พรณิชา พรหมเสนา (2560) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลามีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 และรูปแบบการเรียนการสอนนี้ส่งผลต่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนสูงขึ้นมากกว่าร้อยละ 50

นอกจากความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียนแล้วความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression) สามารถบ่งบอกถึงพัฒนาการการเรียนของผู้เรียนได้ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นเช่นเดียวกัน เนื่องจากมาตรฐานและหลักสูตรของวิชาวิทยาศาสตร์มีการจัดโครงสร้างวิชาเป็นแนวคิดจากบนลงล่าง (top-down approach) ซึ่งแนวคิดนี้ขาดการเชื่อมโยงการเรียนรู้ของนักเรียน ความรู้เดิมและการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างไรบ้างซึ่งไม่ได้อธิบาย ทำให้ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มีการใช้แนวคิดล่างขึ้นบน (bottom-up approach) ที่มีการจัดลำดับทางความคิดโดยเริ่มจากความซับซ้อนน้อยไปยังความซับซ้อนมาก และมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังจะให้เกิดกับผู้เรียน (Gotwals, 2012) โดยความก้าวหน้าในการเรียนรู้สามารถบ่งบอกถึงความรู้ ทักษะ รวมถึงสมรรถนะต่าง ๆ ของนักเรียนได้และพัฒนาให้นักเรียนมีมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ในระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้นได้ (Jin and Anderson, 2012) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าความก้าวหน้าในการเรียนรู้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ (2561) ได้ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน ผ่านการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ จากงานวิจัยพบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีจุดเริ่มต้นของการเรียนที่แตกต่างกัน หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะผู้เรียนส่วนใหญ่มีระดับแนวคิดที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าความก้าวหน้าในการเรียนรู้ช่วยทราบการเรียนรู้ของ

นักเรียน สามารถนำมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Merritt et al. (2008) และงานวิจัยของ Gunckel et al. (2012) ได้ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ จากงานวิจัยพบว่า ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ทำให้ทราบการเรียนรู้ของนักเรียนและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ พุฒธิดา รัมมะฉัตร และคณะ (2562) ได้ศึกษาการทดสอบแผนที่โครงสร้างเชิงสันนิษฐานแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงงานวิจัยของ ชนิสรา ผลจันทร์ และคณะ (2562) ได้ศึกษาแผนที่โครงสร้างและสำรวจแนวคิด เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นมีการพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้วัดแนวคิด และใช้แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน (Hypothetical construct map) แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน

วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science Assessment, Instruction, and Learning cycle; SAIL Cycle) มีรากฐานมาจากรูปแบบการเรียนการสอนวงจรการเรียนรู้ 5E และรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ โดยวงจรการนี้มีการเพิ่มขั้นตอนที่ 6 การสะท้อนคิดและประเมินตนเอง ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของวงจรการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงในทุกขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ รวมถึงมีนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment Classroom Techniques; FACTs) มาใช้ในแต่ละขั้นตอน วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 6 ขั้น ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม 2) การตรวจสอบความรู้เดิม 3) การสำรวจและค้นหา 4) การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ 5) การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ และ 6) การสะท้อนคิดและประเมินตนเอง (Keeley, 2015) โดยในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในขั้นนี้ช่วยให้ผู้สอนทราบการเรียนรู้ของผู้เรียน เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนนี้จะเป็นหลักฐานในการแสดงความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาในการเรียนของนักเรียนในแต่ละครั้งของการเรียน และในขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและประเมินตนเอง เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนในขั้นนี้ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (Metacognition) นักเรียนได้ทบทวนตัวเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ เมื่อนักเรียนทราบการเรียนรู้ของตนเองสิ่งนี้จะนำไปสู่ความก้าวหน้าในการเรียนรู้

ดังนั้นวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาตร์ และมีเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้ครูวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียนและสามารถส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์แก่นักเรียน และวงจรการเรียนรู้นี้ยังไม่ปรากฏว่ามีการนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้นี้ทั้ง 6 ขั้นตอนไปใช้ แต่พบว่ามีการนำกิจกรรมและเทคนิคสำคัญของรูปแบบนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

และการใช้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Feedback) พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Babinčáková et al. (2020) ได้นำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นส่งผลทำให้การเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะสูงขึ้น รวมถึงนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในบทเรียน และการประเมินระหว่างเรียน

กฤษณา ชินสิญจน์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ PERFECT ซึ่งมีการติดตามผลและหลักฐานทำให้ช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการการเรียนรู้ดีขึ้นซึ่งสอดคล้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในขั้นตอนที่ 6 การสะท้อนคิดและประเมินตนเอง และงานวิจัยของ Elisa et al. (2019) ศึกษาผลของการบูรณาการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการประเมินเพื่อการเรียนรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เช่นเดียวกัน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Oyinloye and Imenda (2019) ได้ศึกษาผลของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มีต่อประสิทธิภาพของนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ นักเรียนกลุ่มที่นำหลักการประเมินเพื่อการการเรียนรู้มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงกว่าการสอนแบบทั่วไปจากงานวิจัยข้างต้นนั้นอาจกล่าวได้ว่าวงจรการการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในวงจรการนี้มีการเชื่อมโยงระหว่างการประเมินการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียน และทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสภาพปัญหางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนช่วยเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้วิชาชีววิทยาทำให้ผู้เรียนเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยเนื้อหาที่จัดการเรียนการสอนเป็นเรื่องพื้นฐานสำหรับการเรียนเมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจสามารถนำความรู้ชีววิทยาไปใช้ในการเรียนระดับที่สูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

2. คำถามการวิจัย

1. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นอย่างไรบ้าง

3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ

4.2 ตัวแปรที่ศึกษาในงานวิจัย ได้แก่

4.2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

1. วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.2.2 ตัวแปรตาม คือ

1. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

4.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2564

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

5.1 วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง วงจรการเรียนรู้ที่มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ให้สอดคล้องจุดประสงค์ในแต่ละขั้นตอน เพื่อเชื่อมโยงระหว่างการประเมินการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Keeley, 2015) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม เป็นขั้นกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจในเนื้อหาของบทเรียน หรือสถานการณ์ที่ครูกำหนด เพื่อดึงดูดความสนใจให้นักเรียนอยากเรียนรู้ และเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียน เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนจะช่วยให้ครูทราบข้อมูลเกี่ยวกับภูมิหลังและสร้างความสนใจให้แก่นักเรียน ตัวอย่างเทคนิคการ

ประเมินระหว่างเรียน เช่น การพูดคุยกันอย่างเป็นมิตร (Friendly Talk Probe) และการใช้คำถาม (Pass The Question)

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นตรวจสอบความรู้และทักษะที่นักเรียนมีมาก่อนหน้านี้ เพื่อครูนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนกับความรู้ใหม่ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เช่น การอธิบายภาพวาด (Annotated Student Drawing) และการเขียนความคิดความเข้าใจบนกระดานไวท์บอร์ด (Whiteboarding)

ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจมโนทัศน์ของตนเองและค้นหา มโนทัศน์ใหม่ผ่านประสบการณ์โดยตรงของนักเรียน เช่น กระบวนการทดลอง การอภิปรายร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน เป็นต้น ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้ครูช่วยตรวจสอบความคิดของนักเรียนเพื่อพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เช่น การสร้างคำถามโดยนักเรียน (Question Generating) และการใช้ชุดคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น (A & D statement)

ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ เป็นขั้นนักเรียนทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจนและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่เรียนอย่างเป็นทางการ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะเพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการเรียนของนักเรียน ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เช่น การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation Analysis) และการให้ตัดสินข้อความถูกหรือผิด (Justified True or False Statement)

ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ เป็นขั้นนักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่เรียน ถ่ายโอนไปยังสถานการณ์ใหม่ บริบทใหม่ หรือมโนทัศน์ที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้ครูทราบถึงปัญหาในการถ่ายโอนความรู้และทักษะของนักเรียน ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เช่น การทดลองทางความคิดเพื่อคาดคะเนคำตอบ (Thought Experiment) และการพิสูจน์เรื่องราว (Refutations)

ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง เป็นขั้นตอนนักเรียนสะท้อนคิดและการประเมินการเรียนรู้ของตนเองช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้คิด ติดตามการเรียนรู้ของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ให้ดีมากขึ้นกว่าเดิม เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ครูสามารถนำข้อมูลที่ได้จากนักเรียนมาพัฒนาการจัดการเรียนการสอน ตัวอย่างเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เช่น การเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน (Muddiest Point) และการประเมินตนเองเป็นเวลา 2 นาที (Two Minute Paper)

5.2 เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน หมายถึง กลวิธีหรือใบกิจกรรมที่นำมาใช้ในวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการสอนในแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ สามารถวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียน ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน

5.3 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หมายถึง ข้อมูลการเรียนรู้ที่แสดงถึงพัฒนาการความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนเรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาความก้าวหน้าในการเรียนรู้นี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยปรับมาจากแนวคิดของ SOLO Taxonomy Biggs and Collis (1982) ประกอบด้วยแนวคิด 5 ระดับ เรียงลำดับความซับซ้อนน้อยไปยังซับซ้อนมาก ได้แก่ 1) ระดับแนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับแนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง 3) ระดับแนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง 4) ระดับแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน และ 5) ระดับแนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม โดยผู้วิจัยตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ เป็นแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.4 ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา หมายถึง การบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ ได้แก่ 1) การอธิบายมโนทัศน์ 2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ 3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง 4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ และ 5) การประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเป็นแบบอัตนัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยเกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าในการเรียนรู้ มีรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อที่สำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัย ดังต่อไปนี้

1. วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.3 ขั้นตอนของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.4 การใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (FACTs)

1.5 วิธีการและตัวอย่างในการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (Learning Progression)

2.1 ความหมายของความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.2 ความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.3 ประเภทของความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.4 แนวทางในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ (Conceptual Understanding)

3.1 ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจมโนทัศน์

3.2 พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์

3.3 แนวทางการประเมินความเข้าใจมโนทัศน์

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science Assessment, Instruction and Learning cycle; SAIL Cycle) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Keeley (2015) ที่มีรากฐานมาจากวงจรการเรียนรู้ 5E และรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (Conceptual Change Model; CCM) วงจรการเรียนรู้นี้มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment Classroom Techniques; FACTs) มาใช้ในแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ เพื่อเชื่อมโยงระหว่างการประเมินการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้

ผู้พัฒนาวงจรการเรียนรู้นี้มีประสบการณ์การเป็นครูวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นระยะเวลา 15 ปี และได้เข้าร่วมโครงการในรัฐเมนและระดับประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพครูกับนักเรียนได้มีพูดคุยและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันกับเพื่อนครูทั่วประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำการเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปทดลองใช้ ทำให้ได้ข้อค้นพบและรวบรวมเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนทั้งหมด 75 วิธี สามารถนำไปใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

วงจรการเรียนรู้นี้ถูกนำมาใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Assessment, instruction and learning cycle; MAIL Cycle) ทั้ง 2 วิชา มีรูปแบบการเรียนการสอนที่มีขั้นตอน และใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนเหมือนกัน เมื่อพิจารณาผลการใช้วงจรการเรียนรู้ดังกล่าวพบว่า วงจรการเรียนรู้นี้ช่วยให้ครูมีกรอบสำหรับการประเมินการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ของนักเรียนที่สอดคล้องตามวัตถุประสงค์ในแต่ละขั้นตอนของการเรียนการสอนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น วงจรการเรียนรู้ขั้นที่ 6 ช่วยให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองและได้รับข้อมูลป้อนกลับที่มีขั้นตอนการตรวจสอบที่ชัดเจน เป็นส่วนสำคัญทำให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (Metacognition) นักเรียนจะตระหนักถึงการเรียนรู้ ทราบการเรียนรู้ตนเอง เพื่อบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ของตนเอง และสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาตร์ของนักเรียนได้

1.2 แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พัฒนามาจากรูปแบบจงจรการเรียนรู้ 5E และรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ มีรากฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีสรรคนิยมหรือทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีรากฐานที่สำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของเพียเจต์ซึ่งอธิบายไว้ว่า พัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคลมีการปรับตัวผ่านกระบวนการซึมซับ (assimilation) และปรับโครงสร้างทางปัญญา (accommodation) พัฒนาการเกิดจากบุคคลได้รับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ โดยแต่ละบุคคลมีวิธีการเปลี่ยนแปลงความคิดเพื่อให้เกิดความสัมพันธ์กับโครงสร้างทางปัญญาเดิมที่มีอยู่ หากไม่สัมพันธ์หรือเกิดความขัดแย้งทางความคิดจะเกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้นทำให้แต่ละบุคคลพยายามปรับให้อยู่ในสภาวะที่สมดุล (equilibrium) โดยใช้กระบวนปรับโครงสร้างทางปัญญา (ทิศนา แขมมณี, 2561)

ทฤษฎีเชาว์ปัญญาของวิว็อทสกี้เป็นรากฐานที่สำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยทฤษฎีเชาว์ปัญญาของวิว็อทสกี้จะเน้นให้ความสำคัญของสังคมและวัฒนธรรมที่มีผลต่อการเรียนรู้ ผู้เรียนมีพัฒนาการที่แตกต่างกันเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม พัฒนาการเชาว์ปัญญาของผู้เรียนเพิ่มสูงตามศักยภาพและความสามารถของแต่ละบุคคลทำให้ผู้เรียนแต่ละคนในวัยเดียวกันมีความสามารถที่เข้าใกล้บริเวณพัฒนาการเชาว์ปัญญา (Zone of Proximal Development; ZPD) ที่แตกต่างกัน ผู้เรียนบางคนมีความสามารถอยู่เหนือ ระหว่าง หรืออยู่ต่ำกว่าบริเวณพัฒนาการเชาว์ปัญญา ถ้าความสามารถของผู้เรียนอยู่ต่ำกว่าบริเวณพัฒนาการเชาว์ปัญญา ผู้เรียนจะไม่สามารถทำบางสิ่งบางอย่างได้ด้วยตนเองเพียงลำพังต้องการผู้ที่มีความสามารถมากกว่าเพื่อสามารถทำสิ่งนั้นได้ เพื่อให้ระดับพัฒนาการของผู้เรียนเพิ่มสูงขึ้นและผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2559)

จากแนวคิดทฤษฎีข้างต้นสรุปได้ว่าวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้รับแนวคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ วงจรการเรียนรู้มีการตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนที่มีอยู่เดิม ทำให้ครูทราบว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์เป็นอย่างไรบ้าง เพื่อนำไปใช้วางแผนในการจัดการเรียนการสอน หลังจากผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการซึมซับประสบการณ์ใหม่ผ่านกระบวนการสืบสอบความรู้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างทางปัญญาทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางความคิดระหว่างข้อมูลใหม่ที่ได้รับและข้อมูลเดิมที่มีอยู่ทำให้นักเรียนจำเป็นต้อง

ปรับโครงสร้างทางปัญญาโดยการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์เดิมและสร้างมโนทัศน์ใหม่จนเกิดความเข้าใจและสามารถนำความรู้ไปใช้ได้

Keeley (2015) ได้นำเสนอการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเน้นการทำงานร่วมกันเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้เป็นลักษณะการทำงานเป็นคู่ กลุ่มขนาดเล็ก หรือทั้งห้อง ทำให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกันเกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งมีความสำคัญต่อพัฒนาการของนักเรียน สอดคล้องกับทฤษฎีเชาว์ปัญญาของวิว็อทสกี้ที่ได้กล่าวข้างต้น อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดพื้นที่รอยต่อของพัฒนาการการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในห้องเรียนระหว่างที่ครูจัดการเรียนการสอน เช่น การทำงานร่วมกัน การได้รับคำแนะนำจากผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ส่งผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนแต่ละคน การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพนักเรียนจะต้องมีการพูดคุย การอภิปรายในห้องเรียนระหว่างนักเรียนกับเพื่อนในห้องเรียนและนักเรียนกับครู

การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการเรียนรู้ 4 ประการ ได้แก่ การให้ความสำคัญกับผู้เรียน การให้ความสำคัญกับมโนทัศน์ การให้ความสำคัญกับการประเมิน และการให้ความสำคัญกับการเรียนร่วมกันเสมือนชุมชนแห่งการเรียนรู้ สภาพแวดล้อมการเรียน 4 ประการที่กล่าวมานั้นส่งเสริมให้นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนแห่งการเรียนรู้ โดยเชื่อมโยงการประเมินการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ของนักเรียนไม่สามารถแยกออกจากกันได้ (National Research Council, 2000) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การให้ความสำคัญกับผู้เรียน (Learner-centered) ครูให้ความสำคัญกับความรู้ ความเชื่อ ทัศนคติ และทักษะของนักเรียน การจัดการเรียนการสอนเป็นการต่อยอดมโนทัศน์ รวมทั้งตอบสนองความแตกต่างทางวัฒนธรรม เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนทำให้ทราบว่านักเรียนมีความเข้ามโนทัศน์ถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

2. การให้ความสำคัญกับมโนทัศน์ (Knowledge-centered) ครูให้ความสำคัญกับเป้าหมายการเรียน มโนทัศน์หลัก แนวคิด และการเรียนรู้ของนักเรียน ติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน เทคนิคการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเมินระหว่างเรียนช่วยให้ครูสามารถส่งเสริมและติดตามการเรียนรู้เนื้อหาบทเรียนของนักเรียน

3. การให้ความสำคัญกับการประเมิน (Assessment-centered) ครูให้นักเรียนได้มีโอกาสตรวจสอบความรู้เดิมของตนเองที่มีอยู่ เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ช่วยพัฒนาความคิด ความเข้าใจของนักเรียน และติดตามความก้าวหน้าการเรียนรู้ของนักเรียน สภาพแวดล้อมที่ให้ความสำคัญกับการประเมินช่วยให้ทราบถึงปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบความคิด ความเข้าใจมโนทัศน์ของตนเองที่เปลี่ยนไป

4. การให้ความสำคัญกับการเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Community-centered) ครูจัดให้นักเรียนจะได้ศึกษาและเรียนรู้ร่วมกันมีการปรับปรุง และพัฒนาการเรียนรู้ของตนแอง เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครู มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้และแบ่งปันความรู้มโนทัศน์ รวมถึงมีการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนทั้งรายบุคคลและกลุ่ม

1.3 ขั้นตอนวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีราฐานมาจากรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และรูปแบบการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ รูปแบบการเรียนการสอนนี้มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน มาใช้ในวงจรเพื่อเชื่อมโยงการประเมิน การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ โดยมีแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอนและการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Keeley, 2015) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม (Engagement and Readiness)

ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย การสนทนาระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับเพื่อนในห้องเรียนเพื่อดึงดูดความสนใจนักเรียนให้อยากเรียนรู้ และเตรียมความพร้อมนักเรียนสำหรับการเรียนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม (Eliciting Prior Knowledge)

ครูตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของนักเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น การโต้แย้งวิทยาศาสตร์ หรือการอภิปรายพร้อมแบ่งปันความคิดร่วมกับเพื่อน

ในห้องเรียน ครูสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้มาเป็นแนวทางและหาวิธีการพัฒนามโนทัศน์เพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (Exploration and Discovery)

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่และพัฒนามโนทัศน์ใหม่ ผ่านการสำรวจและค้นหาจากประสบการณ์โดยตรงของนักเรียนได้หลากหลายวิธี เช่น การปฏิบัติการทดลอง กิจกรรม การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการอภิปรายร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน

ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (Concept and Skill Development)

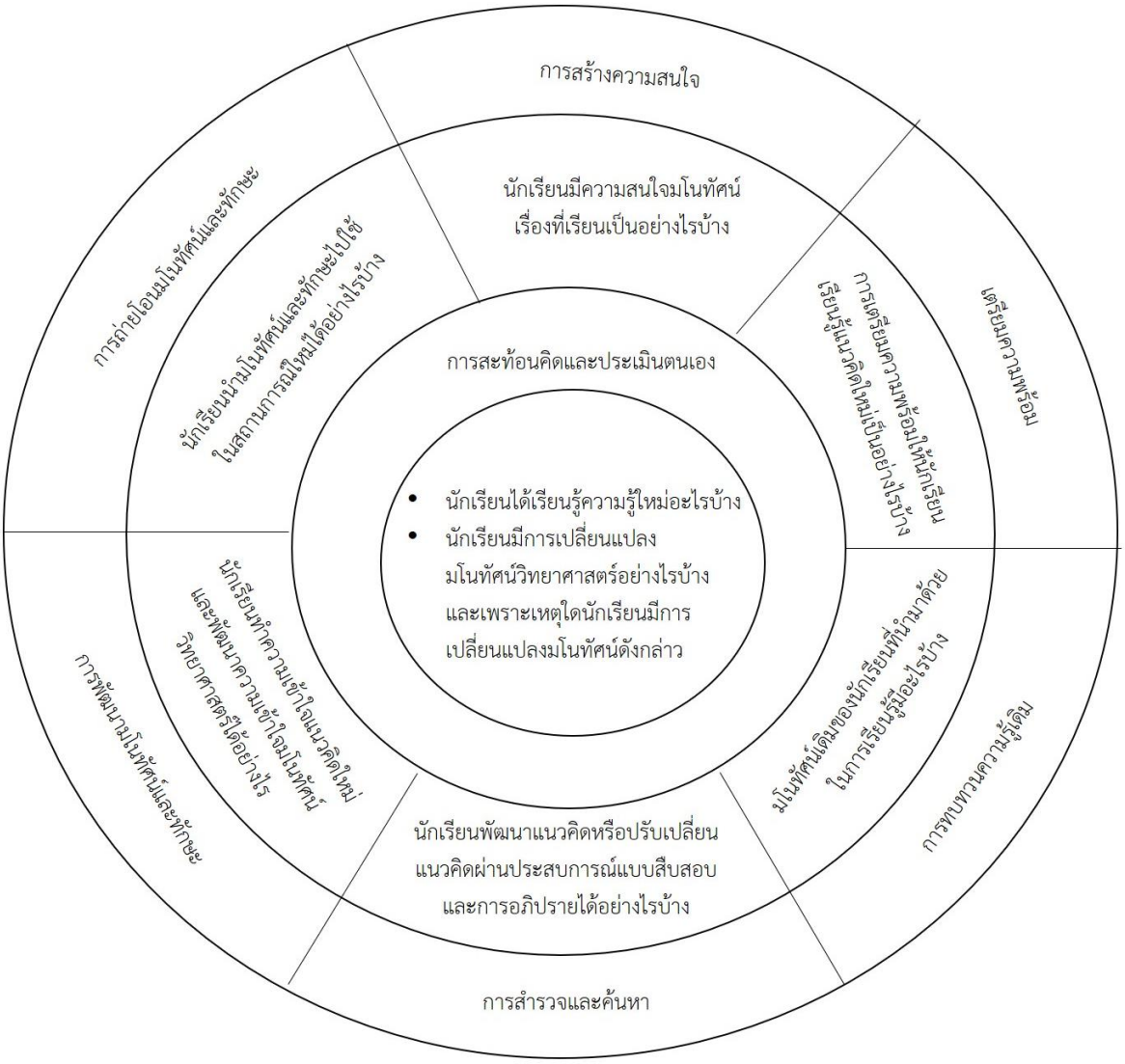
นักเรียนสร้างมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งนำเสนอข้อมูลโดยการเปรียบเทียบ อธิบาย เป็นต้น และพร้อมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ทำให้ครูทราบปัญหาและช่องว่างในการเรียนรู้ของนักเรียนเพื่อหาวิธีการจัดการเรียนการสอนช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และทักษะพร้อมที่จะถ่ายโอนมโนทัศน์ไปยังบริบทใหม่

ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ (Concept and Skill Transfer)

นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นจากการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายหรืออภิปรายสถานการณ์ใหม่ บริบทใหม่ รวมถึงความเข้าใจที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ทำให้ครูทราบนักเรียนสามารถถ่ายโอนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และทักษะ พร้อมหาวิธีการจัดการกับอุปสรรคในการขัดขวางการถ่ายโอนความรู้ของนักเรียน

ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและประเมินตนเอง (Reflection and Self-Assessment)

นักเรียนสะท้อนคิดและประเมินการเรียนรู้ตนเองจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาการรู้คิด (Metacognition) นักเรียนตรวจสอบความคิดและการเรียนรู้ของตนเองจากการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังการเรียนรู้ จากการจดบันทึกข้อมูล การอภิปรายหลังเรียนจบบทเรียน การสะท้อนคิดและการประเมินตนเองช่วยให้นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตัวเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ให้ดีขึ้น ครูสามารถนำข้อมูลที่ได้จากนักเรียนนำมาพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน



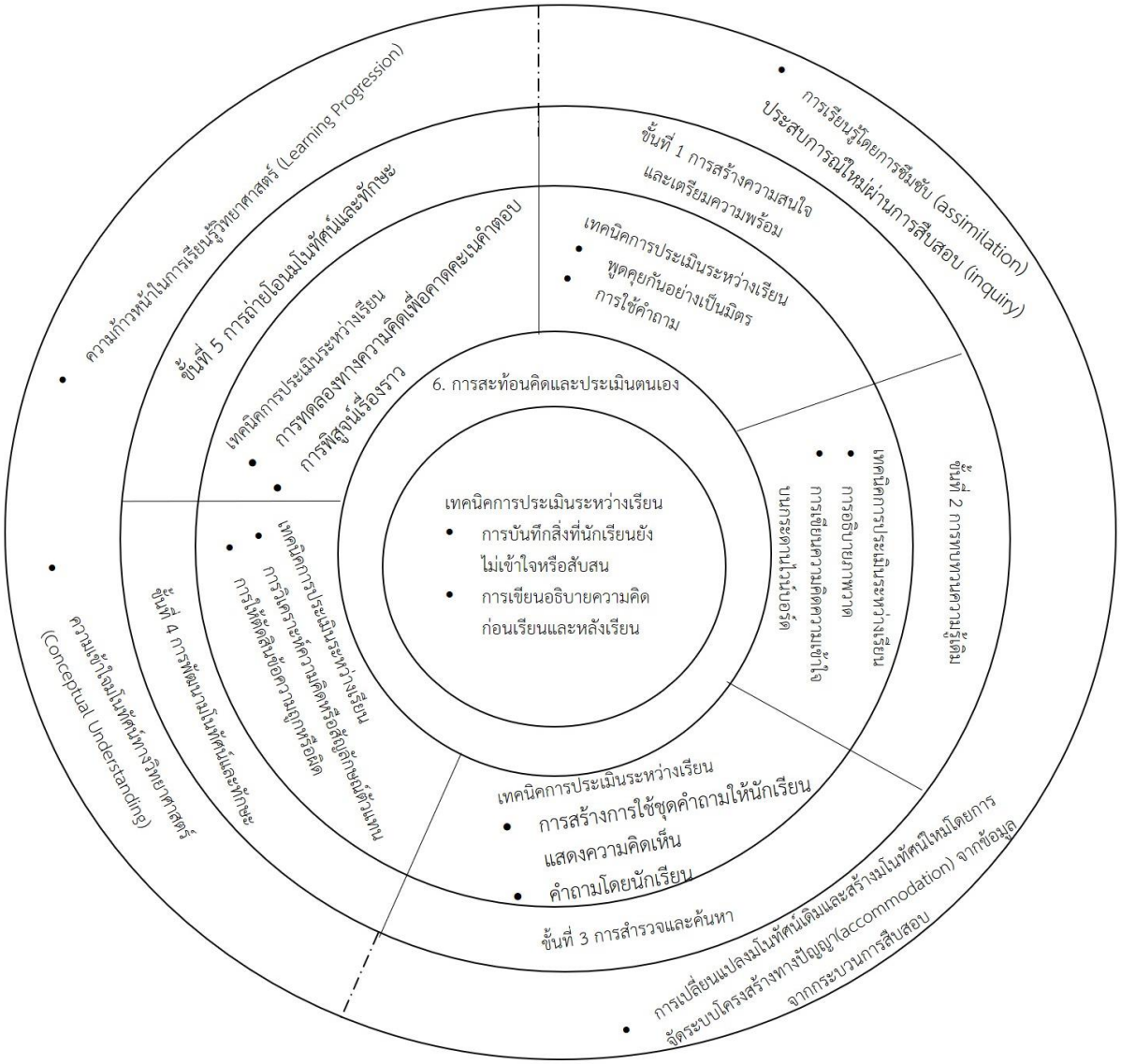
ภาพที่ 1 แสดงวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (SAIL cycle) (Keeley, 2015)

จากแผนภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่า วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 6 ขั้นตอน นั้นเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะเป็นวงจรการเรียนรู้ที่ต่อเนื่องกันสามารถวนกลับมาซ้ำในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนนี้เริ่มจากขั้นตอนที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม ขั้นตอนนี้ให้ความสำคัญกับกิจกรรม 2 ประการ คือกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเรื่องที่สอน

และการเตรียมให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ครูกำลังจะสอน ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม ขั้นตอนนี้ให้ความสำคัญกับความรู้หรือมโนทัศน์เดิมที่นักเรียนมีอยู่ ซึ่งข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2 นี้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนหรือกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 การสำรวจและค้นหา ขั้นตอนที่ 3 นี้ให้ความสำคัญกับการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่นักเรียนมีอยู่เดิมและพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ใหม่ผ่านการสำรวจและค้นหา ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ขั้นตอนนี้นักเรียนจะพัฒนามโนทัศน์วิทยาศาสตร์และทักษะที่เกี่ยวข้องจากการวิเคราะห์ ประมวล และลงข้อสรุปที่ได้จากการสำรวจและค้นหา ขั้นตอนที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ ขั้นตอนที่ 6 การสะท้อนคิดและประเมินตนเองเป็นขั้นตอนที่สำคัญ และเป็นศูนย์กลางของขั้นตอนอื่น ๆ ดังนั้นการสะท้อนคิดและการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนจึงต้องทบทวน ไตร่ตรองการเรียนรู้ หรือปรับปรุงความเข้าใจของตนเองที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 ในขั้นตอนที่ 6 นี้ให้ความสำคัญกับ 2 ประเด็น คือ 1) นักเรียนได้เรียนรู้มโนทัศน์หรือทักษะใหม่อะไรบ้าง และ 2) นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่มีอยู่เดิมอย่างไรบ้าง และเพราะเหตุใดนักเรียนเปลี่ยนความเข้าใจหรือมโนทัศน์เดิม

วงจรการประเมิน การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ได้ ขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งเสริมความก้าวหน้าในการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนคือ ขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 5 เป็นขั้นตอนให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้และทักษะ และการนำความรู้และมโนทัศน์และทักษะที่ได้สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่มีความซับซ้อน การที่นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้หรือความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะได้นั้น เป็นหลักฐานที่แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์และทักษะของนักเรียนได้ ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนและเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่ส่งเสริมความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาสาสตร์ แสดงได้ดังภาพที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่ส่งเสริมความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.4 การใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (FACTs)

1.4.1 การพิจารณาข้อมูลและการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ครูสามารถนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนทั้ง 75 วิธี มาใช้ในห้องเรียนต้องมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่นำมาจัดการเรียนการสอนและเหมาะสมการเรียนรู้ของนักเรียนในห้องเรียน

ดังนั้นจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลและการนำเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ (Keeley, 2015) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้

ก่อนนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ในห้องเรียนครูต้องระบุมโนทัศน์ และทักษะในการจัดการเรียนการสอน การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนต้องพิจารณาให้สอดคล้องเนื้อหาและเป้าหมายการเรียนรู้ รวมถึงเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

2) การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการจัดการเรียนการสอน

การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนให้สอดคล้องกับเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนช่วยให้ครูทราบการเรียนรู้ของนักเรียน อุปสรรคในการเรียนรู้ พร้อมทั้งหาวิธีการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้ตรงประเด็น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) เลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2.2) เลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนให้เหมาะกับการจัดการเรียนการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้

2.3) ระยะเวลาของเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2.4) เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนบางเทคนิคอาจจะต้องใช้เวลาในการเตรียมการล่วงหน้า

3) การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ให้เหมาะกับบริบทห้องเรียน

นักเรียนแต่ละคนในห้องเรียนมีความแตกต่างทางด้านความรู้ ประสบการณ์ รวมถึงวัฒนธรรมทำให้บรรยากาศการเรียนเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอน การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนต้องเหมาะสมกับนักเรียน เพื่อสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ และความมั่นใจในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) การวางแผนและการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้

การเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มาส่งเสริมหรือขัดขวางต่อการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ในห้องเรียน ครูควรพิจารณาและวางแผนก่อนนำไปใช้ โดยข้อพิจารณามีดังต่อไปนี้

4.1) เนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนต้องมีความถูกต้อง

4.2) เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วม

4.3) เลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนหลากหลาย และเวลาให้เหมาะสมการทำใบกิจกรรมทั้งรายบุคคลและงานกลุ่ม เพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนและบริบทของห้องเรียน

4.4) การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในห้องเรียนส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบสอบหาความรู้

4.5) เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่เลือกมาใช้สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

4.6) การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้และครูทราบการจัดการเรียนการสอนของตนเอง

4.7) การเลือกวิธีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ต้องไม่สร้างความแตกต่างทางการเรียนรู้ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การเริ่มต้นใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนด้วยขั้นตอนเล็ก ๆ

การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้อาจเป็นเรื่องใหม่สำหรับครู ครูควรเริ่มต้นด้วยขั้นตอนเล็ก ๆ โดยเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนแบบง่ายมาใช้ 1 ถึง 2 เทคนิค แล้วพิจารณาถึงหลักการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม เพื่อให้ครูเกิดความมั่นใจในการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้และได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน

6) การขยายผลการใช้งานของเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน

การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของการปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียน เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ (Professional

Learning Communities; PLCs) ที่เกิดจากความร่วมมือของผู้บริหาร ครู และนักการศึกษาในโรงเรียน สามารถศึกษาทำวิจัย รวมถึงการแบ่งปันข้อมูลเพื่อนำไปพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

7) การใช้ข้อมูลจากเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน

ข้อมูลที่ได้จากเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนช่วยให้ครูทราบข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียนที่หลากหลายทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม จากการฟังการตอบคำถามของนักเรียน หรือการทำใบกิจกรรมนำมาวิเคราะห์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน

1.5 วิธีการและตัวอย่างในการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงการประเมิน การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้ มีทั้งหมด 75 วิธี ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ในแต่ละขั้นตอน โดยตัวอย่างที่ยกมานั้นเป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (Keeley, 2015) ซึ่งมีวิธีการใช้ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย การสนทนาระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับเพื่อนในห้องเรียนเพื่อดึงดูดความสนใจนักเรียนให้อยากเรียนรู้ และเตรียมความพร้อมนักเรียนสำหรับการเรียนมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1) การพูดคุยกันอย่างเป็นมิตร (Friendly Talk Probe)

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามที่มีบทสนทนาเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ คำถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยคำถามแรกเป็นการให้เลือกตอบจากตัวเลือก ส่วนคำถามที่สองให้เขียนอธิบายเหตุผลการตอบคำถามแรก ดังภาพที่ 3

สถานการณ์ : เบนซ์และเคลลี่พูดคุยเกี่ยวกับ เรื่อง แรงโน้มถ่วง โดยบทสนทนามีดังต่อไปนี้
เบนซ์ : แรงโน้มถ่วงต้องการบรรยากาศหรืออากาศ ถ้าไม่มีบรรยากาศหรืออากาศก็จะไม่มีแรงโน้มถ่วง
เคลลี่ : แรงโน้มถ่วงไม่ต้องการบรรยากาศหรืออากาศ ถ้าไม่มีบรรยากาศก็จะมีแรงโน้มถ่วง
นักเรียนเห็นด้วยกับคำตอบใดมากที่สุดระหว่างเบนซ์และเคลลี่ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการพูดคุยกันอย่างเป็นมิตร

1.2) ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย (Familiar Phenomenon Probe)

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย คำถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยคำถามแรกเป็นการให้เลือกตอบจากตัวเลือก ส่วนคำถามที่สองให้เขียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จากการตอบคำถามแรก ดังภาพที่ 4

สถานการณ์: ฮันนาห์สังเกตเห็นฟองอากาศด้านล่างของกาต้มน้ำเพิ่มขึ้นลอยขึ้นมาถึงด้านบน เธอสงสัยว่าฟองนี้คืออะไรเธอเลยถามคนในครอบครัว สิ่งที่คนในครอบครัวคิดเกี่ยวกับสถานการณ์มีดังต่อไปนี้

คุณพ่อ : ฟองเหล่านั้นคือฟองของความร้อน
เคลวิน : ฟองเต็มไปด้วยอากาศ
คุณยาย : ฟองเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นมาจากน้ำ
คุณแม่ : ฟองนั้นว่างเปล่า ไม่มีอะไรข้างใน
ลูซี่ : ฟองนั้นประกอบไปด้วยออกซิเจนและไฮโดรเจนที่แยกตัวออกมาจากน้ำ

นักเรียนเห็นด้วยนักเรียนเห็นด้วยกับคำตอบใดมากที่สุด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคย

2. ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม ครูตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ของนักเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น การโต้แย้งวิทยาศาสตร์ หรือการอภิปรายพร้อมแบ่งปันความคิดร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน

2.1) การสำรวจเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียน (Learning goals inventory; LGI)

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามเกี่ยวกับเป้าหมายการเรียนรู้ที่ได้ระบุไว้ในหน่วยการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมและเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากจบการจัดการเรียนการสอน ดังภาพที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เป้าหมายการเรียนรู้ : อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ ภายในเซลล์และระดับโมเลกุล

1. ให้นักเรียนเขียนเป้าหมายในการเรียน
2. ให้นักเรียนเขียนมโนทัศน์เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน
3. ให้นักเรียนเขียนคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน
4. ให้นักเรียนเขียนแนวทางในการเรียน เพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายของนักเรียน

ภาพที่ 5 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการสำรวจเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียน (Marin Department of Education, 2007 as cited in Keeley, 2015)

2.2) การเขียนความคิดความเข้าใจบนกระดานไวท์บอร์ด (Whiteboarding)

กิจกรรมนี้ครูจะกำหนดโจทย์เกี่ยวกับหัวข้อที่เรียน นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจผ่านการวาดภาพ การเขียนแผนผังมโนทัศน์หรือแสดงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องบนกระดานไวท์บอร์ด ดังภาพที่ 6

โจทย์กำหนด: ถ้าในมือครูมีอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ แบตเตอรี่ หลอดไฟฉาย และลวดเพียงหนึ่งชิ้นเท่านั้นโดยครูจะให้นักเรียนวาดภาพหรือเขียนบนกระดานไวท์บอร์ดเพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีวิธีการอย่างไรทำให้หลอดไฟสว่าง

ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่างกิจกรรมการเขียนความคิดความเข้าใจบนกระดานไวท์บอร์ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่และพัฒนามโนทัศน์ใหม่ผ่านการสำรวจและค้นหาจากประสบการณ์โดยตรงของนักเรียนได้หลากหลายวิธี เช่น การปฏิบัติการทดลอง กิจกรรม การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงการอภิปรายร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน

3.1) การทำนาย การอธิบาย และการสังเกต (P-E-O Probe)

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์วิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้ทำนาย นักเรียนต้องเลือกตอบที่ถูกต้องที่สุดและใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนคำตอบที่เลือก กิจกรรมนี้สามารถนำมาอภิปรายเพื่อตรวจคำตอบร่วมกันได้ ดังภาพที่ 7

สถานการณ์ : ครูวางแอปเปิ้ลไว้ในที่มืด
ให้นักเรียนจินตนาการว่าถ้านักเรียนนั่งอยู่ที่โต๊ะที่มีแอปเปิ้ลสีแดงที่อยู่ข้างหน้านักเรียน หลังจากนั้นเพื่อนของนักเรียนปิดประตูและปิดไฟทั้งหมดทำให้ในห้องมืดไม่มีแสงเข้ามาในห้อง จากโจทย์ที่กำหนดให้นักเรียนวงกลมข้อที่ถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผล

A: นักเรียนจะมองไม่เห็นแอปเปิ้ลสีแดงไม่ว่าจะอยู่ในห้องที่มืดนานแค่ไหน

B: นักเรียนจะเห็นแอปเปิ้ลสีแดงหลังจากดวงตาของนักเรียนมีเวลาปรับตัวเข้ากับความมืด

C: นักเรียนจะเห็นแอปเปิ้ลหลังจากที่ดวงตานักเรียนมีเวลาปรับตัวเข้ากับความมืดแต่นักเรียนจะไม่เห็นสีแดง

D: นักเรียนจะเห็นเงาของแอปเปิ้ลเท่านั้นหลังจากที่ดวงตานักเรียนมีเวลาปรับตัวเข้ากับความมืด

E: นักเรียนจะเห็นเพียงเส้นขอบของแอปเปิ้ลหลังจากที่ดวงตานักเรียนมีเวลาปรับตัวเข้ากับความมืด

ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการทำนาย การอธิบาย และการสังเกต

3.2) การใช้ชุดคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น (A & D statement)

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์พร้อมตอบคำถามรวมถึงแสดงความคิดเห็น และระบุวิธีการตรวจสอบ ดังภาพที่ 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สถานการณ์ที่กำหนด	นักเรียนมีวิธีการหาคำตอบได้อย่างไร
1. แม่เหล็กมีขั้วทั้งหมด 2 ขั้ว ____เห็นด้วย _____ไม่เห็นด้วย ____ขึ้นอยู่กับ _____ไม่แน่ใจ ความคิดเห็นของนักเรียน	
2. แม่เหล็กสามารถดูดโลหะทุกชนิดได้ ____เห็นด้วย _____ไม่เห็นด้วย ____ขึ้นอยู่กับ _____ไม่แน่ใจ ความคิดเห็นของนักเรียน	
3. แม่เหล็กขนาดใหญ่จะมีความแข็งแรงกว่าแม่เหล็กขนาดเล็ก ____เห็นด้วย _____ไม่เห็นด้วย ____ขึ้นอยู่กับ _____ไม่แน่ใจ ความคิดเห็นของนักเรียน	
4. แม่เหล็กสามารถทะลุผ่านโลหะได้ ____เห็นด้วย _____ไม่เห็นด้วย ____ขึ้นอยู่กับ _____ไม่แน่ใจ ความคิดเห็นของนักเรียน	

ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการใช้ชุดคำถามให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น

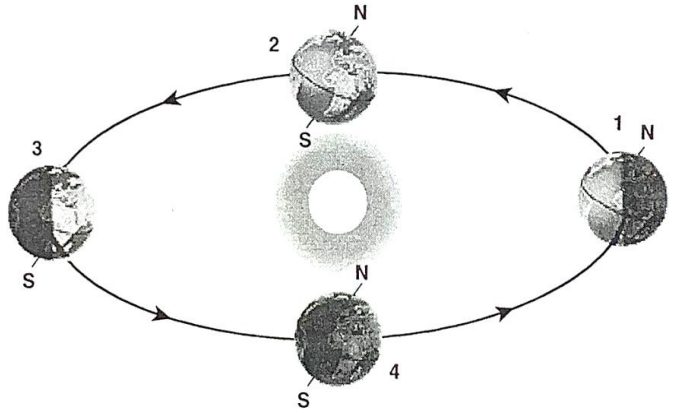
4. ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ นักเรียนสร้างมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการจากนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบมาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งนำเสนอข้อมูลโดยการเปรียบเทียบ อธิบาย เป็นต้น และพร้อมสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1) การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation Analysis)

ใบกิจกรรมมีการนำเสนอข้อมูลลักษณะรูปภาพ แบบจำลอง หรือแผนภาพที่สื่อถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ และเขียนอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง กิจกรรมนี้สามารถทำได้ในลักษณะรายบุคคลและเป็นกลุ่ม ดังภาพที่ 9

นักเรียนอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับฤดูกาล และอธิบายเพราะเหตุใดถึงได้มีการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล



ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน

4.2) การพิสูจน์เรื่องราว (Refutations)

ใบกิจกรรมมีการแสดงเรื่องราว บทความ หรือเนื้อหาในเรื่องที่เรียนให้นักเรียนได้อ่านทำความเข้าใจพร้อมทั้งขีดเส้นใต้ข้อความที่ผิด และแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเปลี่ยนสถานะจากน้ำแข็งมาเป็นน้ำ

เมื่อครูใส่น้ำแข็งลงไปในเหยือกให้นักเรียนสังเกตตอนน้ำแข็งเริ่มละลาย โมเลกุลของน้ำแข็งนั้นประกอบไปด้วยความแข็งและความเย็น เมื่อน้ำแข็งละลายจะเปลี่ยนสถานะมาเป็นน้ำกระจายอยู่ในเหยือกนักเรียนจะเห็นได้ว่าโมเลกุลน้ำที่อยู่ในเหยือกมีการเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าตอนอยู่ในรูปของน้ำแข็งและอยู่ห่างออกจากกัน โมเลกุลของน้ำแข็งที่ละลายแล้วมีขนาดใหญ่เพราะต้องกระจายอยู่ในเหยือก น้ำจะอุ่นขึ้นในขณะที่น้ำแข็งกำลังละลายโมเลกุลของน้ำมีการสูญเสียพลังงานและการเคลื่อนที่เร็วขึ้นแต่ไม่แยกออกจากัน หลังจากที่น้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำหมดแล้วทำให้น้ำในเหยือกมีมวลมากกว่าอยู่ในรูปของน้ำแข็ง

ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการพิสูจน์เรื่องราว

5. ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ นักเรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นจากการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้ใน การอธิบายหรืออภิปรายสถานการณ์ใหม่ บริบทใหม่ รวมถึงความเข้าใจที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

5.1) การทดลองทางความคิด (Thought Experiment)

ใบกิจกรรมให้นักเรียนคาดการณ์เกี่ยวกับสถานการณ์ที่นักเรียนไม่สามารถทำการทดลองได้จริงผ่านทางข้อความ เรื่องราว รูปภาพ หรือการอภิปราย นักเรียนต้องคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นและอธิบายเหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างการทดลองทางความคิดเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงและการเคลื่อนไหว ดังภาพที่ 11

โจทย์กำหนด : ถ้านักเรียนปล่อยลูกบอลที่มีความสามารถในการทนความร้อนผ่านรูที่มีการเจาะไปทั่วโลกโดยจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดอีกด้านหนึ่งของโลก
จากโจทย์ที่ครูกำหนดข้างต้นนักเรียนลองทำนายว่าลูกบอลตกลงมาได้อย่างไร

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการทดลองทางความคิด

5.2) ความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Missed Conception)

ใบกิจกรรมได้กำหนดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์วิทยาศาสตร์ให้นักเรียนวิเคราะห์ และเขียนอธิบายให้ถูกต้องโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โลกของพวกเรามีฤดูกาลเพราะโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ ฤดูร้อนโลกจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ดังนั้นทำให้เป็นฤดูร้อนที่มีอากาศอบอุ่นและอากาศหนาวเย็นในฤดูหนาว

1. เหตุใดนักเรียนถึงคิดว่าบางคนมีแนวคิดเกี่ยวกับเหตุผลของการเกิดฤดูกาลเช่นนี้
2. นักเรียนสามารถทำบางสิ่งอะไรบ้างเพื่อช่วยให้บางคนสามารถเข้าใจคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สำหรับฤดูกาล และมีวิธีการอย่างไรบ้างที่ทำให้คนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์ที่ผิดเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์
3. นักเรียนเคยมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์วิทยาศาสตร์บ้างไหม แล้วนักเรียนยังยึดมั่นมโนทัศน์ที่มีมาก่อนนี้หรือไม่อย่างไร แล้วทำไมนักเรียนถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์

ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมความเข้าใจผิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

6. ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง นักเรียนสะท้อนคิดและประเมินการเรียนรู้ตนเองจะช่วยให้ นักเรียนพัฒนาการรู้คิด (Metacognition) นักเรียนตรวจสอบความคิดและการเรียนรู้ของตนเองจากการเปรียบเทียบความรู้ก่อนเรียนและหลังการเรียนรู้ จากการจดบันทึกข้อมูล การอภิปรายหลังเรียนจบบทเรียน การสะท้อนคิดและการประเมินตนเองช่วยให้นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตัวเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ให้ดีขึ้น

6.1) การเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน (Muddiest Point)

ใบกิจกรรมให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองหลังจากการจัดการเรียนการสอน นักเรียนเขียนประเด็นที่ยังไม่เข้าใจหรือสับสนเกี่ยวกับหัวข้อที่เรียน และครูสามารถเพิ่มเติมประเด็นให้นักเรียนเขียนได้ในกรณีครูต้องการทราบการเรียนรู้ของนักเรียน ดังภาพที่ 13

จากที่นักเรียนได้เรียนวันนี้มีประเด็นใดบ้างที่ยังสับสนยากต่อการทำความเข้าใจ หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
.....
.....
.....

ภาพที่ 13 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน

6.2 ความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน (I used to think.....but now I know)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใบกิจกรรมเป็นชุดคำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้ประเมินตนเอง สามารถนำมาใช้ได้ทั้งการพูดหรือการเขียนเพื่ออธิบายการเรียนรู้ของตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน ดังภาพที่ 14

ความเข้าใจก่อนเริ่มเรียน	ความเข้าใจหลังเรียน

ภาพที่ 14 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมความเข้าใจก่อนเรียนและหลังเรียน

จากวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในวงจรการเรียนรู้ที่กล่าวามานั้น เป็นการเชื่อมโยงการประเมิน การจัดการเรียนการสอน และการเรียนรู้หลักการที่สนับสนุนการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน เพื่อส่งเสริมความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 หลักการ อยู่ในการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้ ส่งผลทำให้สัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น (National Research Council, 2000) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความรู้เดิมที่นักเรียนมีก่อนหน้านี้ เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่ นักเรียนอาจจะมีความเข้าใจที่ถูกต้องสามารถต่อยอดความรู้ใหม่ได้หรือมีความรู้ที่คลาดเคลื่อน
2. การพัฒนาการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความคิดเริ่มต้นและผลลัพธ์ที่ได้เพื่อนำมาพัฒนามโนทัศน์หรือปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน
3. การจัดการเรียนการสอนที่ผ่านการสะท้อนคิดช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้คิด และมีการปรับปรุงการเรียนรู้ตนเองเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตนเองตั้งใจ

2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.1 ความหมายของความก้าวหน้าในการเรียนรู้

จากการศึกษาของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ได้ให้ความหมายความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไว้ว่า หมายถึง ข้อมูลการเรียนรู้ที่แสดงถึงพัฒนาการความเข้าใจในการเรียนรู้ของนักเรียนภายใต้หัวข้อที่มีการจัดการเรียนการสอนเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยมีการเรียงลำดับความเข้าใจจากซับซ้อนน้อยที่สุดไปยังความเข้าใจที่ซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ (Duncan and Hmelo-Silver, 2009; National Research Council, 2007; Smith et al., 2006)

2.2 ประเภทความก้าวหน้าในการเรียนรู้

จากการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) การพัฒนาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (development learning progression) ซึ่งไม่แสดงกรอบแนวคิดหรือเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียน จำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียน 2) การตรวจสอบยืนยันความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (validation learning progression) มีกรอบแนวคิดความเข้าใจของนักเรียนนำข้อมูลส่วนนี้มาเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาและจัดการเรียนการสอนเพื่อเพิสูจน์ยืนยัน (Duncan and Hmelo-Silver, 2009; Jin et al., 2019)

2.3 ความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้

การศึกษาความก้าวหน้าถูกพัฒนามาเพื่อแก้ไขปัญหาในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เป็นไปตามที่นักพัฒนาหลักสูตรและนักวิจัยด้านการศึกษาคาดหวังไว้ เนื่องจากมาตรฐานและหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์มีการจัดโครงสร้างวิชาเป็นแนวคิดจากบนลงล่าง (top-down approach) กล่าวคือ แนวคิดนี้นี้ถูกจัดขึ้นโดยมุมมองของนักวิทยาศาสตร์ ไม่ได้เชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนและไม่ได้อธิบายนักเรียนมีการเรียนรู้ว่าเป็นอย่างไรบ้าง ในขณะที่งานวิจัยที่ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนมีการใช้แนวคิดจากล่างขึ้นบน (bottom-up approach) กล่าวคือ แนวคิดนี้เชื่อมโยงความรู้เดิมของนักเรียนกับการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่คาดหวังจะให้เกิดกับผู้เรียน แนวคิดจากล่างขึ้นบนนี้จะพัฒนาความเข้าใจที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับทางความคิด นักพัฒนาหลักสูตรและนักวิจัยด้านการศึกษาเชื่อว่าการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจะเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Gotwals, 2012) และการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้นำมาใช้เป็นหลักฐานในการกำหนดทิศทางการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน การประเมินผลการเรียนรู้และหลักสูตรให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน และสามารถนำมาใช้ได้ในทุกสาขาของวิทยาศาสตร์ (National Research Council, 2007)

2.4 แนวทางในประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.4.1 วิธีการและตัวอย่างในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้เสนอแนวทางในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ไว้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

Jin and Anderson (2012) ได้เสนอแนวทางในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ 2 วิธี ได้แก่ การสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างที่แน่นอน (Structured Interview) และแบบทดสอบข้อเขียน (Write Test) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างที่แน่นอน

เป็นแบบทดสอบการสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดแนวทาง หรือแบบฟอร์มไว้แล้ว การสัมภาษณ์ลักษณะเป็นการสอบปากเปล่าระหว่างครูกับนักเรียน ดังภาพที่ 15

คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ เรื่อง การเจริญเติบโตของต้นไม้

1. ต้นไม้ต้องการอะไรบ้างในการเจริญเติบโต
2. ถ้านักเรียนบอกว่าต้นไม้ต้องการ แสงแดด น้ำ อากาศ และดินในการเจริญเติบโต แล้วนักเรียนคิดว่าแสงแดด น้ำ อากาศ และดินมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตอย่างไรบ้าง
3. แสงแดด น้ำ อากาศ และดิน นำไปใช้ส่วนใดบ้างของต้นไม้เพื่อการเจริญเติบโต
4. นักเรียนคิดว่า แสงแดด น้ำ อากาศ และดิน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งอื่นหรือไม่ภายในลำต้นของต้นไม้พร้อมอธิบายเหตุผลว่าทำไมถึงเกิดขึ้น
5. ต้นไม้จะมีน้ำหนักมากขึ้นเมื่อมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มมากขึ้น นักเรียนคิดว่าสิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร

ภาพที่ 15 แสดงตัวอย่างการสัมภาษณ์ที่มีโครงสร้างที่แน่นอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) แบบทดสอบข้อเขียน

แบบทดสอบข้อเขียนที่เป็นสองระดับ (two tier) แบบทดสอบนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ที่ให้นักเรียนตอบ คือ การเลือกตอบและอธิบายเหตุผลของคำตอบข้อที่เลือก ตัวอย่างเช่น แบบทดสอบเรื่อง แสงที่พืชใช้ ให้นักเรียนเลือกคำตอบจากหมายเลข 1 ถึง 6 ที่ถูกต้องที่สุดจากนั้นอธิบายเหตุผลที่นักเรียนเลือกคำตอบหมายเลขดังกล่าว พร้อมอธิบายเหตุผลดังภาพที่ 16

โจทย์คำถาม นักเรียนคิดว่าพืชต้องการแสงสว่างหรือไม่ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องที่สุด ตัวเลือกหมายเลข 1-6 ด้านล่าง นักเรียนสามารถเลือกตอบได้มากกว่าหนึ่งหมายเลขจากนั้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลของการเลือกตอบหมายเลขดังกล่าวมาหมายเลขละ 2 ข้อ

1. พืชไม่ทุกชนิดที่ต้องการแสงในการดำรงชีวิต
2. แสงทำให้พืชอบอุ่น
3. ถ้าหากพืชอยู่ในที่มืดโดยไม่มีแสงพืชจะตาย
4. แสงช่วยให้พืชอุดมสมบูรณ์และแข็งแรง
5. แสงช่วยให้พืชสามารถสร้างอาหารได้
6. แสงช่วยให้พืชเกิดการหายใจ

ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบข้อเขียนจะเป็นแบบทดสอบสองระดับ

Alonzo et al. (2012) ได้เสนอแนวทางในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในลักษณะ 1) แบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเรียงลำดับ (Order multiple choice; OMC) 2) แบบทดสอบเขียนตอบ (Constructed response) 3) แบบทดสอบหลายตัวเลือกแบบเลือกตอบถูกผิด (Multiple true-false) และ 4) แบบทดสอบเลือกตอบอธิบายเหตุผล (Choose explain (C-E)) มีรายละเอียดดังนี้

1) แบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเรียงลำดับ

เป็นแบบทดสอบปรนัยให้นักเรียนเลือกตอบคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งคำตอบตัวเลือกแต่ละข้อไปเชื่อมโยงกับระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดไว้เป็นระดับต่าง ๆ ตามกรอบการประเมินความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพที่ 17

โจทย์คำถาม หลังจากที่สตีเวนอาบน้ำอุ่นเสร็จ สตีเวนได้สังเกตกระจกที่ห้องน้ำพบว่ามีหยดน้ำมาปกคลุมบริเวณกระจกในห้องน้ำ จากโจทย์ที่กำหนดนักเรียนคิดว่าหยดน้ำที่สตีเวนเห็นบริเวณกระจกห้องน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไร

1. ในห้องน้ำอากาศร้อนทำให้เป็นน้ำปรากฏบนกระจก **ระดับที่ 2**
2. โมเลกุลของอากาศกลายมาเป็นโมเลกุลของน้ำที่ปรากฏบนกระจก **ระดับที่ 3**
3. น้ำที่ปรากฏบนกระจกมาจากความร้อนของฝักบัวที่ใช้อาบน้ำ **ระดับที่ 1**
4. น้ำที่ปรากฏบนกระจกเกิดจากน้ำในอากาศไปรวมตัวบนกระจก **ระดับที่ 4**
5. น้ำที่ปรากฏบนกระจกเกิดจากฟักบัวที่ใช้อาบน้ำฉีดลงบนกระจก **ระดับที่ 1**
6. น้ำที่ปรากฏบนกระจกเกิดจากฟักบัวที่ใช้อาบน้ำฉีดลงบนกระจก **ระดับที่ 1**

ภาพที่ 17 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือกแบบเรียงลำดับ
เรื่อง ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

2) แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนเขียนคำตอบพร้อมอธิบาย เพื่อแสดงความเข้าใจ ดังภาพที่ 18

โจทย์คำถาม หลังจากที่สตีเวนอาบน้ำอุ่นเสร็จ สตีเวนได้สังเกตกระจกที่ห้องน้ำ พบว่ามีหยดน้ำมาปกคลุมบริเวณกระจกในห้องน้ำ นักเรียนคิดว่าหยดน้ำที่สตีเวนเห็นบริเวณกระจกห้องน้ำเกิดขึ้นได้อย่างไร พร้อมเขียนอธิบาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 18 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบเขียนตอบ เรื่อง ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

3) แบบทดสอบหลายตัวเลือกแบบเลือกตอบถูกผิด เป็นแบบทดสอบที่ให้นักเรียนเลือกตอบถูกหรือผิดได้เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ดังภาพที่ 19

คำชี้แจง นักเรียนแสดงเครื่องหมาย x ลงในตารางด้านล่าง นักเรียนคิดว่าคุณสมบัติข้อไหนบ้างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากน้ำแข็งละลายมาเป็นน้ำ

คุณสมบัติ	การเปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
มวล		
ปริมาตร		
มวลโมเลกุล		
ขนาดของโมเลกุล		
ชนิดของโมเลกุล		
ความแข็งแรงของโมเลกุล		
ระยะห่างระหว่างโมเลกุล		

ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบหลายตัวเลือกแบบเลือกตอบถูกผิด

4) แบบทดสอบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล แบบทดสอบนี้ให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ นักเรียนสามารถเลือกตัวเลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก ดังภาพที่ 20

จากตัวเลือกหมายเลข 1-5 ด้านล่างนักเรียนคิดว่าตัวเลือกใดสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากน้ำแข็งละลายกลายเป็นน้ำได้ดีที่สุด ขอให้ใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการหลอมเหลวในการตอบคำถาม และนักเรียนสามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

1. มวลเพิ่มขึ้น ปริมาตรเพิ่มขึ้น
2. มวลคงที่ ปริตรเพิ่มขึ้น
3. มวลลดลง ปริมาตรคงที่
4. มวลลดลง ปริมาตรลดลง
5. มวลคงที่ ปริมาตรลดลง

ภาพที่ 20 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล

Breslyn et al. (2016) ได้เสนอแบบทดสอบแบบปรนัยหลายตัวเลือกในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ แบบทดสอบนี้กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ จากนั้นให้นักเรียนเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดพร้อมทั้งพร้อมเขียนอธิบาย ตัวอย่างเช่น แบบทดสอบปรนัย เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แบบทดสอบลักษณะนี้ 1 ชุด สามารถนำมาใช้ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อเปรียบเทียบแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังภาพที่ 21

สถานการณ์: แผ่นน้ำแข็งบนบริเวณพื้นที่อบอุ่นเกิดการละลายเป็นน้ำไหลลงบริเวณพื้นที่ใกล้ทะเล
คำถาม: สาเหตุที่ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น
ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด: ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุใด

1) ก้อนน้ำแข็งที่อยู่ในน้ำละลายทำให้ปริมาณน้ำทะเลเพิ่มขึ้น
2) แผ่นน้ำแข็งที่ละลายไปเพิ่มปริมาณน้ำที่มีอยู่เดิมในทะเล
3) บริเวณพื้นดินจะไม่สูงขึ้นหลังจากแผ่นน้ำแข็งละลาย
4) น้ำจืดจากการละลายของแผ่นน้ำแข็งจะเปลี่ยนความหนาแน่นน้ำในทะเล

นักรียนอธิบายเหตุผลจากคำตอบที่เลือก

.....

.....

ภาพที่ 21 แสดงตัวอย่างแบบปรนัยหลายตัวเลือกเกี่ยวกับกลไกและสาเหตุการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พุฒธิดา รัมมะฉัตร และคณะ (2562) ได้เสนอแบบทดสอบอัตนัยในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ชีววิทยา รวมถึงงานวิจัยของ ชนิสรา ผลจันทร์ และคณะ (2562) ได้เสนอแบบทดสอบแบบผสมผสานระหว่างแบบปรนัยและข้อคำถามปลายเปิด ในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน แบบทดสอบแบบผสมผสานนี้ทำให้ทราบแนวคิดที่ถูกต้องและแนวคิดที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน

นอกจากแบบทดสอบข้างต้นที่กล่าวมานั้น Bravo-Torija and Jiménez-Aleixandre (2018) ได้เสนอการมอบหมายงาน (task) ในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง นิเวศวิทยา แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4-5 คน ทำงานที่ได้รับมอบหมายโดยศึกษาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม จากนั้นร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองและเขียนสรุปลงในใบกิจกรรมที่ได้รับ ดังภาพที่ 22

โจทย์คำถาม: จากสถานการณ์ที่กำหนดนักเรียนมีวิธีจัดการทรัพยากรทางทะเลในอ่าวอย่างไร

ในเมืองเล็กๆ แห่งหนึ่งได้รับผลกระทบจากพายุเฮอริเคน ทำให้ผู้คนในเมืองแห่งนี้ไร้ที่อยู่อาศัยไม่สามารถทำอาชีพปศุสัตว์ได้ พืชผลทางการเกษตรถูกทำลาย ปัจจุบันทรัพยากรหลักที่คนในเมืองใช้เพื่อการอยู่รอดคือทรัพยากรปลาอย่างหลากหลายชนิดที่อยู่ในอ่าว ได้แก่ ปลาซาร์ดีน ปลาเฮอริ่ง และปลาแซลมอน ถ้านักเรียนเป็นทีมงานขององค์กรพัฒนาของบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งถูกส่งไปช่วยเหลือคนในเมืองแห่งนี้ในการจัดการทรัพยากรให้กับคนในเมืองนี้ โดยนักเรียนมีเป้าหมาย คือ การจัดการทรัพยากรอาหารให้คนในหมู่บ้านช่วงหลายเดือนจนกว่าพืชผลทางการเกษตรเจริญเติบโตสามารถนำสำหรับเป็นอาหารสัตว์ในการทำปศุสัตว์ได้ และวัตถุประสงค์ของงานนี้ คือ นักเรียนต้องตัดสินใจว่าวิธีการใดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการนำมาใช้ในจัดการทรัพยากรปลาที่มีอยู่ สามารถใช้ได้ระยะเวลานานมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ขอให้นักเรียนอธิบายรายละเอียดการวางแผนของการจัดการทรัพยากร โดยใช้ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1) อาหารของปลาแซลมอนส่วนใหญ่เป็นปลาซาร์ดีน และเฮอริ่งในอัตราส่วน 1:5

2) ปลาซาร์ดีนและเฮอริ่งกินพืชเป็นอาหาร (herbivorous) และแพลงก์ตอนเป็นสัตว์ที่กินเนื้อเป็นอาหาร (carnivorous zooplankton)

ภาพที่ 22 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมงานที่ได้รับมอบหมาย เรื่อง นิเวศวิทยา

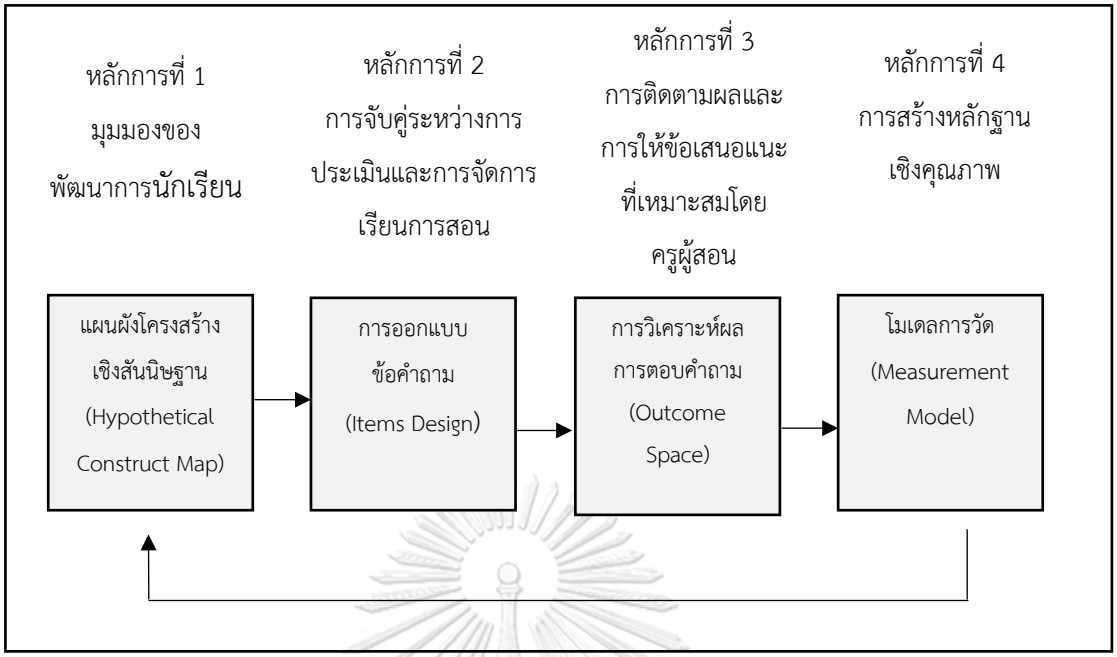
2.4.2 รูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการศึกษารูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไว้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบบการประเมิน BEAR (BEAR assessment system; BAS)

Wilson (2009) ได้เสนอแนวทางการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ โดยใช้ระบบการประเมิน BEAR (BEAR assessment system, BAS) เป็นระบบการประเมินที่วัดผลผ่านหลักการ 4 หลักการ ได้แก่ 1) มุมมองของพัฒนาการนักเรียน 2) การจับคู่ระหว่างการประเมินและการจัดการเรียนการสอน 3) การติดตามผลและการให้ข้อเสนอแนะที่เหมาะสมโดยครูผู้สอน และ 4) การสร้างหลักฐานเชิงคุณภาพ โดยทั้ง 4 หลักการนำมาจัดรวมเป็นวงจรที่นำมาใช้ในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังภาพที่ 23



ภาพที่ 23 แสดงระบบการประเมิน BEAR (BEAR assessment system; BAS)

จากภาพที่ 23 หลักการและระบบการประเมิน BEAR ที่ได้นำหลักการทั้ง 4 ประการ นำมาสร้างเป็นวงจรที่ใช้ในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน (Hypothetical construct map) 2) การออกแบบข้อคำถาม (Items design) 3) การวิเคราะห์ผลการตอบคำถาม (Outcome Space) 4) โมเดลการวัด (Measurement model) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.1) แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน คือ แบบจำลองทางทฤษฎีที่แสดงถึงความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงเจตคติของแต่ละบุคคล (Wilson, 2004) แผนผังโครงสร้างนี้จะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน เป็นหนึ่งในรูปแบบที่สามารถนำมาอธิบายการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับที่แตกต่างได้ โดยระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้อาจจะมีแค่ 1 ระดับหรืออาจมีจะมากกว่า 1 ระดับ ภายใต้หลักสูตรที่มีการกำหนดไว้และวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนการสอนที่ได้กำหนดไว้ (Shea and Duncan, 2013) การสร้างชุดคำอธิบายความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไม่มีขั้นตอนที่แน่นอน สามารถสร้างได้หลายวิธีโดยเริ่มจากจากแนวคิดระดับล่าง (lower anchor) ที่มีความซับซ้อนน้อยสุดไปจนถึงแนวคิดระดับบน (upper anchor) ที่มีความซับซ้อนมากที่สุด ผู้เรียนจะมีผลการเรียนรู้ในระดับบนสุดซึ่งเป็นเป้าหมายการเรียนรู้ที่หลักสูตรกำหนดไว้ ส่วนแนวคิดระดับกลาง (Intermedia level) จะอธิบายพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนจากแนวคิดระดับล่างไปสู่แนวคิดระดับบน (Wilson, 2009)

ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ (2561) ได้เสนอแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2551 ร่วมกับหลักสูตรของสถานศึกษาและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ (Next Generation Science Standard) ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจำแนกความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามระดับแนวคิด 3 ระดับ ได้แก่ แนวคิดระดับล่าง แนวคิดระดับกลาง และแนวคิดระดับบน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระดับการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน

ระดับการเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้
ระดับที่ 4 แนวคิดระดับบน	**วัฏจักรคาร์บอนที่สมบูรณ์และไม่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน** สามารถอธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนและแหล่งกักเก็บคาร์บอนทั้ง 4 แหล่ง ได้แก่ ชีวภาค (biosphere) ธรณีภาค (lithosphere) อุทกภาค (hydrosphere) และบรรยากาศภาค (atmosphere) และไม่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
ระดับที่ 3 แนวคิดระดับกลาง	**วัฏจักรคาร์บอนที่สมบูรณ์แต่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน** สามารถอธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนและแหล่งกักเก็บคาร์บอนทั้ง 4 แหล่ง ได้แก่ ชีวภาค ธรณีภาค อุทกภาค และบรรยากาศภาค และอาจจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception)
ระดับที่ 2 แนวคิดระดับกลาง	**วัฏจักรคาร์บอนที่ไม่สมบูรณ์** สามารถอธิบายถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนและแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้น้อยกว่า 4 แหล่ง และอาจจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
ระดับที่ 1 แนวคิดระดับล่าง	**กระบวนการวัฏจักรคาร์บอน** สามารถอธิบายกระบวนการเปลี่ยนรูปของคาร์บอนได้ แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงวัฏจักรคาร์บอน และอาจจะมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
ไม่สามารถจัดระดับได้	นักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม หรือคำตอบของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรคาร์บอน

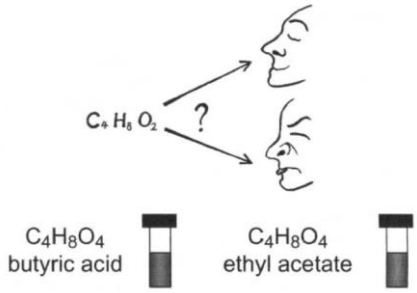
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พุฒธิดา รัมมะฉัตร และคณะ (2562) และชนิสรา ผลจันทร์ และคณะ (2562) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดแนวคิดชีววิทยาโดยใช้ระบบการประเมิน BEAR Assessment System มีการสร้างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานที่อ้างอิงมาจากโครงสร้างผลการเรียนรู้ที่สังเกตได้ (Structure of Observed Learning Outcomes) หรือ SOLO taxonomy Biggs and Collis (1982) และBiggs and Tang (2003) แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 5 ระดับ เรียงจากลำดับจากแนวคิดที่มีความซับซ้อนน้อยไปยังแนวคิดความซับซ้อนมาก ได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural) 2) ระดับแนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructual) 3) ระดับแนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) 4) ระดับแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) 5) ระดับแนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม (Extended abstract) เป็นการกำหนดคุณภาพผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

โครงสร้างผลการเรียนรู้ที่สังเกตได้ หรือ SOLO taxonomy เป็นการกำหนดผลการเรียนรู้ผู้เรียนที่พัฒนาขึ้นโดย Biggs และ Collis ในปี ค.ศ. 1982 เพื่อใช้อธิบายและประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนตามลำดับความซับซ้อนของแนวคิด ความเข้าใจ รวมถึงทักษะ ระดับแนวคิด SOLO taxonomy แบ่งออกเป็น 5 ระดับ (Biggs and Collis, 1982) มีรายละเอียดดังนี้

1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน ความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ ซึ่งอาจจะขาดความเข้าใจของเนื้อหาหรือพลาดประเด็นสำคัญทั้งหมด
2) ระดับแนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง ความเข้าใจเนื้อหาเพียงมุมมองเดียว เช่น การระบุชื่อ จำและทำตามคำสั่งง่าย ๆ
3) ระดับแนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง ความเข้าใจเนื้อหาที่เน้นหลายมุมมอง เช่น การอธิบาย ยกตัวอย่าง แต่ยังไม่สามารถเชื่อมโยงหรือเปรียบเทียบเนื้อหาได้
4) ระดับแนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหา เช่น การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ ระบุความแตกต่าง ประยุกต์ใช้ทฤษฎี และอธิบายเหตุผล
5) ระดับแนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม เชื่อมโยงความรู้เนื้อหาที่เรียนมาและนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากเดิม รวมถึงสามารถสรุปอ้างอิงตั้งสมมติฐานและสร้างทฤษฎีใหม่ขึ้นมา

1.2) การออกแบบข้อคำถาม คือ การออกแบบข้อคำถามต้องมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน และประเภทของการประเมิน ข้อคำถามออกแบบมานั้นต้องจับคู่เข้ากันได้กับระดับแนวคิดที่ปรากฏในแผนผังโครงสร้างที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 1 อย่างน้อย 1 ระดับคำตอบของนักเรียนจะนำมาใช้ในการอธิบายการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีแนวคิดระดับใด ดังภาพที่ 24



เหตุใดกรดบิวทิริก (butyric acid) และเอทิลอะซิเตท (ethyl acetate) มีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่กลิ่นมีความแตกต่างกัน พร้อมอธิบายเหตุผล

"They smell differently b/c even though they have the same molecular formula, they have different structural formulas with different arrangements and patterns."

ภาพที่ 24 แสดงตัวอย่างข้อคำถามและคำตอบ วิชาเคมี ของนักเรียนที่แสดงระดับการเรียนรู้ (Wilson, 2004)

1.3) การวิเคราะห์ผลการคำตอบคำถาม คือ การวิเคราะห์ผลการตอบคำถามของนักเรียนกับคำอธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ละระดับการเรียนรู้ของนักเรียนในแผนผังโครงสร้างไว้ ชุดคำอธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้นี้ถูกนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินงานที่นักเรียนได้รับมอบหมายรวมถึงแบบทดสอบการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยเช่นกัน (Wilson, 2004)

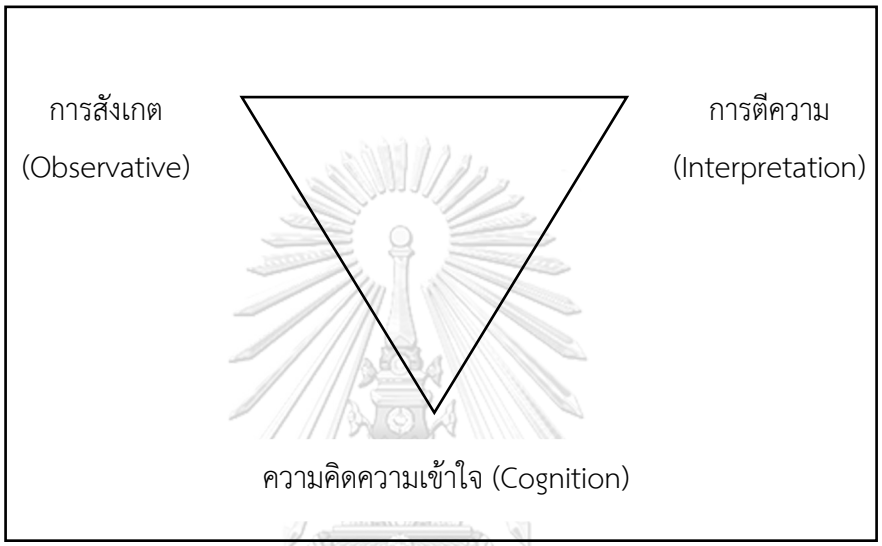
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากภาพที่ 24 นักเรียนสามารถตอบได้สารละลายสองชนิดมีสูตรโมเลกุลที่เหมือนกันแต่กลิ่นที่แตกต่างกันเกิดจากการจัดเรียงตัวอะตอมที่แตกต่างกัน นักเรียนอธิบายคำตอบสั้นไม่ได้แสดงถึงการจัดเรียงตัวของโครงสร้างอะตอมที่แตกต่างกัน เมื่อนำคำตอบของนักเรียนที่ตอบมานั้นไปเทียบกับแผนผังโครงสร้างพบว่านักเรียนมีแนวคิดอยู่ระดับที่ 3 สามารถบอกถึงความเชื่อมโยงของแนวคิดได้

1.4) โมเดลการวัด คือ โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนผังโครงสร้างด้วยวิธีการทางสถิติ สามารถนำข้อมูลที่ได้นั้นมาระบุระดับแนวคิดในแผนผังโครงสร้างที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนที่จัดเรียงลำดับจากแนวคิดที่มีความซับซ้อนน้อยไปยังแนวคิดความซับซ้อนมาก ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปธรรมสามารถแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ

2. รูปแบบสามเหลี่ยมการประเมิน (Assessment triangle)

National Research Council (2001) ได้เสนอรูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในลักษณะสามเหลี่ยมการประเมิน (Assessment triangle) องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) การสังเกต (Observation) 2) ความคิดความเข้าใจการตีความ (Cognition) และ 3) การตีความ (Interpretation) ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 แสดงรูปแบบสามเหลี่ยมการประเมิน

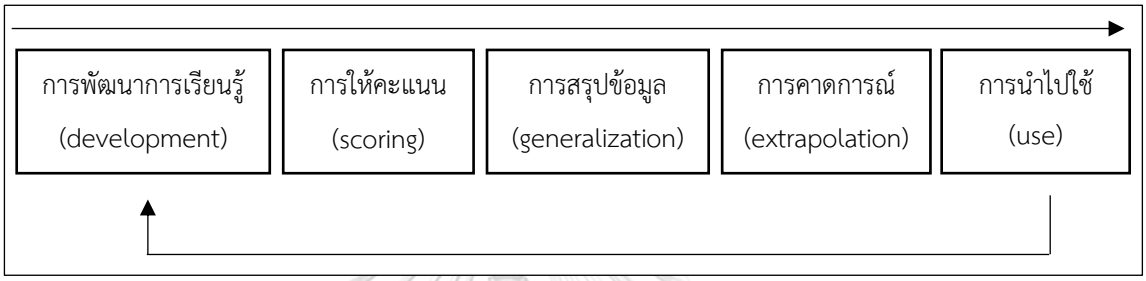
2.1) การสังเกต คือ การตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการเขียนรายงาน การสนทนา และการทำแบบทดสอบแบบปรนัย ชุดคำอธิบายที่ได้จากการสังเกตนี้ใช้เป็นหลักฐานการประเมินการเรียนรู้ โดยพิจารณาความเชื่อมโยงกับความเข้าใจของผู้เรียน

2.2) ความคิดและความเข้าใจ คือ ความรู้ที่แสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งและความสามารถในการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนการสอนแล้วครูจะวัดและประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนและระบุเป็นระดับความสามารถหลังเรียน ผลการประเมินความเข้าใจสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

2.3) การตีความ คือ หลักฐานการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งส่วนที่เป็นความรู้และทักษะจะถูกนำมาตีความด้วยวิธีการสถิติ เพื่อลงข้อสรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างไร และนักเรียนมีการเรียนรู้อยู่ในระดับใดภายใต้กรอบการประเมินที่สร้างขึ้น

3. การตรวจสอบยืนยันความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (validation learning progression)

Jin et al. (2019) ได้เสนอแนวทางในการตรวจสอบยืนยันความก้าวหน้าในการเรียนรู้มีกรอบการตรวจสอบและยืนยันผ่าน 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การพัฒนาการเรียนรู้ (development) 2) การให้คะแนน (scoring) 3) การสรุปข้อมูล (generalization) 4) การคาดการณ์ (extrapolation) และ 5) การนำไปใช้ (use) มีรายละเอียดดังภาพ 26



ภาพที่ 26 แสดงการตรวจสอบยืนยันความก้าวหน้าในการเรียนรู้

3.1) การพัฒนาการเรียนรู้ ต้องสร้างโครงสร้างเพื่อกำหนดการประเมิน แนวคิด หลักการ หรือการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และนำมาพัฒนาเครื่องมือและใบกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพสำหรับการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

3.2) การให้คะแนน มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินนักเรียน ข้อมูลการตีความจนถึงระบุรูปแบบการคิดและการให้เห็นผลของนักเรียนผ่านการให้คะแนนตามระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะคะแนนรูบิกส์

Chulalongkorn University

3.3) การสรุปข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากการให้คะแนนเพื่ออนุมานความสามารถของนักเรียน และจัดจำแนกนักเรียนแต่ละกลุ่มตามระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้

3.4) การคาดการณ์ การตีความความสามารถของนักเรียนที่แสดงให้เชื่อมโยงกับความสามารถของนักเรียนที่เป็นไปตามหลักสูตร

3.5) การนำไปใช้ การนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ช่วยให้ผู้สอนสามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ไปในแนวคิดระดับบน ที่มีความซับซ้อนมากที่สุดของหัวข้อที่นำมาจัดการเรียนการสอน

2.4.3 การนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

จากการศึกษารูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไว้ ดังนั้นเมื่อต้องการนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Corcoran et al. (2009) ได้เสนอหลักการสำหรับการนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนไว้ 4 ประการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กำหนดเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนและทำความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์
2. กำหนดแนวคิดวิทยาศาสตร์ในระดับบน ระดับกลาง และระดับล่าง เพื่อใช้อธิบายการเรียนรู้ของนักเรียน
3. กำหนดคำอธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้ในแต่ระดับการเรียนรู้
4. กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งเป็นเป้าหมายของหลักสูตร

Gotwals (2012) ได้เสนอหลักการสำหรับการนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนไว้ 4 ประการ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. กำหนดแนวคิดวิทยาศาสตร์เพื่อใช้สำหรับการร่างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานประกอบด้วยแนวคิด 3 ระดับ ได้แก่ แนวคิดระดับบน แนวคิดระดับกลาง และแนวคิดระดับล่าง นำมาใช้ในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้
2. แนวคิดระดับล่างช่วยให้ครูทราบการเรียนรู้เริ่มต้นของนักเรียนนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปแนวคิดระดับบนที่เป็นไปตามเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอน
3. แนวคิดระดับบนเป็นไปตามหลักสูตรที่กำหนดไว้หรือเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอน
4. ระดับแนวคิดของความก้าวหน้าในการเรียนรู้แต่ละระดับควรมีเกณฑ์ในการพิจารณาที่ชัดเจนเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจากระดับแนวคิดล่างไปถึงระดับแนวคิดบนที่แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาการนำความก้าวหน้าในการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่กล่าวมาข้างต้นนั้นสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ ผู้สอนต้องกำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนหรือเป็นไปตามที่หลักสูตรกำหนดไว้และทำความเข้าใจกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เพื่อนำมาใช้สำหรับการร่างแผนผัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

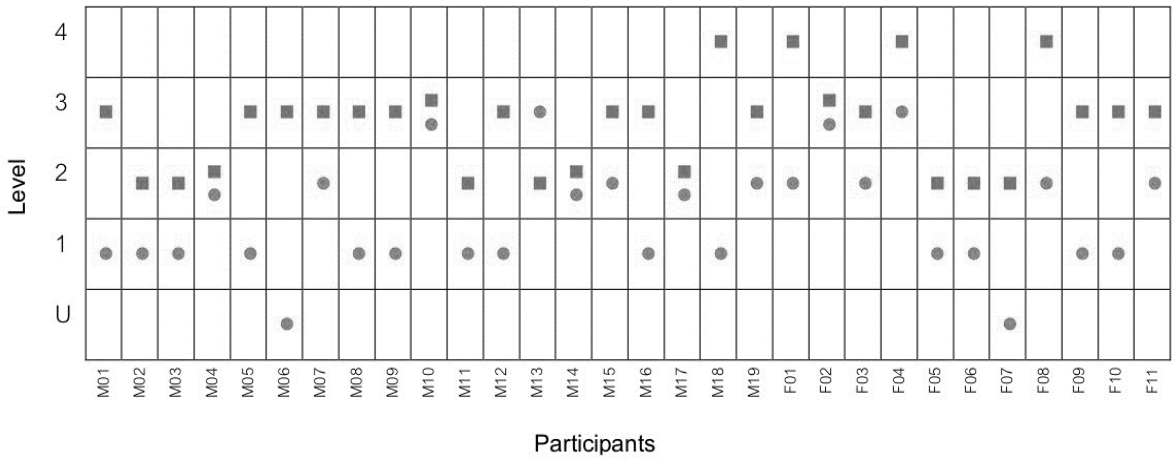
โครงสร้างเชิงสันนิษฐานประกอบไปด้วยแนวคิด 3 ระดับ ได้แก่ แนวคิดระดับล่าง แนวคิดระดับกลาง แนวคิดระดับบน โดยมีการเรียงลำดับความเข้าใจเริ่มซับซ้อนน้อยที่สุดไปยังความเข้าใจซับซ้อนมาก เพื่อแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้และอธิบายพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

2.4.4 การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้

การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้นั้น สามารถนำเสนอข้อมูลได้ 2 ลักษณะ คือ การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้แบบภาพรวมและรายบุคคล

1.) การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้แบบรายบุคคล

ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ (2561) ได้นำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน เป็นรายบุคคล โดยวิเคราะห์ระดับแนวคิดจากการเปรียบเทียบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ทำให้ทราบถึงแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังได้รับการจัดการเรียนการสอน การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้รายบุคคล ดังภาพที่ 27

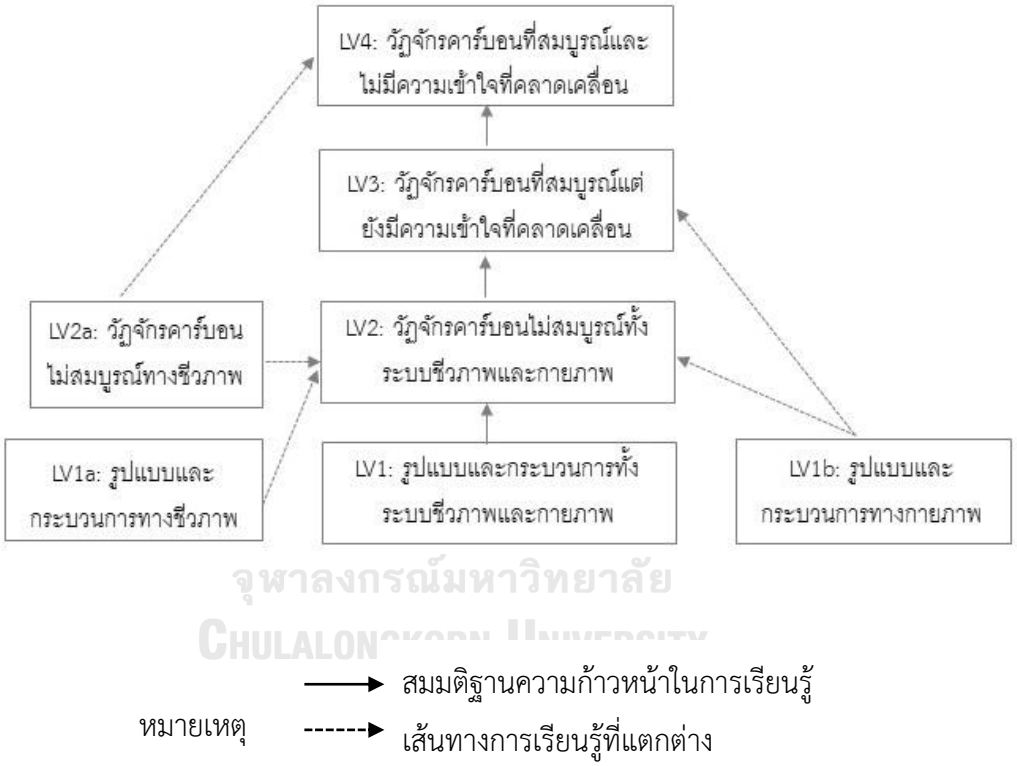


หมายเหตุ (● = Pre-assessment ■ = Post-assessment U= Uncategorized)

ภาพที่ 27 แสดงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน ก่อนเรียนและหลังเรียนแบบรายบุคคล

2.) การนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้แบบภาพรวม

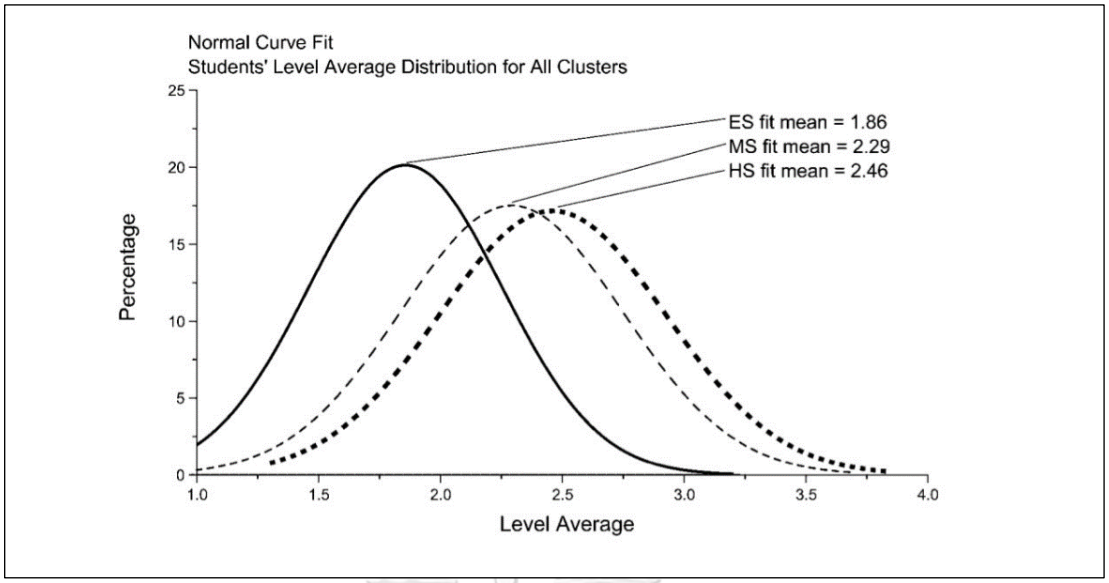
ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ (2561) ได้นำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน เป็นแบบภาพรวมในลักษณะแผนผัง โดยการนำข้อมูลการตอบคำถามของนักเรียนทุกคนมาวิเคราะห์และจัดกลุ่มความเข้าใจแนวคิด ผลการจัดกลุ่มระดับความเข้าใจหรือระดับการเรียนรู้ของนักเรียนแสดงให้เห็นการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างกันที่เป็นสมมติฐานความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ LV4 LV3 LV2 และ LV1 จากภาพที่ 9 พบว่ามีนักเรียนกลุ่ม LV1a และ LV2a มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนไปจากสมมติฐานความก้าวหน้าในการเรียนรู้ 4 ระดับ ดังภาพที่ 28



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 28 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน แบบภาพรวม

Gunckel et al. (2012) ได้นำข้อมูลเสนอความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนแบบภาพรวมในลักษณะกราฟ โดยนำคะแนนการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละระดับการเรียนรู้ของช่วงชั้นมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อสรุปเป็นระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน จากภาพที่ 10 พบว่านักเรียนระดับประถมศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 อยู่ในระดับที่ 1 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.29 และ 2.46 จัดอยู่ในระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ ดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 แสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนแบบภาพรวมในลักษณะกราฟ เรื่อง วัฏจักรน้ำ ของนักเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. ความเข้าใจมโนทัศน์

3.1 ความหมายและความสำคัญของความเข้าใจมโนทัศน์

ความเข้าใจมโนทัศน์ ตรงกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษว่า Conceptual Understanding และมีความหมายในลักษณะเดียวกันกับความรู้เชิงหลักการ (Principle Knowledge) หรือ ความรู้เชิงมโนทัศน์ (Conceptual Knowledge) (Rittle-Johnson and Schneider, 2015) นักการศึกษาและองค์กรทางการศึกษาได้นิยามความหมายความเข้าใจมโนทัศน์ หมายถึง การบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ ความเข้าใจในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ (Darmofal et al., 2002; National Research Council, 2001; Ummels et al., 2015)

นอกจากนี้ Konicek-Moran and Keeley (2015) ได้ให้ความหมายความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความสามารถในการทำความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสถานการณ์ธรรมชาติ ประกอบด้วยความสามารถในการสรุปความคิดทางวิทยาศาสตร์ การจับใจความสำคัญและสื่อสารสาระสำคัญของเนื้อหาที่นักเรียนได้ทำความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์พิจารณาจากตัวบ่งชี้ดังต่อไปนี้ 1) การคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียน 2) การนำมโนทัศน์ไปใช้สถานการณ์

นอกเหนือจากที่เรียน 3) การอธิบายมโนทัศน์เป็นคำพูดของตนเอง 4) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง และ 5) การสร้างแบบจำลองทางความคิดและทางกายภาพ

ความเข้าใจมโนทัศน์เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ นักเรียนที่มีความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงความรู้และเป็นประโยชน์ต่อการเรียน รวมถึงเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ความเข้าใจมโนทัศน์ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้นานและนำความรู้ไปใช้ได้ง่ายในสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น นอกจากนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ (National Research Council, 2001)

3.2 พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์

นักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ ได้เสนอพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน มีรายละเอียดสรุปได้ดังต่อไปนี้

ชนาธิป พรกุล (2557) ได้ระบุถึงการวัดผลการเรียนรู้มโนทัศน์ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้พฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1. การระบุระหว่างลักษณะสำคัญ และไม่ใช่ลักษณะที่สำคัญ
2. การจัดจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่าง และสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง
3. การระบุกฎของมโนทัศน์
4. การใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น

เช่นเดียวกับ ประสาท เนืองเฉลิม (2558) ได้ระบุถึงการวัดและประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านพุทธพิสัย (Cognitive domain) จากพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งในด้านความเข้าใจ นักเรียนสามารถแปลความหมายจากมโนทัศน์ หลักการหรือทฤษฎี ที่อธิบายมาเป็นคำพูดได้ รวมถึงนักเรียนสามารถอธิบายข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึง หรือแตกต่างจากสิ่งที่เรียนมา โดยใช้วิธีการ หลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ จากที่เรียนมา

Grigg (2014) ได้ระบุถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1. การระบุลักษณะที่สำคัญและไม่สำคัญของมโนทัศน์
2. การระบุตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์
3. การชี้แจงรวมถึงประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่
4. การสร้างสมมติฐานใหม่เพื่อนำมาสนับสนุนมโนทัศน์

Konicek-Moran and Keeley (2015) ได้ระบุไว้ว่าความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถพิจารณาได้จากพฤติกรรมบ่งชี้ ดังต่อไปนี้

1. การคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียน
2. การนำมโนทัศน์ไปใช้สถานการณ์อื่นนอกเหนือจากสิ่งที่เรียน
3. การอธิบายความหมายมโนทัศน์เป็นคำอธิบายที่มาจากตนเอง
4. การเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อแสดงมโนทัศน์ร่วมได้
5. การสร้างแบบจำลองทางความคิดและทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์

National Research Council Mathematics Learning Study Committee (2001) ได้ระบุพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจมโนทัศน์คณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1. บอกสิ่งที่เหมือนและแตกต่างของมโนทัศน์
2. เชื่อมโยงความรู้มโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน
3. นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม

เช่นเดียวกับ National Center for Education progress (2003) ได้ระบุพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจมโนทัศน์คณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1. การจดจำ ระบุ และสร้างตัวอย่างมโนทัศน์
2. การใช้แบบจำลอง ไดอะแกรม กราฟ หรือแผนผังในการอธิบายมโนทัศน์
3. การนำหลักการหรือความรู้ไปประยุกต์ใช้
4. การเปรียบเทียบความเหมือน และความแตกต่างของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง
5. การบูรณาการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากพฤติกรรมบ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ สามารถสรุปประเด็นสำคัญ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ

นักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ	**พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์**					
National Center for Education progress (2003)	การจดจำ ระบุและสร้างตัวอย่างมโนทัศน์	การใช้แบบจำลอง ไดอะแกรม กราฟ หรือแผนผังในการอธิบายมโนทัศน์	การนำหลักการหรือความรู้ไปประยุกต์ใช้	การเปรียบเทียบความเหมือน และความแตกต่างของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง	การบูรณาการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกัน	
Grigg (2014)	1. การระบุลักษณะที่สำคัญและไม่สำคัญของมโนทัศน์ 2. การระบุตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์		การชี้แจงรวมถึงประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่			การสร้างสมมติฐานใหม่เพื่อนำมาสนับสนุนมโนทัศน์

ตารางที่ 2 แสดงพฤติกรรมที่บ่งชี้ความเข้าใจมโนทัศน์ของนักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ (ต่อ)

นักวิชาการและหน่วยงานต่าง ๆ	**พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์**				
Konicek-Moran and Keeley (2015)	การอธิบายความหมายมโนทัศน์เป็นคำอธิบายที่มาจากตนเอง	การสร้างแบบจำลองทางความคิดและทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์	การนำมโนทัศน์ไปใช้สถานการณ์อื่นนอกเหนือจากสิ่งที่เรียน	การเปรียบเทียบมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อแสดงมโนทัศน์ร่วมได้	การคิดเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเรื่องที่เรียน
National Research Council Mathematics Learning Study Committee (2001)	บอกสิ่งที่เหมือนและแตกต่างของมโนทัศน์		นำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างเหมาะสม		เชื่อมโยงความรู้มโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน
ชนาธิป พรกุล (2557)	1. การระบุกฎของมโนทัศน์ 2. การจัดจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่าง และสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง		การใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น	การระบุระหว่างลักษณะสำคัญและไม่ใช่ลักษณะที่สำคัญ	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

จากการศึกษาพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจมโนทัศน์ที่ดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความเข้าใจมโนทัศน์ได้ 5 พฤติกรรม ดังต่อไปนี้

1) การอธิบายมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถอธิบายหรือเขียนด้วยภาษาของตนเองโดยบรรยายรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงระบุและยกตัวอย่างของมโนทัศน์
2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างมโนทัศน์ที่เรียนและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้
3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง คือ นักเรียนสามารถอธิบายโดยการเชื่อมโยงความรู้เหตุการณ์ หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันได้
4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองมโนทัศน์อาจจะแสดงถึงมโนทัศน์ เช่น ภาพวาด แผนผังหรือ สมการ และแบบจำลองทางกายภาพ เป็นต้น
5) การประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ คือ นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่นอกเหนือจากสิ่งที่เรียนมา หรืออธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้

3.3 แนวทางการวัดและประเมินความเข้าใจมโนทัศน์

นักวิชาการหลายท่านได้เสนอวิธีการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนสามารถวัดได้หลากหลายวิธี สรุปได้ดังต่อไปนี้

White and Gunstone (2014) ได้เสนอแนวทางตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียนโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ แผนผังมโนทัศน์ (concept map) การสัมภาษณ์โดยให้ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ (interview about instances and events) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับมโนทัศน์ (interview concept) การวาดภาพ (Drawing) แผนภาพไดอะแกรม (relational diagram) หรือ ทำนาย-สังเกต-อธิบาย (prediction-observation-explanation) เป็นต้น

Mintzes et al. (2001) ได้เสนอแนวทางการประเมินที่ส่งเสริมการเรียนรู้และตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเพื่อความเข้าใจที่แท้จริง ได้แก่ แผนผังมโนทัศน์ (concept map) ไดอะแกรมตัวอักษร V (V diagrams) รายการการทดสอบที่ใช้รูปภาพ (image-based test items) แฟ้มสะสมผลงาน (portfolios) แบบทดสอบที่ตรวจสอบความเข้าใจ (conceptual diagnostic test) เป็นต้น

Nehm and Schonfeld (2008) ได้เสนอการตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์วิชาวิทยาศาสตร์ สามารถใช้เครื่องมือที่เป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด (open response test) แบบสัมภาษณ์ (oral interview)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ Leahy et al. (2005) ได้เสนอขั้นตอนเพื่อเข้าใจถึงความเข้าใจมโนทัศน์ระหว่างเรียนของผู้เรียนผ่าน 5 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างเป้าหมายการเรียนรู้ที่ชัดเจน และเกณฑ์ความสำเร็จของนักเรียน
2) การจัดการเรียนการสอนสนับสนุนเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนในการอภิปราย กิจกรรม และใบกิจกรรมเพื่อเป็นหลักฐานแสดงให้เห็นการเรียนรู้ของนักเรียน
3) การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4) การกระตุ้นผู้เรียนโดยแหล่งการจัดเรียนการสอนอื่น ๆ
5) การให้ข้อมูลป้อนกลับ เพื่อขับเคลื่อนผู้เรียนไปข้างหน้า

เมื่อพิจารณาแนวทางการวัดและการประเมินที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถนำมาเป็นแนวทางในการใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาระหว่างการเรียนรู้ และความเข้าใจมโนทัศน์ตามพฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ 1) การอธิบายมโนทัศน์ 2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ 3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ 4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ 5) การประยุกต์มโนทัศน์ใช้สถานการณ์ใหม่ สามารถแสดงตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ ได้ดังนี้

1) การอธิบายมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถอธิบายหรือเขียนด้วยภาษาของตนเองโดยบรรยายรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงระบุและยกตัวอย่างของมโนทัศน์ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการและตัวอย่างข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

1.1) การใช้คำถามปลายเปิด เป็นรูปแบบของข้อคำถามที่ให้นักเรียนตอบในสิ่งที่ตนเองเข้าใจข้อมูลของคำตอบจะได้มากกว่าข้อคำถามปลายปิด การใช้ข้อคำถามปลายเปิดสามารถใช้ได้ทั้งรูปแบบเติมคำ ตอบสั้น หรือเรียงความ รวมถึงการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2561)

Nehm and Schonfeld (2008) ได้เสนอแนวทางการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ หัวข้อการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (natural selection) ผ่านแบบทดสอบที่ใช้คำถามปลายเปิดที่มีความซับซ้อนในแต่ละระดับตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมด้านพุทธพิสัย โดยเริ่มต้นจากความรู้ที่เป็นรูปธรรมนักเรียนมีความคุ้นเคยตลอดจนถึงความรู้เชิงนามประธรรม นักเรียนไม่คุ้นเคยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้อธิบายตามความเข้าใจ หรือการทดสอบแบบปากเปล่า เป็นการทดสอบที่มีการถามและตอบคำถามโดยใช้ปากเปล่า ดังภาพที่ 30 และ 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ให้นักเรียนอธิบายนิยามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

.....

.....

ให้นักเรียนอธิบายนักชีววิทยามีวิธีการเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางวิวัฒนาการได้อย่างไรบ้าง

.....

.....

ภาพที่ 30 แสดงแบบทดสอบคำถามปลายเปิดที่ความซับซ้อนตามระดับ

หลายปีที่ผ่านมามีการฉีดสาร DDT (สารเคมีที่ใช้กำจัดแมลง) แล้วทำให้จำนวนประชากรยุงไม่ตาย ให้นักเรียนอธิบายสาเหตุที่ยุงไม่ตายเมื่อฉีดสาร DDT

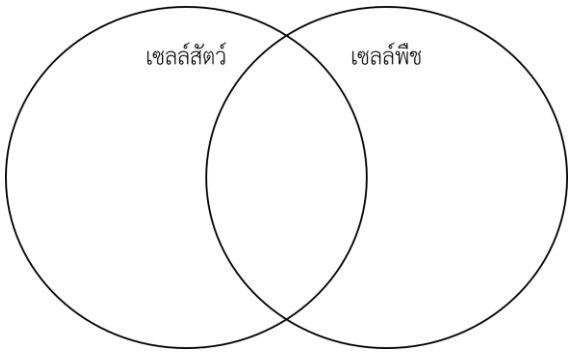
.....

.....

ภาพที่ 31 แสดงข้อคำถามที่ใช้ในการทดสอบปากเปล่า

2) การเปรียบเทียบมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่างมโนทัศน์ที่เรียนและมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องได้ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการและตัวอย่างข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

2.1) แผนภาพเวนน์ เป็นแผนผังวงกลม 2 วงหรือมากกว่าซ้อนทับกัน ข้อมูลจะมีความสัมพันธ์กันเหมาะสำหรับการเปรียบเทียบสิ่งต่าง ๆ 2 สิ่งหรือมากกว่าที่แสดงให้เห็นถึงความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกัน (ทิศนา แขมมณี, 2561) ดังภาพที่ 32



ภาพที่ 32 แสดงแผนแผนภาพเวนน์

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2563)

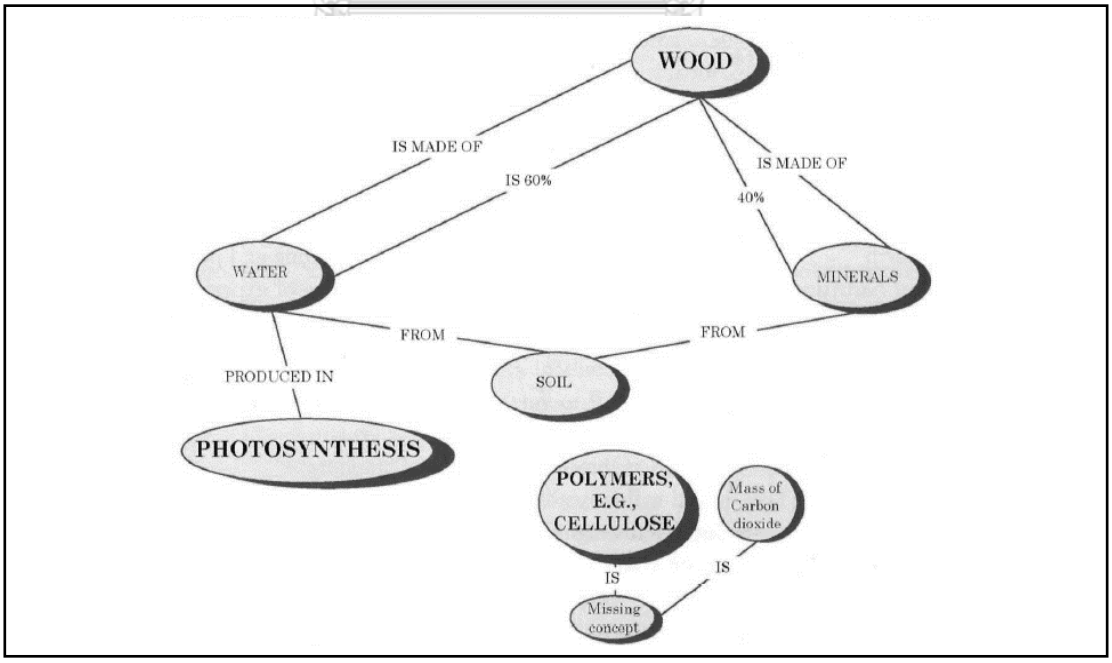
2.2) ตารางเปรียบเทียบ คือ การเปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุดหรือมากว่าภายใต้หัวข้อเดียวกัน ตัวอย่างตารางเปรียบเทียบมโนทัศน์ เรื่อง จุลชีพ (Large, 2013) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างสาเหตุการเกิดโรคและวิธีการเข้าสู่ร่างกายของจุลชีพ

จุลชีพ	สาเหตุของการเกิดโรค	วิธีการเข้าสู่ร่างกาย
ฟังไจ (Fungi)		
แบคทีเรีย (Bacteria)		
โปรโตซัว (Protozoa)		

3) การเชื่อมโยงมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถอธิบายโดยการเชื่อมโยงความรู้ เหตุการณ์หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันได้ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการและตัวอย่างข้อมูลแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1) การใช้ผังกราฟิก เป็นแผนผังทางความคิดประกอบไปด้วยเนื้อหาสาระหรือข้อมูลที่สำคัญเชื่อมโยงกันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้เห็นโครงสร้างความรู้ในเรื่องที่เรียน ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และจดจำข้อมูลสำคัญได้นาน ตัวอย่างผังกราฟิกในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แผนผังความคิด (mind map) แผนผังมโนทัศน์ (concept map) เป็นต้น (ทิศนา แขมมณี, 2561) ดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 แสดงแผนผังมโนทัศน์เกี่ยวกับธาตุอาหาร (Mintzes et al., 2001)

3.2 แบบทดสอบแบบถูกผิด เป็นข้อสอบที่ให้เลือกตอบตัวเลือกที่ถูกต้องและสอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ที่กำหนด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลสนับสนุนตัวเลือกนั้น ดังภาพที่ 34

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X ตัวเลือกด้านล่างที่นักเรียนคิดว่าเป็นความต้องการของเมล็ดที่ใช้ในการงอกเพื่อเจริญเติบโต พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลตัวเลือกที่นักเรียนเลือก

------ น้ำ ------ ดิน

------ อากาศ ------ อาหาร

------ ความมืด ------ อากาศอบอุ่น

------ แรงโน้มถ่วงโลก ------ ปุ๋ย

.....

.....

ภาพที่ 34 แสดงแบบทดสอบแบบถูกผิด

(Keeley et al., 2007 as cited in Konicek-Moran and Keeley, 2015)

4) การสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ คือ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองมโนทัศน์อาจจะแสดงถึงมโนทัศน์ในรูปแบบภาพวาด แผนผัง สมการ หรือแบบจำลองทางกายภาพ เป็นต้น

Quillin and Thomas (2015) ได้เสนอตัวอย่างแบบจำลองมโนทัศน์แบบภาพวาด การวาดภาพนั้นพัฒนาความสามารถนักเรียนในด้านการอ่าน การเขียนภาพหรือสัญลักษณ์ รวมถึงความสามารถในการแปลคำพูดมาเป็นภาพ วิชาชีววิทยาหัวข้อที่สามารถให้นักเรียนสร้างแบบจำลองมโนทัศน์ผ่านการวาดภาพโครงสร้าง กระบวนการ และแสดงความสัมพันธ์ ได้แก่ กระบวนการทางสรีรวิทยา กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและไมโทซิส โครงสร้างของเซลล์ แผนภูมิต้นไม้ (Phylogenetic tree) ที่แสดงสายวิวัฒนาการ เป็นต้น ดังภาพที่ 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ให้นักเรียนวาดภาพ และเขียนอธิบายเกี่ยวกับการทำงานของปอดและระบบหมุนเวียนเลือด

ภาพที่ 35 แสดงกระบวนการทางสรีรวิทยาเกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือดโดยให้นักเรียนวาดภาพ

5) การประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ คือ นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่นอกเหนือจากสิ่งที่เรียนมา หรืออธิบายเหตุการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้ จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าวิธีการและตัวอย่างข้อมูลดังต่อไปนี้

5.1 แบบทดสอบสองระดับ แบบทดสอบลักษณะนี้จะมีสถานการณ์มาให้ตอบ 2 คำถาม โดยคำถามแรกเป็นการให้เลือกตอบจากตัวเลือก ส่วนคำถามที่สองจะเป็นการเขียนอธิบายการตอบข้อแรก ดังภาพที่ 36

สถานการณ์: ฮันนาห์สังเกตเห็นฟองด้านล่างของกาต้มน้ำเพิ่มขึ้นมาถึงด้านบน เธอสงสัยว่าฟองนี้คืออะไรจึงถามคนในครอบครัว ซึ่งคำตอบของคนในครอบครัวมีดังต่อไปนี้

คุณพ่อ: ฟองเหล่านั้นคือฟองของความร้อน

เคลวิน: ฟองเต็มไปด้วยอากาศ

คุณยาย: ฟองเป็นสิ่งที่มองไม่เห็นมาจากน้ำ

คุณแม่: ฟองนั้นว่างเปล่า ไม่มีอะไรข้างใน

ลูซี่: ฟองนั้นประกอบไปด้วยออกซิเจนและไฮรโดรเจนที่แยกตัวออกมาจากน้ำ

นักเรียนเห็นด้วยกับคำตอบใครมากที่สุด พร้อมอธิบายเหตุผล

.....

.....

ภาพที่ 36 แสดงแบบทดสอบสองระดับ

(Keeley and Sneider, 2012 as cited inKonicek-Moran and Keeley, 2015)

3.4 เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนทัศน์

เกณฑ์การประเมินความเข้าใจมโนทัศน์มีได้หลากหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

พัชรมัย นิ่มละออ (2560) ได้ประเมินความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนโดยระบุความเข้าใจมโนทัศน์เทียบกับเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนของกระทรวงศึกษาธิการ ปีพุทธศักราช 2553 ที่ช่วงคะแนนเป็นร้อยละและตีความหมายออกมา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงช่วงคะแนนเป็นร้อยละและความหมายเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนของ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80-100	ดีเยี่ยม
75-79	ดีมาก
70-74	ดี
65-69	ค่อนข้างดี
60-64	ปานกลาง
55-59	พอใช้
50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
0-49	ต่ำกว่าเกณฑ์

Westbrook and Marek (1992) ได้ระบุระดับความเข้าใจมโนทัศน์แบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่สมบูรณ์ (Complete Understanding, CU) นักเรียนมีคำตอบที่ถูกต้องและการให้เหตุผลสมบูรณ์
2. ความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Particular Understanding, PU) นักเรียนมีคำตอบที่ถูกต้องแต่การให้เหตุผลไม่สมบูรณ์
3. ความเข้าใจมโนทัศน์บางส่วนที่มีความคลาดเคลื่อน (Particular understanding with specific misconception, PS) นักเรียนมีคำตอบที่ถูกต้องแต่การให้เหตุผลคลาดเคลื่อนบางส่วน หรือคำตอบถูกแต่อธิบายเหตุผลไม่ได้ หรืออธิบายถูกต้องแต่ตอบผิด
4. ความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception, AC) นักเรียนมีคำตอบที่ผิดและการอธิบายเหตุผลคลาดเคลื่อนทั้งหมด

5. ไม่มีความเข้าใจ (No Understanding, NU) นักเรียนตอบไม่ตรงคำถามหรือไม่ตอบคำถาม

Sendur and Toprak (2013) ได้ระบุความเข้าใจมโนทัศน์แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจมโนทัศน์ (Sound understanding, SU) นักเรียนตอบคำถามและอธิบายถูกต้อง
2. ความเข้าใจบางส่วนและมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Particular understanding with specific misconception, PUSM) นักเรียนตอบคำถามถูกแต่อธิบายยังไม่ถูกต้อง
3. มโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่เฉพาะ (Specific misconception, SM) นักเรียนตอบคำถามไม่ถูกต้องแต่คำอธิบายยังถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science Assessment, Instruction, and Learning cycle; SAIL Cycle) พบว่ามีการนำกิจกรรมและเทคนิคสำคัญของรูปแบบนี้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessment for learning) และการใช้ข้อมูลป้อนกลับเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Feedback) แต่ไม่ปรากฏว่ามีการนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้นี้ทั้ง 6 ขั้นตอนไปใช้ จากการสืบค้นงานวิจัยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดสรุปได้ดังนี้

1) งานวิจัยต่างประเทศ

Elisa et al. (2019) ศึกษาผลการบูรณาการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง งานและพลังงาน นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) การสังเกต 2) การใช้คำถาม 3) การสำรวจ 4) การเชื่อมโยง และ 5) การสื่อสาร หลังจากจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ขั้นตอน นำใบกิจกรรมมาใช้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน และนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสต์ผ่านการมอบหมายงาน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาประเมินเพื่อการเรียนรู้ในวิธีการทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการทางวิทยาศาสต์ผ่านการการมอบหมายงาน

Oyinloye and Imenda (2019) ศึกษาผลของการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่มีต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชีวภาพของนักเรียน นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนใช้การประเมินเพื่อการเรียนรู้ทั้งหมด 5 หลักการ ได้แก่ 1) ความตั้งใจและเกณฑ์การเรียนรู้ 2) การวางแผนการอภิปรายในชั้นเรียน โดยมีการตั้งคำถามและการมอบหมายงาน เพื่อเป็นหลักฐานสำหรับการเรียนรู้ 3) การให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียน 4) การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และ 5) การกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หลักการการประเมินเพื่อการการเรียนรู้มีการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

Babinčáková et al. (2020) ศึกษาผลลัพธ์ของการใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในแผนจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การให้ตัดสินข้อความถูกหรือผิด (justified true or false statement) เฟร์เยอร์โมเดล (Frayer model) การประเมินตนเอง K-W-L (K-W-L chart) แผนผังมโนทัศน์ (concept map) เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน นำผลที่ได้นำมาเทียบระดับการเรียนรู้ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมเพื่อระบุระดับความรู้และทักษะ หลังจากจัดการเรียนการสอนครบ 10 แผน นักเรียนตอบแบบสอบถามเพื่อตรวจสอบเจตคติที่มีต่อบทเรียนและการประเมินระหว่างเรียน ผลการวิจัยพบว่า เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้นั้นให้ผลลัพท์การเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะที่สูงขึ้น รวมถึงนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในบทเรียน และการประเมินระหว่างเรียน

Tarmo (2021) ศึกษาผลการบูรณาการการประเมินเพื่อการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง โครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ ระดับมัธยมตอนต้น แผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคล้ายคลึงกัน นักเรียนกลุ่มทดลองได้นำเทคนิคการประเมินเพื่อการเรียนรู้มาจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การใช้คำถามและให้เวลานักเรียนในการคิดเพื่อตอบคำถาม โครงการขนาดเล็ก รายงาน การนำเสนองาน รายการตรวจสอบแบบสังเกต ใบกิจกรรม และการเขียนหรือพูดในการให้ข้อมูลป้อนกลับ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่ได้สะท้อนคิด และไม่ได้นำเทคนิคการประเมินเพื่อการเรียนรู้มาใช้ในจัดการเรียนการสอน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนรูปแบบอัตนัย ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการการประเมินเพื่อการเรียนรู้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) งานวิจัยภายในประเทศ

กฤษณา ชินสิญจน์ และคณะ (2558) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 พัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับเก็บรวบรวมข้อมูลจากการบันทึกข้อมูลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การสัมภาษณ์ การสังเกตครูผู้สอน ระยะที่ 2 ตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับ เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบประเมินด้านกระบวนและเจตคติวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของรูปแบบของครูผู้สอน

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ 1) องค์ประกอบของการประเมิน 2) กระบวนการของการประเมิน ได้แก่ การประเมินความก้าวหน้า การประเมินสรุปผลและการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ PERFECT ประกอบด้วย การมีส่วนร่วม (P) การให้อย่างสมดุล (E) เป็นตามความจริง (R) มีการติดตามผล (F) มีหลักฐาน (E) มีความชัดเจน (C) และทันสถานการณ์ (T) และผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้พบว่ารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้นี้สามารถนำไปใช้ได้จริงในการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ PERFECT สามารถช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนเน้นการประเมินเพื่อการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์มากกว่าการจัดการเรียนการสอนรูปแบบทั่วไป และการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนช่วยให้นักเรียนปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองและเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่เป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้

1) งานวิจัยต่างประเทศ

Merritt et al. (2008) ศึกษาพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้สำหรับแบบจำลองอนุภาคของสสาร เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบหลายตัวเลือกและคำถามปลายเปิด และใช้รูบริคเพื่อวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียนและอธิบายความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนโดยระดับความก้าวหน้าได้แบ่งออกเป็น 7 ระดับ ตามความซ้ำซ้อนของเนื้อหาอนุภาคของสสาร ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจความเป็นอนุภาคของสสารที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และเห็นการเรียนรู้ของนักเรียนที่แตกต่างกัน ความก้าวหน้าในการเรียนรู้นี้มีความสำคัญทำให้ครูเห็นจุดเริ่มต้นของความเข้าใจในการเรียนรู้ของนักเรียนตลอดจนเข้าใจว่านักเรียนมีการพัฒนาเป็นอย่างไรบ้าง ยังช่วยให้ครูติดตามการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างที่จัดการเรียนการสอนได้

Gunckel et al. (2012) ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรน้ำ ของนักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาตอนปลายจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย งานวิจัยนี้ใช้สามเหลี่ยมการประเมิน (assessment triangle) มีองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ 1) การสังเกต 2) ความคิดความเข้าใจ และ 3) การตีความ นำมาใช้การประเมินและการออกแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เครื่องมือที่เก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบเป็นการใช้คำถามปลายเปิดที่แสดงระดับของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ที่อธิบายถึงความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า

นักเรียนระดับประถมศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 อยู่ในระดับที่ 1 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.29 และ 2.46 จัดอยู่ในระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ

2) งานวิจัยภายในประเทศ

ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ (2561) ศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เรื่อง วัฏจักรคาร์บอนผ่านการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ รูปแบบการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่ใช้คือ ระบบการประเมิน BEAR (BEAR assessment system) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การร่างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน การออกแบบข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล แลการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบวัดแนวคิดเป็นข้อคำถามปลายเปิดเพื่อเป็นหลักฐานในการแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบปรับเหมาะร้อยละ 80 มีระดับแนวคิด เรื่อง วัฏจักรคาร์บอนสูงขึ้น นักเรียนร้อยละ 66.67 ผลการเรียนรู้เป็นไปตามสมมติฐาน และร้อยละ 26.66 ไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ข้อค้นพบการวิจัยคือ นักเรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นว่าคาร์บอนเกิดการหมุนเวียนผ่านกระบวนการทางชีวภาพหรือกายภาพเท่านั้น

ชนิสรา ผลจันทร์ และคณะ (2562) ศึกษาการวิเคราะห์โมเดลราส์ชเพื่อตรวจสอบแผนที่โครงสร้างและสำรวจแนวคิด หน่วยการเรียนรู้ระบบประสาท ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือตามกรอบการประเมิน (BEAR Assessment System) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การร่างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน การออกแบบเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบคำถามนักเรียน และตรวจสอบโมเดลวัดจากแบบวัดแนวคิดใช้คำถามปลายเปิดและปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก เพื่อสำรวจความเข้าใจหน่วยการเรียนรู้ระบบประสาทของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกลมกลืนกับโมเดลการวัด แนวคิดที่ยากที่สุด คือ แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของสมอง และแนวคิดที่ง่ายที่สุด คือ แนวคิดเรื่องส่วนประกอบและหน้าที่ของตา

พุฒธิดา รัมมะฉัตร และคณะ (2562) ศึกษาการทดสอบแผนที่โครงสร้างเชิงสันนิษฐานแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือตามกรอบการประเมิน (BEAR Assessment System) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การร่างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน การออกแบบเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบคำถามนักเรียน และการเลือกโมเดลวัดและทดสอบความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดสอบแผนที่โครงสร้างเชิงสันนิษฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แนวคิดที่ยากที่สุด ได้แก่ แนวคิดเรื่องหลักการที่สำคัญระดับปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการสังเคราะห์ด้วย

แสงของพืช ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และกลไกในการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และพืช CAM และแนวคิดที่ง่ายที่สุด คือ สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่า แนวทางในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้มีการประเมินนักเรียนหลายวิธี โดยส่วนใหญ่วิธีที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ กรอบแนวคิดการประเมิน BEAR (BEAR assessment system) มีขั้นตอนที่ชัดเจน ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การร่างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน การออกแบบข้อสอบ การวิเคราะห์ข้อมูล และการตรวจสอบด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้จำเป็นต้องสร้างแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนของกรอบการประเมิน BEAR ที่มีการเรียงลำดับแนวคิดที่ซับซ้อนน้อยไปยังแนวคิดที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียน สามารถนำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้เป็นข้อมูลคุณภาพที่อธิบายเกี่ยวการเรียนรู้ของนักเรียนได้ทั้งในภาพรวมและรายบุคคล

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์

1) งานวิจัยต่างประเทศ

Wardani et al. (2017) ศึกษาการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แสงและเลนส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยนี้เปรียบเทียบการจัดการเรียนการสอน 2 กลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้ และนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้สามารถส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

Ceran and Salih (2019) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ที่ส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง แรงและพลังงาน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผ่านการประเมินที่ใช้เทคนิคแตกต่างกัน นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบการถ่ายโอนความรู้และนำเสนองาน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบหลายตัวเลือกและแผนผังมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มได้รับการจัดการเรียนการสอนได้รับการจัดการเรียน

การสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E มีคะแนนสูงขึ้นมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบการถ่ายโอนความรู้และนำเสนองาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งแบบทดสอบหลายตัวเลือกและแผนผังมโนทัศน์

2) งานวิจัยภายในประเทศ

นรา เขียวลิ้ม (2556) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ร่วมกับแผนผังแนวคิด การจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ที่นำมาใช้ คือ วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับแผนผัง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดแนวคิดที่มีเกณฑ์การประเมินแบ่งออกเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม ได้แก่ 1) แนวคิดที่ถูกต้อง 2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน 3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน 4) แนวคิดคลาดเคลื่อน และ 5) ไม่มีแนวคิด ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบหาความรู้ร่วมกับแผนผังนั้นนักเรียนมีแนวคิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนถูกต้องร้อยละ 49.18 โดยแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุดคือ ลักษณะของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน แนวคิดที่ถูกต้องน้อยที่สุดคือ สารประกอบแอลเคน และนักเรียนร้อยละ 9.38 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

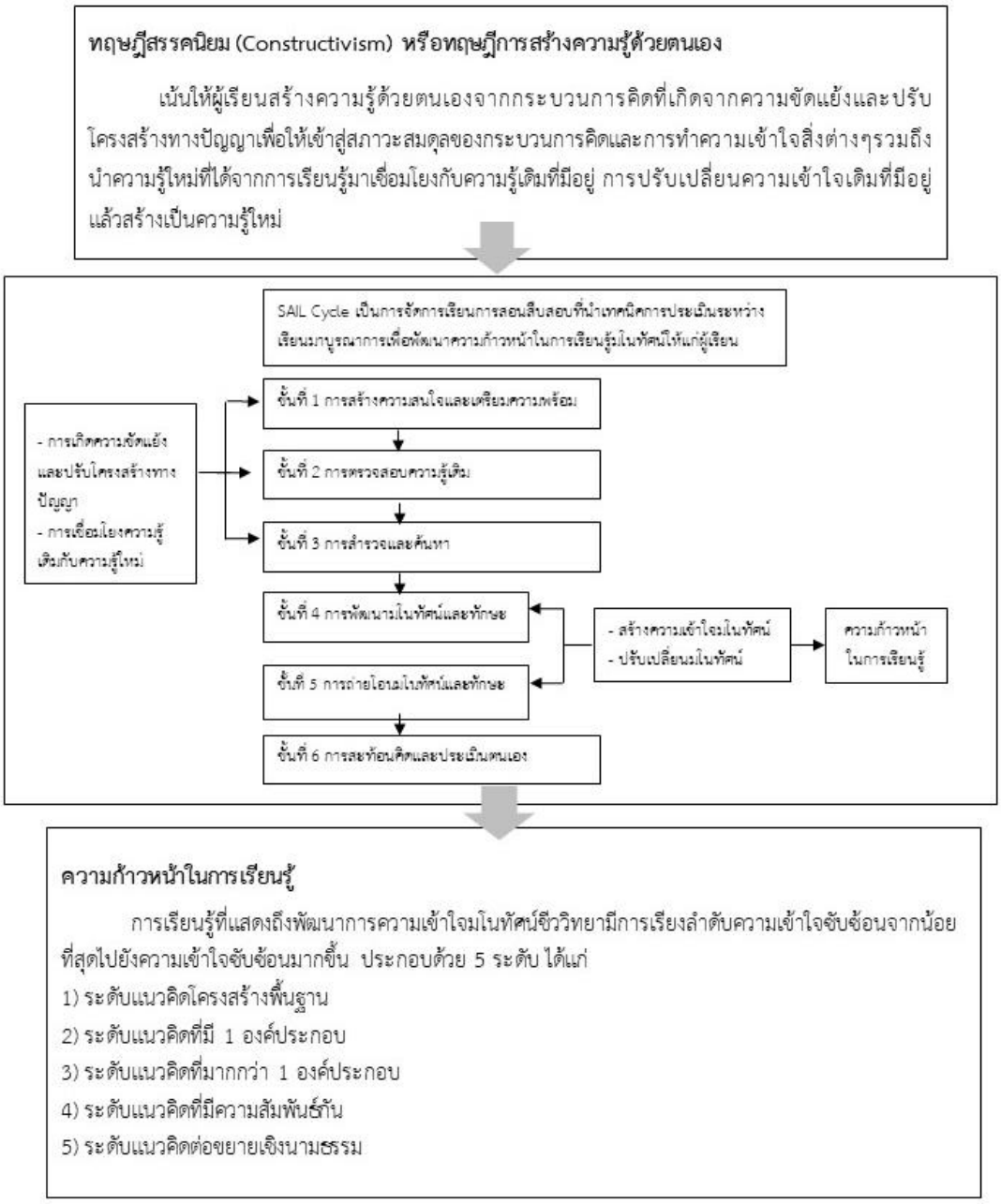
ชัยยุทธ สุขวัจนี (2558) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์ และนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไป จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์หลังเรียนร้อยละ 72.08 และการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ฟิสิกส์หลังเรียนร้อยละ 62.46 และการจัดการเรียนการสอนรูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่า วงจรการเรียนรู้ 5E การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ รวมถึงการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการด้วยรูปแบบสืบสอบหาความรู้สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้และส่งเสริมความเข้าใจมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดการจัดการเรียนการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science Assessment, Instruction and Learning cycle; SAIL Cycle) และความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา ดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยขั้นตอนดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. แผนดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. วิธีการพิทักษ์สิทธิ์นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) มีรูปแบบการวิจัยเพียงหนึ่งกลุ่มตัวอย่าง (One Group Pretest-Posttest Design) วิธีการดำเนินงานเลือกนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาแบบเจาะจง (purposive selection) จำนวน 1 กลุ่ม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นนักเรียนกลุ่มที่จะได้รับการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และมีการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง ดังภาพที่ 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

O_1----------X----------O_2

ภาพที่ 38 แสดงรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มตัวอย่างเพียงหนึ่งกลุ่ม

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน
X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลจากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

2. กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

2.1 กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ห้องเรียนทั่วไปแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 28 คน โดยภาพรวมนักเรียนมีความกระตือรือร้นและความสนใจในการเรียน และห้องที่เลือกได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียนและครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยา

2.2 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนแบบเจาะจง คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่มีห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการบริหารหลักสูตร แหล่งเรียนรู้ และเทคโนโลยีที่เอื้อต่อการจัดการเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบหาความรู้

2.3 บริบทโรงเรียน

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ และเป็นโรงเรียนที่ส่งเสริมความเป็นเลิศทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแบ่งออกเป็น 2 แผนการเรียน ได้แก่ แผนการเรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จำนวน 5 ห้อง เป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ห้อง และแผนการเรียนสายศิลป์จำนวน 5 ห้อง ที่มีความพร้อมในด้านสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอน เช่น ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์ในห้องเรียนที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอน และอนุญาตให้นักเรียนสามารถนำโทรศัพท์มือถือไปโรงเรียนได้แต่ไม่อนุญาตให้นักเรียนนำมาใช้ในระหว่างเรียน ยกเว้นกรณีที่ครูต้องการให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลผ่านทางอินเตอร์เน็ต อีกทั้งคณะผู้บริหารโรงเรียนและอาจารย์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้การสนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

    1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

    2.1 แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ แผนการจัดการเรียนรู้นี้เป็นไปตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยขั้นตอนการสร้างเครื่องมือและตรวจสอบคุณภาพ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ศึกษาขั้นตอนและลักษณะกิจกรรมของวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งอ้างอิงจากงาน Keeley (2015) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม 2) การตรวจสอบความรู้เดิม 3) การสำรวจและค้นหา 4) การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ 5) การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ และ 6) การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง

1.2 เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในวงจรการเรียนรู้นี้มีทั้งหมด 75 วิธี จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์และคัดเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ รวมทั้งเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน เพื่อนำมาใช้ในการประเมินและพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจากเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนในขั้นตอนที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะของทุกแผนการจัดการเรียนรู้นำมาเป็นข้อมูลหลักในการแสดงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียน และใช้ข้อมูลของการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะเป็นข้อมูลเสริมหรือพิจารณาประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เพื่อนำมาวิเคราะห์หัวข้อและมโนทัศน์ชีววิทยาของหน่วยเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

1.4 กำหนดหัวข้อ และจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อนำมาเขียนแผนการเรียนรู้รายคาบตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิเคราะห์และกำหนดหัวข้อในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงลำดับแผนการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ หัวข้อ และจำนวนคาบ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

แผนลำดับที่	หน่วยการเรียนรู้และหัวข้อ	จำนวนคาบ
ทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์		
1	**หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์** **เรื่อง กล้องจุลทรรศน์** 1.1 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ 1.2 กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ	6 คาบ
2	**เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์** 1.1 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์	4 คาบ
3	**เรื่อง การลำเลียงสารเข้าและออกนอกเซลล์** 1.1 การแพร่แบบธรรมดา ออสโมซิส 1.2 การแพร่แบบฟาซิลิเทต 1.3 แอกทีฟทรานสปอร์ต 1.4 การลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล	6 คาบ
ทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์		
	รวม	16 คาบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และออกแบบใบกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้ที่นำใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 3 แผน รวม 16 คาบเรียน ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน มีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม เป็นขั้นกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจในเนื้อหาของบทเรียน หรือสถานการณ์ที่ครูกำหนด เพื่อดึงดูดความสนใจนักเรียนในการที่อยากเรียนรู้ และเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียน

2) การตรวจสอบความรู้เดิม เป็นขั้นตรวจสอบความรู้และทักษะที่นักเรียนมีก่อนหน้านี้ เพื่อครูนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมของนักเรียนและความรู้ใหม่

3) การสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจมโนทัศน์ของตนเองและค้นหามโนทัศน์ใหม่ผ่านประสบการณ์ต่าง ๆ หรือกิจกรรมเน้นการสืบสอบหาความรู้

4) การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ เป็นขั้นนักเรียนทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจนและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่เรียนอย่างเป็นทางการ และเตรียมพร้อมสำหรับการถ่ายโอนมโนทัศน์ไปยังบริบทใหม่

5) การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ เป็นขั้นนักเรียนนำความรู้ที่สร้างจากการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ รวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องในเรื่องที่เรียนนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ บริบทใหม่ หรือมโนทัศน์ที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

6) การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง เป็นขั้นตอนนักเรียนสะท้อนคิดและการประเมินตนเองช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้คิด สามารถติดตามการเรียนรู้ของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ให้ดีมากขึ้นกว่าเดิม

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรม และประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งความถูก

ต้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากนั้นผู้วิจัยปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นำมาเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรม และประเมินผลการเรียนรู้ รวมทั้งความถูกต้องของเนื้อหา ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน และนำมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งก่อนนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ตรวจสอบการสะกดคำ วรรคคำ
2) ปรับการเขียนให้นักเรียนมีบทบาทมากกว่าครู
3) กิจกรรมค่อนข้างเยอะ

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมไปทดลองใช้แล้วนำผลมาทดลองใช้มาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน มีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังต่อไปนี้

2.1 แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

2.1.1 วิเคราะห์เนื้อหามโนทัศน์และตัวชี้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และหลักสูตรสถานศึกษา รวมทั้งสืบค้นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

2.1.2 จากนั้นนำผลการวิเคราะห์และสืบค้นที่ได้นำมาเรียบเรียงเป็นข้อความบรรยาย และเขียนแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน (Hypothetical construct map) ตามกรอบแนวคิดของ SOLO Taxonomy (Biggs and Collis, 1982) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์และเกณฑ์การประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ แบ่งระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ออกเป็น 5 ระดับ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้	มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับแนวคิดที่ 5 แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม (Extended abstract)	1) สามารถเชื่อมโยงความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2) สามารถสรุปอ้างอิงโดยใช้ความรู้มโนทัศน์ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational)	1) เปรียบเทียบภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2) เปรียบเทียบลักษณะและโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 3) เปรียบเทียบการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์จากเซลล์ 4) เปรียบเทียบการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส และการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural)	1) คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์หรือหาขนาดภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2) อธิบายวิธีการศึกษาตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3) อธิบายลักษณะสำคัญและหน้าที่ของโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

ตารางที่ 6 แสดงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ (ต่อ)

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้	มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural)	4) อธิบายการกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงานและไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ 5) อธิบายกลไกการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส และการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural)	1) ระบุชื่อส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ 2) เขียนสูตรการคำนวณภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3) ระบุชื่อโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 4) ระบุชื่อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ 5) ระบุชื่อการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส
ระดับแนวคิดที่ 1 โครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	การตอบคำถามมีความคลาดเคลื่อนในประเด็นที่สำคัญเกี่ยวกับเรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

2.1.3 นำแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องเหมาะสมระหว่างระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ตัวชี้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน จากนั้นผู้วิจัยปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.1.4 นำแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นำมาเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องเหมาะสมระหว่างระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ตัวชี้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน

2.1.5 ผู้วิจัยพิจารณาและคัดเลือกดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Index of content validity: IOC) ที่มีค่ามากกว่า 0.5 (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2561) แล้วปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งผลการประเมินความถูกต้องและสอดคล้องของแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ผ่านเกณฑ์ 4 ระดับ ส่วนระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่ต้องปรับปรุง คือ ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากยังไม่แสดงคำสั่งที่ให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้าด้วยกันได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง ข้อที่ 4 และ 5 ระบุกลไกน่าจะลึกเกินไป เปลี่ยนเป็นระบุชื่อการลำเลียงแทน

2) ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 3 แนวคิดที่มีมากกว่าหนึ่งมุมมอง ข้อที่ 4 และ 5 ระบุคำถามให้เฉพาะเจาะจงมากขึ้น เช่น อธิบายกลไก

3) ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน ข้อที่ 1 และ 2 เปลี่ยน จากวาดภาพเป็นวิเคราะห์ภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์เนื่องจากสอนรูปแบบออนไลน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.6 ปรับปรุงแก้ไขแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน และนำมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งก่อนสร้างแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน

2.1.7 สร้างทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยใช้แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานเป็นแนวทางการสร้างแบบทดสอบ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์นี้ก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นข้อสอบชุดเดียวกัน แบบอัตนัยจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 10 ข้อ และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความก้าวหน้าในการเรียนรู้เป็นไปตามแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน

2.1.8 นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับแผนผัง

โครงสร้างเชิงสันนิษฐาน รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากนั้นผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

2.1.9 นำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ นำมาเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามดังภาคผนวก ก) เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน รวมถึงความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

2.1.10 คำนวณค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) แล้วคัดข้อคำถามที่มีค่ามากกว่า 0.5 (ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 2561) ซึ่งผลการประเมินค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 5 ระดับ ตามแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาที่ต้องปรับปรุง คือ ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) แนวคิด หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่เซลล์ เฉลยแบบละเอียด
2) ปรับข้อคำถามบางข้อเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจน
3) การเขียนอ้างอิงรูปภาพที่นำมาใช้ในแบบทดสอบ
4) ใส่ตารางข้อที่ให้เปรียบเทียบ นักเรียนจะได้เปรียบเทียบถูกประเด็น

2.1.11 ผู้วิจัยนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ที่กล่าวมาข้างต้น แล้วนำมาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งก่อนนำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาไปทดลองใช้กับนักเรียนเคยผ่านการเรียนเรื่องนี้มาแล้ว

2.1.12 นำคะแนนที่ได้จากการนำแบบทดสอบไปทดลองใช้มาหาค่าความเที่ยงด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach' Alpha Coefficient: α) เท่ากับ 0.85 ค่าความยากง่าย (Level of Difficult: P) อยู่ในช่วง 0.36-0.79 และอำนาจจำแนก (Power of Discrimination: R) อยู่ในช่วง 0.23-0.61

2.1.13 นำผลที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และขอคำแนะนำอีกครั้ง ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นและเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีการเตรียมนักเรียนก่อนการเก็บข้อมูลการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

4.1.1 ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนดำเนินการทดลอง โดยผู้วิจัยแนะนำรายวิชา ชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนการสอน ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การวัดประเมินผล รวมทั้งแจ้งรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และการเข้าร่วมโครงการวิจัยของนักเรียน

4.1.2 ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการพิทักษ์สิทธิ์ให้นักเรียนทราบ การเข้าร่วมทำวิจัยครั้งนี้ข้อมูลส่วนตัวหรือข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนจะไม่ถูกเปิดเผยไม่ว่ากรณีใดก็ตาม ข้อมูลส่วนตัวนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ งานวิจัยจะนำเสนอข้อมูลในลักษณะรายบุคคลเป็นรหัสที่ไม่สามารถสืบย้อนถึงตัวนักเรียน และนักเรียนสามารถออกจากโครงการวิจัยได้ทุกตลอดการวิจัย โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผลที่นักเรียนออกจากโครงการวิจัยและยังได้รับการจัดการเรียนการสอนเช่นเดียวกับเพื่อน แต่ผู้วิจัยไม่นำข้อมูลมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

4.1.3 นักเรียนที่ได้รับการเข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบจำนวน 90 นาที

4.1.4 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รูปแบบออนไลน์ จำนวนทั้งหมด 3 แผน รวมทั้งสิ้นจำนวน 16 คาบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

4.2.1 ระหว่างจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ของทุกแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อติดตามการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างเรียน และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน พร้อมบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนทุกครั้ง

4.2.2 ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการตอบคำถามในใบกิจกรรมและบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมาประมวลและพิจารณาปัญหาและอุปสรรคในการเรียนรู้ของนักเรียน และนำไปเตรียมข้อมูลหรือกิจกรรมเพิ่มเติมในกรณีจำเป็นที่ต้องใช้ในการจัดการเรียนการสอนครั้งถัดไป

4.2.3 ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิดซึ่งมีกรอบคำถามที่กำหนดไว้ คือ สิ่งที่นักเรียนทราบแล้วก่อนเรียน สิ่งที่นักเรียนสับสนหรือไม่เข้าใจระหว่างเรียน และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หลังเรียนจบในแต่ละหัวข้อ หลังจบหัวข้อนั้นทั้งหมดจำนวน 3 หัวข้อ เพื่อผู้สอนจะได้ทราบการเรียนรู้ของนักเรียนและนักเรียนจะได้ตระหนักการเรียนรู้ของตนเอง

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

4.3.1 หลังจากผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนครบตามแผนการเรียนรู้ทั้งหมดแล้ว จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้าง เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบจำนวน 90 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้แบบภาพรวม

5.1.1 วิเคราะห์คำตอบจากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาเทียบกับแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานเพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้นักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.2 วิเคราะห์คำตอบใบกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ทั้ง 3 หัวข้อของนักเรียนแต่ละคนแล้วนำมาเทียบกับแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานเพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และพิจารณาข้อค้นพบที่สำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้จากใบกิจกรรม

5.1.3 นำจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ยร้อยละทั้งแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียน รวมถึงใบกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

5.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้แบบรายบุคคล

5.2.1 เปรียบเทียบระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนจากการตรวจแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เพื่อแสดงข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนแต่ละคน

5.2.2 จัดกลุ่มการเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนแต่ละคน

5.2.3 ผู้วิจัยคัดเลือกนักเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา

5.2.4 นำเสนอข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาทั้งภาพรวมและรายบุคคลในลักษณะบรรยายในลักษณะนักเรียนมีการเรียนรู้เริ่มต้นอยู่ในระดับใดของแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานพิจารณาจากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ก่อนเรียน หลังจากที่มีการจัดการเรียนการสอนตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างไรบ้างถึงเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้หรือไม่เกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ โดยนำข้อมูลจากใบกิจกรรมใน ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะของทุกแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ร่วมเพื่ออธิบายการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างที่มีการจัดการเรียนการสอน

6. วิธีการพิทักษ์สิทธิ์นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.1 การวิจัยครั้งนี้จะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เช่น ชื่อนามสกุล รูปถ่ายนักเรียน หรือข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนไม่ว่ากรณีใดก็ตามที่สามารถสืบย้อนได้ว่านักเรียนเป็นผู้ใด รวมถึงข้อมูลที่สามารถอ้างถึงโรงเรียน ข้อมูลส่วนนี้จะถูกเก็บเป็นความลับ

6.2 ก่อนเก็บข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดการวิจัยเพื่อให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทราบถึงวัตถุประสงค์วิธีการดำเนินการวิจัย ระยะเวลาในการวิจัย และประโยชน์ของการวิจัยครั้งนี้อย่างละเอียด รวมถึงคะแนนที่นักเรียนได้จากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนไม่มีผลต่อคะแนนการเรียนของนักเรียน

6.3 ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้เก็บก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง ข้อมูลของนักเรียนจะถูกเก็บเป็นความลับหลังจากที่งานวิจัยได้รับการถูกเผยแพร่ผู้วิจัยจะทำลายหลักฐานการเก็บข้อมูลของนักเรียนตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยทั้งหมดทันที

6.4 ในกรณีนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาและผู้ปกครองลงนามในเอกสารไม่เข้าร่วมการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียนมาใช้ในการวิจัย และนักเรียนที่ไม่ได้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ยังคงสามารถเข้าเรียนร่วมกับเพื่อนได้ตามปกติ

6.5 ในกรณีระหว่างการวิจัยนักเรียนเกิดความไม่สบายใจ ความกังวล หรือด้วยเหตุปัจจัยอื่น ผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียนมาใช้ในการวิจัย และนักเรียนสามารถเข้าเรียนร่วมกับเพื่อนได้ตามปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบภาพรวม

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบรายบุคคล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบภาพรวม

ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาแบบภาพรวม เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์จากการคำตอบคำถามในแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งฉบับทั้ง 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) กล้องจุลทรรศน์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 3) การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับ ได้แก่ 1) แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน 2) แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง 3) แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง 4) แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน และ 5) แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม เพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ระดับแนวคิดที่ 5 แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม (Extended abstract) เชื่อมโยงความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสรุปอ้างอิงโดยใช้ความรู้มโนทัศน์เรื่องที่เรียน	-	7 คน (ร้อยละ 25) หมายเลข 1, 10, 12, 17, 21, 22 และ 28
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) ■ เปรียบเทียบภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ■ เปรียบเทียบลักษณะและโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ■ เปรียบเทียบการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์จากเซลล์ ■ เปรียบเทียบการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสและการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส	-	12 คน (ร้อยละ 42.86) หมายเลข 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 16, 19, 24, 25 และ 27
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) ■ คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์หรือหาขนาดภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ■ อธิบายวิธีการศึกษาตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ■ อธิบายลักษณะสำคัญและหน้าที่ของโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	12 คน (ร้อยละ 42.86) หมายเลข 6, 7, 11, 12, 13, 17, 21, 22, 25, 26, 27 และ 28	9 คน (ร้อยละ 32.14) หมายเลข 4, 5, 13, 14, 15, 18, 20, 23 และ 26

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ (ต่อ)

ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	จำนวนและร้อยละของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) ■ อธิบายการกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ ■ อธิบายกลไกการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสและการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส	12 คน (ร้อยละ 42.86) หมายเลข 6, 7, 11, 12, 13, 17, 21, 22, 25, 26, 27 และ 28	9 คน (ร้อยละ 32.14) หมายเลข 4, 5, 13, 14, 15, 18, 20, 23 และ 26
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural) ■ ระบุชื่อส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ เขียนสูตรการคำนวณภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ■ ระบุชื่อโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ■ ระบุชื่อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ ■ ระบุชื่อการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	16 คน (ร้อยละ 57.14) หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 23 และ 24	-
ระดับแนวคิดที่ 1 แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	-	-
รวม	28 คน (ร้อยละ 100)	28 คน (ร้อยละ 100)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

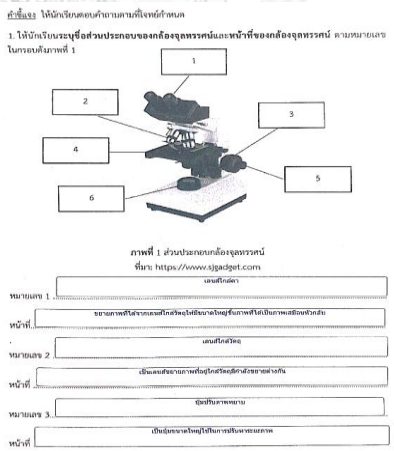
จากตารางที่ 7 พบว่า เมื่อพิจารณาจากแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนความเข้าใจโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ก่อนจัดการเรียนการสอนนักเรียนมีเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 57.14 และเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 42.86

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนมีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาที่เพิ่มสูงขึ้นระดับที่ 5 แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 42.86 และความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 32.14 ในขณะที่ไม่พบนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 1 แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน และความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง

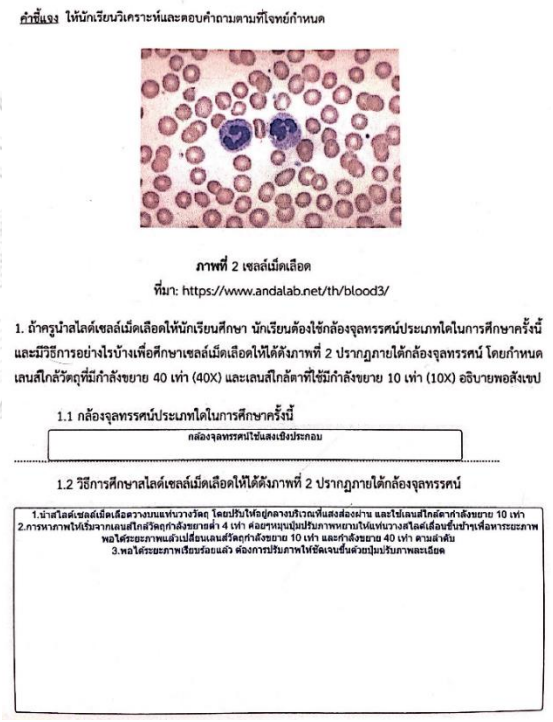
นอกจากนี้ถ้าพิจารณาการเรียนรู้ของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนการสอน จากการตอบคำถามในใบกิจกรรมเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ที่แสดงถึงความเข้าใจในการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลในแต่ละหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 8

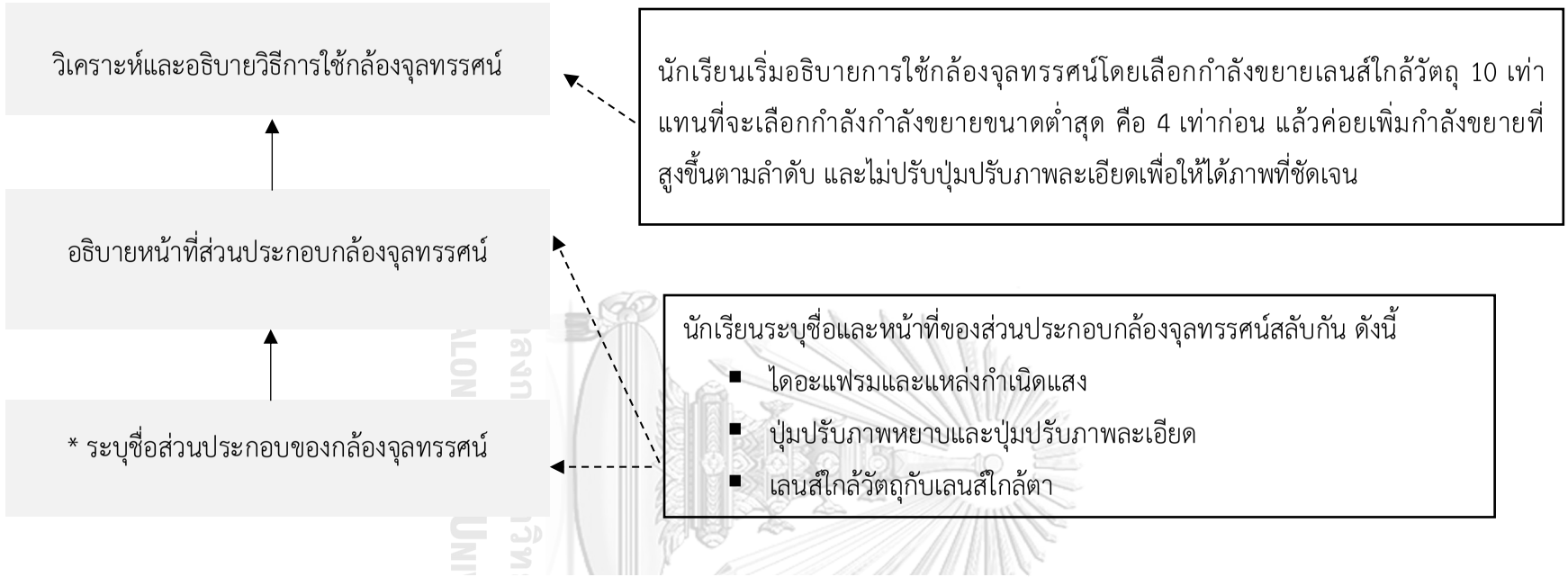
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	**ตัวอย่างการตอบของนักเรียน**	**จำนวนและร้อยละของนักเรียน**
ระดับแนวคิดที่ 1 แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	-	-
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural) • **ระบุชื่อส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์**	-	-
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) • **อธิบายหน้าที่ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์** หมายเลข 1 เลนส์ใกล้ตา หน้าที่ ขยายภาพจากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หมายเลข 2 เลนส์ใกล้วัตถุ หน้าที่ ขยายภาพของวัตถุ หมายเลข 3 ปุ่มปรับภาพหยาบ หน้าที่ ใช้ปรับเลื่อนตำแหน่งแท่นวางวัตถุเลื่อนขึ้นและลงเพื่อปรับโฟกัสหาระยะภาพ	 (นักเรียนหมายเลข 17)	15 คน (ร้อยละ 53.57) หมายเลข 2, 4, 5, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 23, 25 และ 26

ตารางที่ 8 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ (ต่อ)

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) • **วิเคราะห์และอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์** 1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ 1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ได้ดังภาพที่ 2 ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1) นำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดมาวางบนแท่นวางวัตถุ โดยปรับให้อยู่กลางบริเวณที่แสงส่องผ่าน และใช้เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า (10X) 2) การหาภาพให้เริ่มจากเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดก่อนคือ 4 เท่า (4X) จากนั้นค่อย ๆ หมุนปุ่มปรับภาพหยาบให้แท่นวางสไลด์เลื่อนขึ้นช้า ๆ เพื่อหาระยะภาพ พอได้ระยะภาพแล้วเปลี่ยนเลนส์วัตถุกำลังขยาย 10 เท่า (10X) และกำลังขยาย 40 เท่า (40X) ตามลำดับ ตั้งแต่กำลังขยาย 40 เท่าขึ้นไปไม่ปรับปุ่มภาพหยาบแล้ว เลนส์ใกล้วัตถุกระทบกับสไลด์ตัวอย่างจะทำให้เลนส์แตกได้ 3) พอได้ระยะภาพเรียบร้อยแล้ว ต้องการปรับภาพให้ชัดเจนขึ้นด้วยปุ่มปรับภาพละเอียด ภาพที่ได้ปีนเซลล์เม็ดเลือดดังภาพที่ 2 ที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์	 **คำชี้แจง** ให้นักเรียนวิเคราะห์และตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด **ภาพที่ 2** เซลล์เม็ดเลือด ที่มา: https://www.andalab.net/th/blood3/ 1. ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างเพื่อศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ได้ดังภาพที่ 2 ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X) อธิบายพอสังเขป 1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ 1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ได้ดังภาพที่ 2 ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 1.นำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดวางบนแท่นวางวัตถุ โดยปรับให้อยู่กลางบริเวณที่แสงส่องผ่าน และใช้เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า 2.การหาภาพให้เริ่มจากเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ 4 เท่า ค่อยๆหมุนปุ่มปรับภาพหยาบให้แท่นวางสไลด์เลื่อนขึ้นช้าๆเพื่อหาระยะภาพ พอได้ระยะภาพแล้วเปลี่ยนเลนส์วัตถุกำลังขยาย 10 เท่า และกำลังขยาย 40 เท่า ตามลำดับ 3.พอได้ระยะภาพเรียบร้อยแล้ว ต้องการปรับภาพให้ชัดเจนขึ้นด้วยปุ่มปรับภาพละเอียด (นักเรียนหมายเลข 16)	13 คน (ร้อยละ 46.43) หมายเลข 1, 3, 6, 7, 8, 12, 13, 16, 18, 22, 24, 27 และ 28



หมายเหตุ: * หมายถึง จุดเริ่มต้นของเส้นทางการเรียนรู้

——► หมายถึง เส้นทางการเรียนรู้ที่เป็นไปตามแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน

- - - - - ► หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลักที่พบในเส้นทางการเรียนรู้

ภาพที่ 39 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ กล้องจุทรรศน์

จากตารางที่ 8 พบว่า จากการตรวจและวิเคราะห์การตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนที่ใช้เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ตามวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 53.57 นักเรียนสามารถระบุชื่อและอธิบายหน้าที่ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ได้

ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 46.43 นักเรียนสามารถเปรียบเทียบกล้องจุลทรรศน์ และวิเคราะห์พร้อมอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาได้ถูกต้อง

จากภาพที่ 39 เมื่อพิจารณาเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ข้อสังเกตที่ค้นพบนักเรียนระบุชื่อและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์สลับกัน ได้แก่ ปุ่มปรับภาพหยาบและปุ่มปรับภาพละเอียด ไดอะแฟรมและแหล่งกำเนิดแสง เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตา ส่วนเสนส์ใกล้วัตถุนักเรียนบางส่วนอธิบายขยายความเพิ่มเติมเลนส์ใกล้วัตถุมี 4 ขนาด ประกอบด้วย 4X 10X 40X และ 100X ต้องใช้ oil ข้อมูลส่วนนี้อาจช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ขั้นตอนการปรับปุ่มเลนส์ใกล้วัตถุได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตที่ค้นพบ คือ นักเรียนกลุ่มที่อธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้ดีมาก นักเรียนอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบละเอียดเริ่มจากตรวจสอบกล้องจุลทรรศน์ก่อนใช้งาน ขั้นตอนการใช้งานที่ระบุขนาดเลนส์ใกล้ตา และขนาดเลนส์ใกล้วัตถุ ตามที่โจทย์กำหนด พร้อมทั้งอธิบายตามความเข้าใจของตนเองตามขั้นตอนวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนบางกลุ่มอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้ระบุเลนส์ใกล้ตา เลนส์ใกล้วัตถุตามที่โจทย์กำหนด และนักเรียนบางส่วนอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์คลาดเคลื่อนโดยเริ่มใช้กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 10 เท่าก่อน ซึ่งวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์นั้นเลนส์ใกล้วัตถุต้องเริ่มจากกำลังขยายขนาดต่ำสุดก่อน คือ 4 เท่า แล้วค่อยเพิ่มกำลังขยายสูงมากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

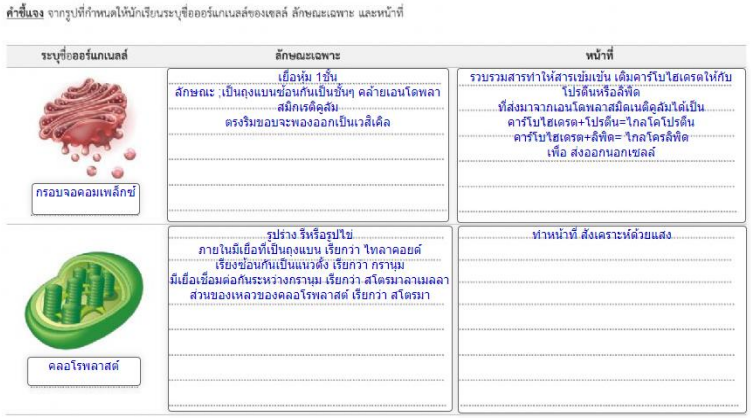
ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	**ตัวอย่างการตอบของนักเรียน**	**จำนวนและร้อยละของนักเรียน**
ระดับแนวคิดที่ 1 แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	-	-
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural) • **ระบุชื่อโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์** โครงสร้างดังกล่าว คือ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม		4 คน (ร้อยละ 14.29) หมายเลข 4, 5, 9 และ 14

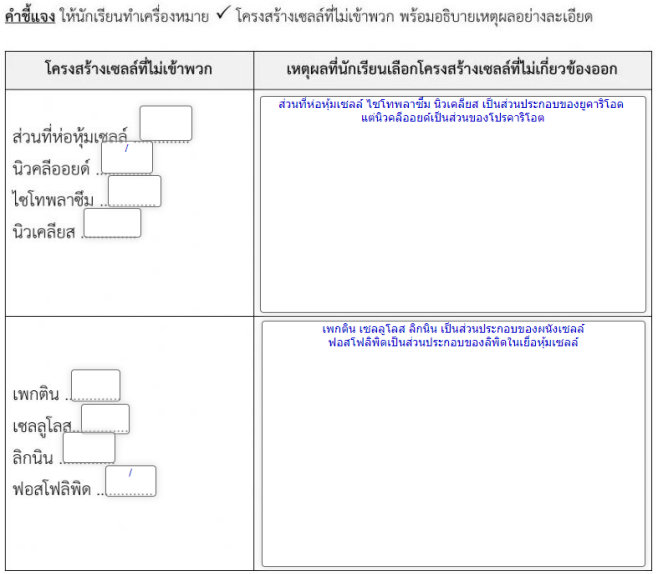
(นักเรียนหมายเลข 5 ใบกิจกรรมที่ 2)

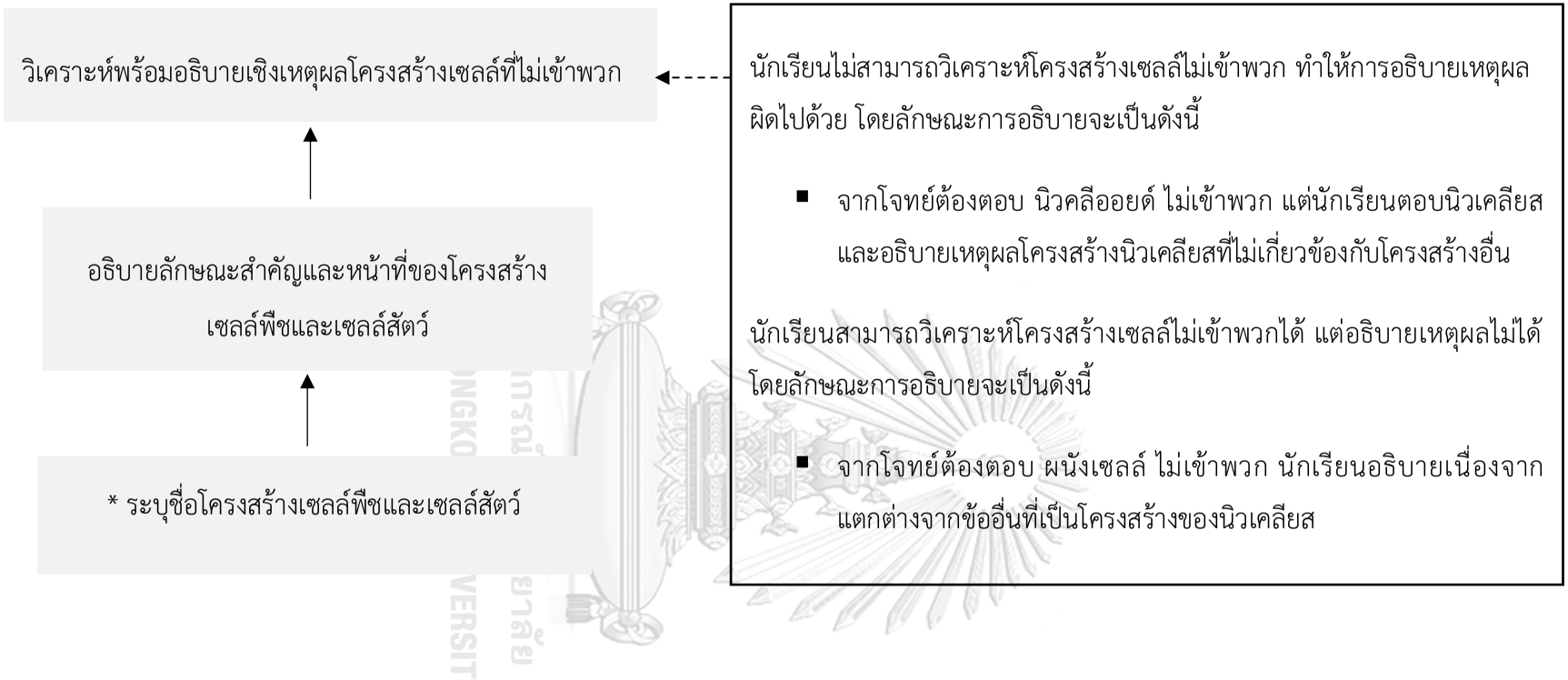
CHULALONGKORN UNIVERSITY จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ต่อ)

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) • **อธิบายลักษณะสำคัญและหน้าที่ของโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์** - **กอลจิคอมเพล็กซ์** ลักษณะเฉพาะมีเยื่อหุ้มชั้นเดียว เป็นถุงแบนซ้อนกันเป็นชั้น ตรงริมขอบจะมีลักษณะพองออกเป็นเวสิเคิลทำหน้าที่รวบรวมสารทำให้สารเข้มข้นเติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนหรือลิพิดที่ส่งมาจากเอนโด พลาสมิกเรติคูลัมได้เป็นไกลโคโปรตีน หรือ ไกลโคลิพิด เพื่อส่งออกนอกเซลล์หรือเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ - **คลอโรพลาสต์** มีลักษณะเฉพาะ มีลักษณะเยื่อหุ้ม 2 ชั้น เป็นพลาสทิดที่มีสีเขียวเนื่องจากมีสารสีชนิดคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ทำให้มีสีเขียว มีลักษณะรูปร่างรีหรือรูปไข่ ภายในมีเยื่อที่เป็นถุงแบนเรียก ไทลาคอยด์ (thylakoid) เรียงซ้อนกันเป็นแนวตั้งเรียกว่า กรานุม (granum) มีเยื่อเชื่อมต่อกันระหว่างกรานุม เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา (stoma lamella) ส่วนของเหลวของคลอโรพลาสต์เรียกว่า สโตรมา (stroma) ภายในมีเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ หน้าที่สังเคราะห์ด้วยแสง	 คำชี้แจง จากรูปที่กำหนดให้นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ของเซลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ ระบุชื่อออร์แกเนลล์ / ลักษณะเฉพาะ / หน้าที่ กรอบจอคอมเพล็กซ์ เยื่อหุ้ม 1 ชั้น ลักษณะ :เป็นถุงแบนซ้อนกันเป็นชั้นๆ คล้ายเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ตรงริมขอบจะพองออกเป็นเวสิเคิล รวบรวมสารทำให้สารเข้มข้นเติมคาร์โบไฮเดรตให้กับโปรตีนหรือลิพิด ที่ส่งมาจากเอนโดพลาสมิกเนติคูลัมได้เป็น คาร์โบไฮเดรต+โปรตีน='ไกลโคโปรตีน คาร์โบไฮเดรต+ลิพิด= 'ไกลโคลิพิด เพื่อ ส่งออกนอกเซลล์ คลอโรพลาสต์ รูปร่าง รีหรือรูปไข่ ภายในมีเยื่อที่เป็นถุงแบน เรียกว่า ไทลาคอยด์ เรียงซ้อนกันเป็นแนวตั้ง เรียกว่า กรานุม มีเยื่อเชื่อมต่อกันระหว่างกรานุม เรียกว่า สโตรมาลาเมลลา ส่วนของเหลวของคลอโรพลาสต์ เรียกว่า สโตรมา ทำหน้าที่ สังเคราะห์ด้วยแสง (นักเรียนหมายเลข 28 ใบกิจกรรมที่ 2)	15 คน (ร้อยละ 53.57) หมายเลข 2, 6, 8, 11, 13, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26 และ 28

ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ต่อ)

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) • **วิเคราะห์พร้อมอธิบายเชิงเหตุผลโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวก** โครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวก ได้แก่ - นิวคลีออยด์เป็นสารพันธุกรรมที่พบได้ในเซลล์โพรคาริโอตไม่เกี่ยวข้องกับส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส และไซโทพลาซึมที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ยูคาริโอต - ฟอสโฟลิพิดเป็นโครงสร้างหลักของเยื่อหุ้มเซลล์ มีการเรียงตัวเป็น 2 ชั้น (lipid bilayer) ฟอสโฟลิพิดประกอบด้วยส่วนหัวที่ชอบน้ำ ซึ่งมีสมบัติไฮโดรฟิลิก และส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งมีสมบัติไฮโดรโฟบิก โดยหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหากัน และส่วนที่ชอบน้ำหันออกด้านนอกเซลล์และด้านในของเซลล์ ส่วนเพกติน เซลลูโลส และลิกนิน เป็นองค์ประกอบสารส่วนหนึ่งของผนังเซลล์พืช ที่ทำหน้าที่ให้เซลล์คงรูปและเพิ่มความแข็งแรงให้กับเซลล์	 คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ โครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวก พร้อมอธิบายเหตุผลอย่างละเอียด โครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวก | เหตุผลที่นักเรียนเลือกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เกี่ยวข้องออก ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ..... ; นิวคลีออยด์ ..... / ; ไซโทพลาซึม ..... ; นิวเคลียส ..... ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม นิวเคลียส เป็นส่วนประกอบของยูคาริโอต แต่นิวคลีออยด์เป็นส่วนของโปรคาริโอต เพกติน ..... ; เซลลูโลส ..... ; ลิกนิน ..... ; ฟอสโฟลิพิด ..... / เพกติน เซลลูโลส ลิกนิน เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ ฟอสโฟลิพิดเป็นส่วนประกอบของดิพิดในเยื่อหุ้มเซลล์ (นักเรียนหมายเลข 1 ใบกิจกรรมที่ 1)	9 คน (ร้อยละ 32.14) หมายเลข 1, 3, 7, 10, 12, 16, 19, 22 และ 27



หมายเหตุ: * หมายถึง จุดเริ่มต้นของเส้นทางการเรียนรู้

——→ หมายถึง เส้นทางการเรียนรู้ที่เป็นไปตามแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน

- - - - - → หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลักที่พบในเส้นทางการเรียนรู้

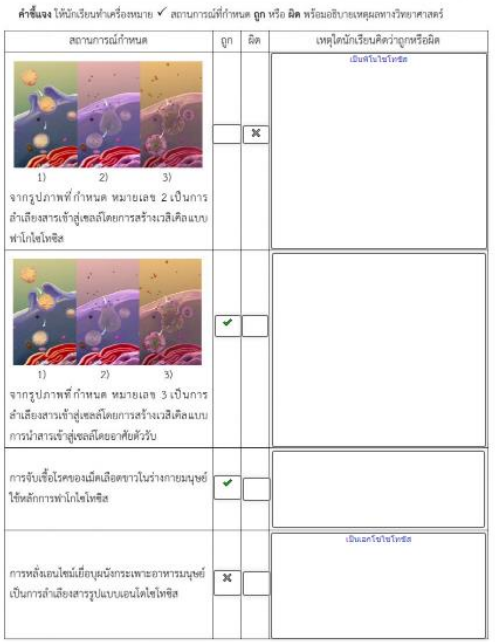
ภาพที่ 40 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

จากตารางที่ 9 พบว่า จากการตรวจและวิเคราะห์การตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนที่ใช้จากเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ตามวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่เซลล์ นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 14.29 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 53.57 และความก้าวหน้าในการเรียนมโนทัศน์ระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 32.14

จากภาพที่ 40 เมื่อพิจารณาเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ข้อสังเกตที่ค้นพบจากใบกิจกรรมการคัดเลือกข้อความที่ไม่เข้าพวก คือ นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อความที่ไม่เข้าพวกได้ ทำให้การอธิบายเหตุผลผิดไปด้วย และนักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อความที่ไม่เข้าพวกได้ แต่อธิบายเหตุผลไม่ได้ นอกจากนี้ลักษณะการตอบคำถามในใบกิจกรรมส่วนใหญ่ตอบสั้นไม่ขยายความและวิเคราะห์สถานการณ์ไม่ถูกต้อง ส่วนใบกิจกรรมเฟรเยอร์โมเดล นักเรียนได้เรียนออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ภายในเซลล์ และทำใบกิจกรรมนั้นนักเรียนสามารถระบุออร์แกเนลล์ อธิบายลักษณะเฉพาะและหน้าที่ได้ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

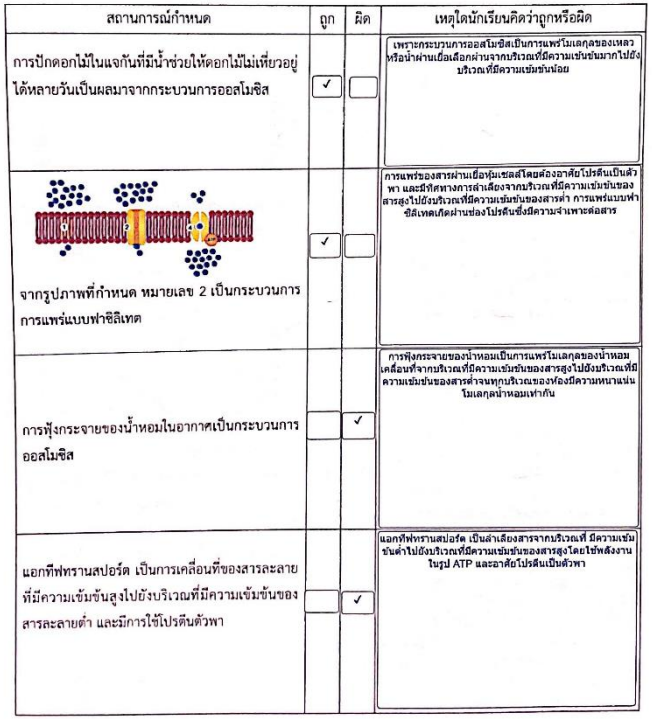
ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 1 แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	-	-
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural) • **ระบุชื่อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์** - สถานการณ์ข้อที่ 1 หมายเลข 2 คือ การลำเลียงสารแบบพิโนไซโทซิส - สถานการณ์ข้อที่ 2 คือ หมายเลข 3 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ - สถานการณ์ข้อที่ 3 คือ การจับเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในร่างกายใช้หลักการฟาโกไซโทซิส - สถานการณ์ข้อที่ 4 คือ การหลั่งเอนไซม์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารมนุษย์เป็นการลำเลียงสารรูปแบบเอกโซไซโทซิส	 (นักเรียนหมายเลข 20)	7 คน (ร้อยละ 25) หมายเลข 2, 5, 15, 19, 20, 23 และ 24

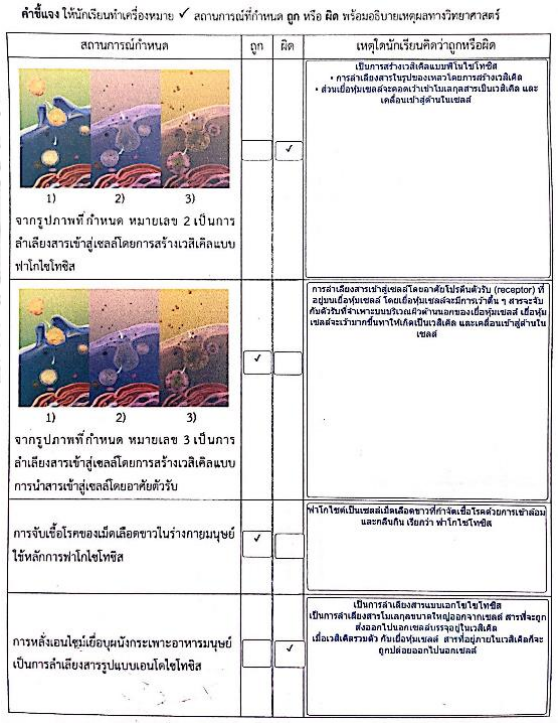
ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ (ต่อ)

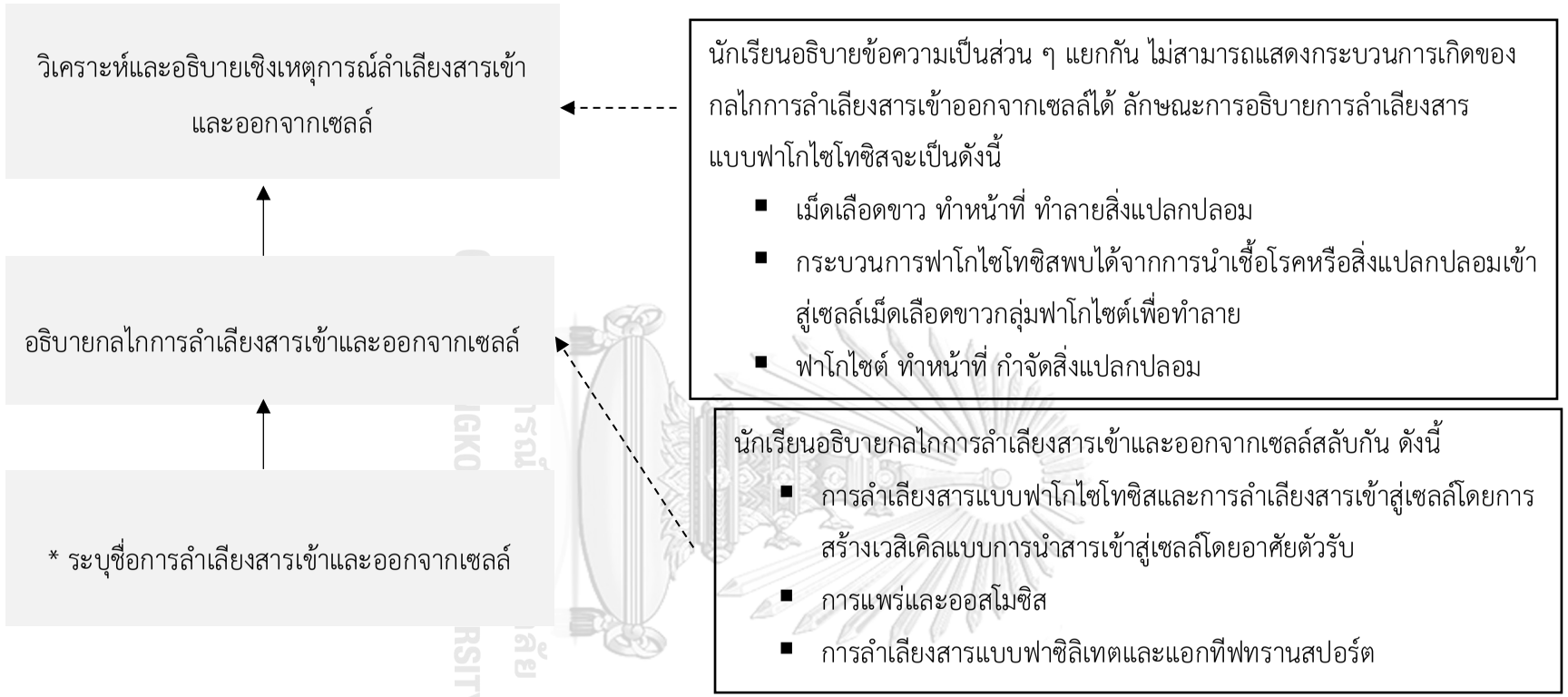
ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural) • **อธิบายกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์** - สถานการณ์ที่ 1 การฟุ้งกระจายของน้ำหอมเป็นการแพร่โมเลกุลของน้ำหอมเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำจนทุกบริเวณของห้องมีความหนาแน่นโมเลกุลน้ำหอมเท่ากัน - สถานการณ์ที่ 2 แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงโดยใช้พลังงานในรูป ATP และอาศัยโปรตีนตัวพา - สถานการณ์ที่ 3 เซลล์เม็ดเลือดขาวยื่นไปโอบล้อมแบคทีเรียและสร้างเป็นถุงเวสิเคิลก่อนหลุดเข้าสู่ด้านในเซลล์ และย่อยสลายแบคทีเรีย - สถานการณ์ที่ 4 การหลั่งเอนไซม์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารมนุษย์เป็นการลำเลียงสารโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์รูปแบบเอกโซไซโทซิส สารที่จะถูกส่งออกไปนอกเซลล์บรรจุอยู่ในเวสิเคิล เมื่อเวสิเคิลรวมตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์สารที่อยู่ภายในเวสิเคิลก็จะถูกปล่อยออกไปนอกเซลล์	 คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ สถานการณ์ที่กำหนด ถูก หรือ ผิด พร้อมอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์กำหนด / ถูก / ผิด / เหตุใดนักเรียนคิดว่าถูกหรือผิด 1) 2) 3) จากรูปภาพที่กำหนด หมายเลข 2 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบฟาโกไซโทซิส ✓ เพราะภาพที่ 2 เป็นแบบฟิโนไซโทซิส มีการคอดเข้าไปไม่ ถุงสารเป็นเวสิเคิลเข้าสู่ด้านในเซลล์ 1) 2) 3) จากรูปภาพที่กำหนด หมายเลข 3 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ ✓ เยื่อหุ้มเซลล์จะมีการเข้าคู่กันๆ สารจะจับกับตัวรับที่จำเพาะบนบริเวณผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ จะมีการย้ายมากขึ้นที่ทำให้เกิดเป็นเวสิเคิล และเคลื่อนที่เข้าสู่ด้านในเซลล์ การจับเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในร่างกายมนุษย์ใช้หลักการฟาโกไซโทซิส ✓ มีการโอบล้อมและสร้างถุงเวสิเคิลก่อนหลุดเข้าสู่ด้านในเซลล์ การหลั่งเอนไซม์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารมนุษย์เป็นการลำเลียงสารรูปแบบเอนโดไซโทซิส ✓ เพราะเป็นเอกโซไซโทซิส เป็นการลำเลียงสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์ (นักเรียนหมายเลข 25)	16 คน (ร้อยละ 57.14) หมายเลข 4, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 25, 30, 31, 32, 33

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ (ต่อ)

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) • **วิเคราะห์และอธิบายเชิงเหตุการณ์ลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์** - สถานการณ์ที่ 1 หมายเลข 2 คือ การลำเลียงสารแบบพิโนไซโทซิส การลำเลียงสารในรูปของเหลวโดยการสร้างเวสิเคิล ส่วนใหญ่เยื่อหุ้มเซลล์จะคอดเว้าเข้าโมเลกุลสารเป็นเวสิเคิล และเคลื่อนเข้าสู่ด้านในเซลล์ - สถานการณ์ที่ 2 หมายเลข 3 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ การลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยโปรตีนตัวรับ (receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะมีการเว้าตื้น ๆ สารจะจับกับตัวรับที่จำเพาะบนบริเวณผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะเว้ามากขึ้นทำให้เกิดเป็นเวสิเคิลและเคลื่อนเข้าสู่ด้านในเซลล์ **- สถานการณ์ที่ 3** การฟุ้งกระจายของน้ำหอมเป็นการแพร่โมเลกุลของน้ำหอมเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำจนทุกบริเวณของห้องมีความหนาแน่นโมเลกุลน้ำหอมเท่ากัน - แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงโดยใช้พลังงานในรูป ATP และอาศัยโปรตีนตัวพา	**คำชี้แจง** ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓สถานการณ์ที่กำหนด **ถูก** หรือ **ผิด** พร้อมอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์  (นักเรียนหมายเลข 13 ใบกิจกรรมที่ 1)	6 คน (ร้อยละ 21.43) หมายเลข 1, 4, 6, 13, 18 และ 22

ตารางที่ 10 แสดงจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และตัวอย่างการตอบในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ (ต่อ)

ตัวบ่งชี้พฤติกรรมในแต่ละระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา	ตัวอย่างการตอบของนักเรียน	จำนวนและร้อยละของนักเรียน
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational) • **วิเคราะห์และอธิบายเชิงเหตุการณ์ลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์** - สถานการณ์ที่ 1 การฟุ้งกระจายของน้ำหอมเป็นการแพร่โมเลกุลของน้ำหอมเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำจนทุกบริเวณของห้องมีความหนาแน่นโมเลกุลน้ำหอมเท่ากัน - สถานการณ์ที่ 2 แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงโดยใช้พลังงานในรูป ATP และอาศัยโปรตีนตัวพา - สถานการณ์ที่ 3 เซลล์เม็ดเลือดขาวยื่นไปโอบล้อมแบคทีเรียและสร้างเป็นถุงเวสิเคิลก่อนหลุดเข้าสู่ด้านในเซลล์ และย่อยสลายแบคทีเรีย - สถานการณ์ที่ 4 การหลั่งเอนไซม์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารมนุษย์เป็นการลำเลียงสารโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์รูปแบบเอกโซไซโทซิส สารที่จะถูกส่งออกไปนอกเซลล์บรรจุอยู่ในเวสิเคิล เมื่อเวสิเคิลรวมตัวกับเยื่อหุ้มเซลล์ สารที่อยู่ภายในเวสิเคิลก็จะถูกปล่อยออกไปนอกเซลล์	 คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ สถานการณ์ที่กำหนด ถูก หรือ ผิด พร้อมอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์กำหนด / ถูก / ผิด / เหตุให้นักเรียนคิดว่าถูกหรือผิด 1) 2) 3) จากรูปภาพที่ กำหนด หมายเลข 2 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบฟาโกไซโทซิส — ผิด — เป็นการสร้างเวสิเคิลแบบฟาโกไซโทซิส • การลำเลียงสารในรูปของเหลวโดยการสร้างเวสิเคิล • ส่วนเยื่อหุ้มเซลล์จะคอดเว้าเข้าไปและกลายสารเป็นเวสิเคิล และเคลื่อนเข้าสู่ด้านในเซลล์ 1) 2) 3) จากรูปภาพที่ กำหนด หมายเลข 3 เป็นการลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยการสร้างเวสิเคิลแบบการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ — ถูก — การลำเลียงสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยโปรตีนตัวรับ (receptor) ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเยื่อหุ้มเซลล์จะมีการเว้าลึก ๆ สารจะจับกับตัวรับที่จำเพาะบนบริเวณผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะเว้าบางขึ้นทำให้เกิดเป็นเวสิเคิล และเคลื่อนเข้าสู่ด้านในเซลล์ การจับเชื้อโรคของเม็ดเลือดขาวในร่างกายมนุษย์ใช้หลักการฟาโกไซโทซิส — ถูก — ฟาโกไซต์เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวที่กำจัดเชื้อโรคด้วยการเข้าล้อมและกลืนกิน เรียกว่า ฟาโกไซโทซิส การหลั่งเอนไซม์เยื่อบุผนังกระเพาะอาหารมนุษย์เป็นการลำเลียงสารรูปแบบเอนโดไซโทซิส — ผิด — เป็นการลำเลียงสารแบบเอกโซไซโทซิส เป็นการลำเลียงสารโมเลกุลขนาดใหญ่ออกจากเซลล์ สารที่จะถูกส่งออกไปนอกเซลล์บรรจุอยู่ในเวสิเคิล เมื่อเวสิเคิลรวมตัว กับเยื่อหุ้มเซลล์ สารที่อยู่ภายในเวสิเคิลก็จะถูกปล่อยออกไปนอกเซลล์ (นักเรียนหมายเลข 13 ใบกิจกรรมที่ 2)	6 คน (ร้อยละ 21.43) หมายเลข 1, 4, 6, 13, 18 และ 22



หมายเหตุ: * หมายถึง จุดเริ่มต้นของเส้นทางการเรียนรู้

→ หมายถึง เส้นทางการเรียนรู้ที่เป็นไปตามแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน

⇢ หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลักที่พบในเส้นทางการเรียนรู้

ภาพที่ 41 แสดงรูปแบบเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา 28 คน หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

จากตารางที่ 10 พบว่า จากการตรวจและวิเคราะห์การตอบคำถามในใบกิจกรรมของนักเรียนที่ใช้จากเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ตามวงจรการประเมินการเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 57.14 และความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 17.86

จากภาพที่ 41 เมื่อพิจารณาเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ข้อสังเกตที่ค้นพบจากใบกิจกรรมการตัดสินข้อความถูกหรือผิดส่วนของการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ จากสถานการณ์ที่กำหนดในใบกิจกรรม นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดได้ และอธิบายกลไกลการลำเลียงสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ได้แก่ กระบวนการออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต การแพร่แบบธรรมดา และแอคทีฟทรานสปอร์ต ได้ถูกต้อง มีนักเรียนอธิบายกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์สลับกัน ส่วนใบกิจกรรมการตัดสินข้อความถูกหรือผิดส่วนของการลำเลียงสารที่ไม่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ต้องสร้างเวสิเคิล จากสถานการณ์ที่กำหนดนักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดได้ และอธิบายกลไกการลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิลได้ ข้อสังเกตที่ค้นพบคือ นักเรียนอธิบายข้อความเป็นส่วน ๆ แยกกัน ไม่สามารถแสดงกระบวนการเกิดของกลไกการลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบรายบุคคล

ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาแบบรายบุคคล เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ที่เรียนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์จากการคำตอบคำถามในแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้งฉบับทั้ง 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) กล้องจุลทรรศน์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 3) การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับ ได้แก่ 1) แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน 2) แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง 3) แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง 4) แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน และ 5) แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม เพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงลำดับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ลำดับนักเรียน	ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา				
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	ระดับที่ 5
หมายเลข 1		●	→	→	■
หมายเลข 2		●	→	■	
หมายเลข 3		●	→	■	
หมายเลข 4		●	→	■	
หมายเลข 5		●	→	■	
หมายเลข 6			●	→	■
หมายเลข 7			●	→	■
หมายเลข 8		●	→	■	
หมายเลข 9		●	→	■	

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 แสดงลำดับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน และระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ (ต่อ)

ลำดับนักเรียน	ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา				
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 3	ระดับที่ 4	ระดับที่ 5
หมายเลข 10		●	→		■
หมายเลข 11			● →	■	
หมายเลข 12			● →		■
หมายเลข 13			● ■		
หมายเลข 14		● →	■		
หมายเลข 15		● →	■		
หมายเลข 16		● →		■	
หมายเลข 17			● →		■
หมายเลข 18		● →	■		
หมายเลข 19		● →		■	
หมายเลข 20		● →	■		
หมายเลข 21			● →		■
หมายเลข 22			● →		■
หมายเลข 23		● →	■		
หมายเลข 24		● →		■	
หมายเลข 25			● →	■	
หมายเลข 26			● ■		
หมายเลข 27			● →	■	
หมายเลข 28			● →		■

หมายเหตุ : ● หมายถึง แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียน

■ หมายถึง แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียน

จากตารางที่ 11 พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ก่อนเรียนและหลังเรียนสามารถสรุปความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาได้ 3 แบบ ได้แก่ นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป มีจำนวน 14 คน นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีจำนวน 12 คน และนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา มีจำนวน 2 คน โดยผู้วิจัยคัดเลือกการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 3 ระดับ และนักเรียนที่มีระดับระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ ทั้งในกรณีที่นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นและลดลง รวมถึงไม่มีการเปลียนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ชีววิทยา ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน 3 แบบข้างต้นที่กล่าวมานั้น มีรายละเอียดของการเรียนรู้ดังนี้

ข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำนวน 28 คน ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลรายบุคคลจากการคำตอบคำถามในแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียนใน 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) กล้องจุลทรรศน์ 2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ 3) การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับ ได้แก่ 1) แนวคิดโครงสร้างพื้นฐาน 2) แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง 3) แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง 4) แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน และ 5) แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม เพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หลังจากนั้นผู้วิจัยนำคำตอบในใบกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนในคาบเรียนนั้นนำมาวิเคราะห์ร่วมกับบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนของผู้สอนซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้การทำงานร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน และการเขียนในใบกิจกรรมสะท้อนคิดของนักเรียนที่แสดงถึงการกำกับการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละหัวข้อที่เรียน การวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนรายบุคคลผู้วิจัยนำเสนอโดยจัดกลุ่ม 3 แบบ ได้แก่ 1) นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 2 ระดับขึ้นไป มีจำนวน 14 คน 2) นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีจำนวน 12 คน และ 3) นักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา มีจำนวน 2 คน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนที่มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 3 ระดับ มีจำนวน 2 คน ได้แก่ นักเรียนหมายเลข 1 และหมายเลข 10 ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 1 และหมายเลข 10 มีการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นักเรียนทั้ง 2 คน เข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบ มีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อ และคำตอบส่วนใหญ่ถูกต้องและชัดเจน ส่งใบกิจกรรมตามกำหนดเวลาทั้งในห้องเรียนและนอกเวลาเรียน และนักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเอง

อย่างไรก็ตามในส่วนทำงานร่วมกับเพื่อนเป็นคู่ที่ผู้สอนจับคู่ให้ พบว่า นักเรียนหมายเลข 1 และหมายเลข 10 มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนหมายเลข 2 สามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ดี ส่วนนักเรียนหมายเลข 10 นั้นทำงานร่วมกับเพื่อนได้ไม่ดีนัก นักเรียนจะติดตามและสอบถามการทำใบกิจกรรมภายหลังจากนี้นักเรียนหมายเลข 1 ยังมีลักษณะการทำใบกิจกรรมที่รวดเร็ว ถูกต้อง และครบถ้วน มากกว่านักเรียนหมายเลข 10

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 1 และหมายเลข 10 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 4 กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง รวมถึงแยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง ส่วนหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนหมายเลข 10 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ เปรียบเทียบภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และสามารถวิเคราะห์และเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามนักเรียนหมายเลข 1 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ เปรียบเทียบกำลังขยาย และภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ รวมถึงสามารถวิเคราะห์และเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ถูกต้องพร้อมทั้งอธิบายวิธีการใช้

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 1

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“นำสไลด์ที่ต้องการศึกษามาวางบนแท่นวางวัตถุ ใช้เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า ค่อย ๆ หมุนปุ่มปรับภาพเพื่อหาระยะภาพ พอได้ระยะภาพแล้วเปลี่ยนเลนส์ใกล้วัตถุโดยเริ่มจากกำลังขยายต่ำสุด แล้วค่อยปรับกำลังขยายเพิ่มขึ้นเป็นกำลังขยาย 40 เท่า ตามลำดับ”

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 10

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“หยิบสไลด์วางบนแท่นวัตถุ และค่อย ๆ ปรับเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า และปรับเลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า”

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 1 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายหลักการการลำเลียงได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิล ส่วนนักเรียนหมายเลข 10 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายหลักการการลำเลียงได้บางสถานการณ์และอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 1 และหมายเลข 10 แสดงถึงการกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนบอกสิ่งที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสับสน และสามารถบอกได้ว่าตนเองเรียนรู้อะไรบ้างหลังจากจบการเรียนในแต่ละหัวข้อ

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 1 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ การคำนวณจากกล้องจุลทรรศน์ การดูแลกล้องจุลทรรศน์”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“ยังงงกับโจทย์อยู่ครับ บางทีไม่เข้าใจว่าต้องใช้สูตรไหนในการหาผลลัพธ์”*

นักเรียนหมายเลข 10 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ได้รู้จักประเภทกล้องจุลทรรศน์และรู้ว่าประเภทไหนมีอะไรเป็นส่วนประกอบบ้าง รู้ว่าประเภทไหนควรใช้ส่องอะไรยังไง รวมไปถึงการใช้กล้องจุลทรรศน์ว่าต้องทำอย่างไรและมีข้อควรระวังอะไรบ้าง มีวิธีการคำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์อย่างไรรวมไปถึงความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน”* ไม่พบประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ

นักเรียนที่มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีจำนวน 12 คน ได้แก่ นักเรียนหมายเลข 4 หมายเลข 5 หมายเลข 6 หมายเลข 7 หมายเลข 11 หมายเลข 14 หมายเลข 15 หมายเลข 18 หมายเลข 20 หมายเลข 23 หมายเลข 25 และหมายเลข 27

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 7 และนักเรียนหมายเลข 27 คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นักเรียนเข้าเรียนครบทุกคาบ กรณีนักเรียนติดภาระกิจจะขอนุญาตทุกครั้งและติดตามส่งใบกิจกรรมภายหลัง นักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด มีส่วนร่วมในการนำเสนองานกลุ่ม นักเรียนต้องใช้เวลาในการทำใบกิจกรรมมากกว่านักเรียนคนอื่นแต่ส่งไม่ช้าเกินไป นอกจากนี้นักเรียนจะแจ้งผู้สอนทุกครั้งกรณีมีปัญหาหรืออุปสรรคในการเรียนระหว่างที่จัดการเรียนการสอน

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 7 และหมายเลข 27 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 4 กล่าวคือ นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ สามารถเปรียบเทียบภาพที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบการเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ไปศึกษาตัวอย่าง นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์และเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ อย่างไรก็ตามนักเรียนหมายเลข 7 มีความสับสนหน้าที่ระหว่างปุ่มปรับภาพหยาบและปุ่มปรับภาพละเอียด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

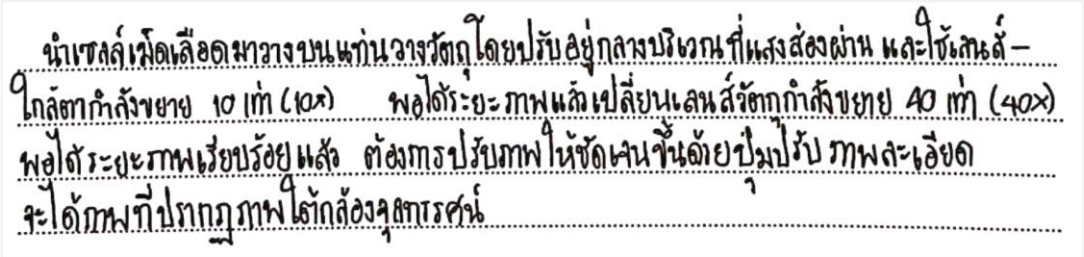
ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 7

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์



ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 27

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

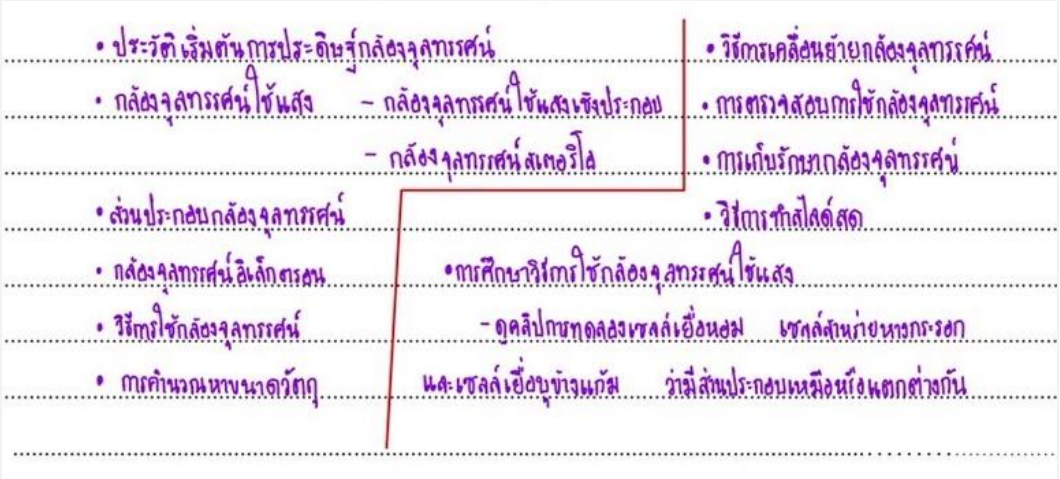
“นำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดมาวางบนแท่นวางสไลด์ ปรับให้อยู่ตรงกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ และใช้เลนส์ใกล้ตา 10 เท่า ใช้กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 10 เท่า ก่อน แล้วปรับปุ่มปรับภาพหยาบเลื่อนสไลด์ พอได้ระยะภาพเปลี่ยนกำลังขยายเป็น 40 เท่า แล้วปรับปุ่มปรับภาพละเอียดให้ภาพชัดเจน”

ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 7 และหมายเลข 27 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 4 กล่าวคือ นักเรียนระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง แยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลได้เป็นบางข้อ และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 7 และหมายเลข 27 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายเหตุผลการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลได้ ส่วนการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลสั้น ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 7 และหมายเลข 27 แสดงถึงการกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนบอกสิ่งที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสับสน และสามารถบอกได้ว่าตนเองเรียนรู้อะไรบ้างหลังจากจบการเรียนในแต่ละหัวข้อ นอกจากนี้การเขียนใบสะท้อนคิดและประเมินตนเองหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ เป็นลักษณะการเขียนแบบสรุปความรู้

นักเรียนหมายเลข 7 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์



นักเรียนหมายเลข 7 ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์

นักเรียนหมายเลข 27 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ประวัติกล้องจุลทรรศน์ ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ การคำนวณหาขนาดภาพวัตถุ การเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์ และการทำสไลด์สด”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“การปรับปุ่มปรับภาพหยาบและละเอียด การคำนวณหาขนาดของวัตถุ ว่าโจทย์ไหนใช้กับสูตรไหน”*

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 4 และหมายเลข 5 คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นักเรียนส่งใบกิจกรรมในห้องเรียนไม่ตรงเวลาต้องให้ผู้สอนตามงาน อย่างไรก็ตามนักเรียนหมายเลข 4 นักเรียนมีความสม่ำเสมอในการเข้าเรียนเข้าเรียนครบทุกคาบ สามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด มีส่วนร่วมในการนำเสนองานกลุ่ม

ทุกครั้ง ส่วนนักเรียนหมายเลข 5 นักเรียนเข้าเรียนไม่สม่ำเสมอมีเข้าเรียนสายหรือขาดเรียน สามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ในกรณีงานคู่ที่นักเรียนเลือกเองตามความสมัครใจ

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 4 และหมายเลข 5 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ แต่ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ วิเคราะห์เลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ได้ แต่ไม่สามารถอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 4

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“สังเกตบันทึกผล”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 5

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“ปรับปุ่มภาพหยาบให้แท่นวางสไลด์เลื่อนขึ้นช้า ๆ เพื่อหาระยะภาพ”

ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 4 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ได้ถูกต้อง นักเรียนหมายเลข 5 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ถูกต้อง ส่วน

ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ตอบถูกต้องเพียงบางข้อเท่านั้น ซึ่งนักเรียนทั้งสองคนนั้นไม่สามารถแยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกและอธิบายเหตุผลได้

ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 4 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายหลักการการลำเลียงได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิล ซึ่งนักเรียนหมายเลข 5 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลแต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ถูกต้อง

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 4 และหมายเลข 5 ไม่สามารถแสดงถึงการการกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนทั้ง 2 คน สามารถบอกได้ว่าตนเองเรียนรู้อะไรบ้างหลังจากจบการเรียนในแต่ละหัวข้อลักษณะเขียนแสดงเพียงประเด็นใหญ่ไม่ได้อธิบายรายละเอียดของเนื้อหา อย่างไรก็ตามนักเรียนหมายเลข 5 สามรถบอกสิ่งที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสงสัย

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 4 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“วิธีการใช้ ชื่อส่วนประกอบ ประโยชน์ในการใช้ ”* ไม่พบประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ

นักเรียนหมายเลข 5 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“สามารถศึกษาเซลล์ที่มีขนาดเล็ก และรู้จักหน้าที่ส่วนต่าง ๆ ของกล้องจุลทรรศน์”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“สับสนชื่อกล้องจุลทรรศน์”*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 20 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบมีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อ ลักษณะการทำใบกิจกรรมในห้องเรียนรวดเร็วและส่งตามกำหนดเวลาทั้งใบกิจกรรมในห้องเรียนและนอกเวลาเรียน นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด มีส่วนร่วมในการนำเสนองานกลุ่ม และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือสอบถามเกี่ยวกับใบกิจกรรมทั้งในห้องและนอกห้องเรียน

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 20 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ วิเคราะห์เลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาตัวอย่างได้ นักเรียนบอกเพียงแค่หัวข้อใหญ่ขั้นตอนการใช้กล้องจุลทรรศน์ ไม่ได้อธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ นักเรียน

มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ได้ถูกต้อง รวมถึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างไม่เข้าพวกได้ถูกต้องบางข้อ แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิล แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ถูกต้อง และบางข้อไม่ได้ให้เหตุผล

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 4

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“1. เคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์ 2. ตรวจสอบกล้องจุลทรรศน์ก่อนใช้งาน 3. การใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาดูวัตถุ 4. ดูแลและเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 20 ไม่สามารถแสดงถึงการการกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนทราบประเด็นที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสงสัย แต่สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้นักเรียนเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้นไม่ได้ลงรายละเอียด

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 20 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ได้เรียนรู้วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างถูกต้อง และวิธีการหาสูตรของเลนส์กล้อง”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *”ไม่เข้าใจตรงหาสูตรกล้องค่ะ”*

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 23 นักเรียนเข้าเรียนครบทุกคาบแต่เข้าเรียนเรียนสายบ้างเป็นบางคาบเรียน นักเรียนส่งใบกิจกรรมในห้องเรียนส่งไม่ตรงเวลาต้องให้ผู้สอนตามงาน มีส่วนร่วมในการนำเสนองานกลุ่ม และนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 23 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ได้ถูกต้อง และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้อง อธิบายหลักการการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลได้เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น และอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“ตั้งกล้องจุลทรรศน์ นำสไลด์มาวาง ค่อย ๆ หมุนปุ่มปรับภาพหยาบ ใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุด ปรับไดอะแฟรมให้แสงผ่าน เมื่อศึกษาเสร็จเรียบร้อยแล้วเก็บกล้อง”

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 23 ไม่สามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนไม่สามารถบอกสิ่งที่ตนเองไม่เข้าใจหรือสับสน และสิ่งที่ตนเองเรียนรู้อะไรบ้างหลังจากจบการเรียนในแต่ละหัวข้อได้ ซึ่งบางหัวข้อนักเรียนได้เขียนอธิบายในลักษณะข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 23 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ไม่ค่อยเข้าใจ (พอดีคาบที่อาจารย์สอนหนูเข้าช้าเลยไม่เข้าใจ)”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“ไม่ค่อยเข้าใจ (พอดีคาบที่อาจารย์สอนหนูเข้าช้าเลยไม่เข้าใจ)”*

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 6 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบ มีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อและคำตอบส่วนใหญ่ถูกต้องและชัดเจน มีการส่งใบกิจกรรมตามกำหนดเวลา และทำงานเรียบร้อยทั้งในห้องเรียนและนอกเวลาเรียน สามารถทำงานร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือประเด็นที่สงสัย

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 6 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ สามารถเปรียบเทียบภาพที่เกิดขึ้นและการเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาตัวอย่าง นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์และอธิบายวิธีใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ ในขณะที่หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะและที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง รวมถึงแยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนได้ ส่วนใหญ่เป็นลักษณะการตอบสั้น ๆ และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายหลักการการลำเลียงได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลได้ ยกเว้นการลำเลียงสารแบบฟาโกไซโทซิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

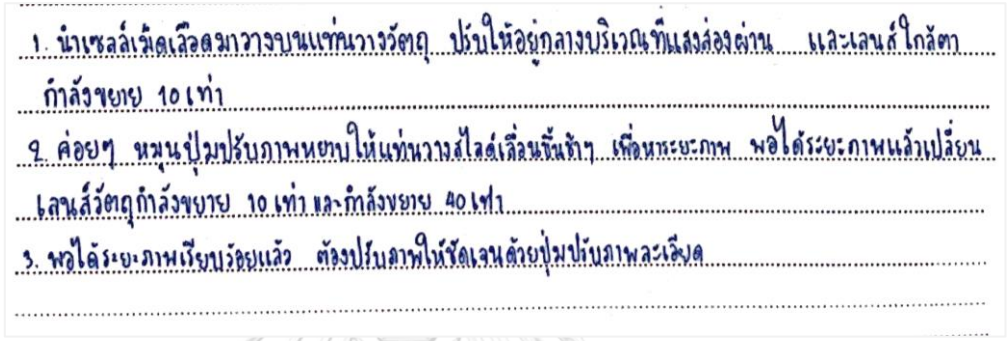
ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 6

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

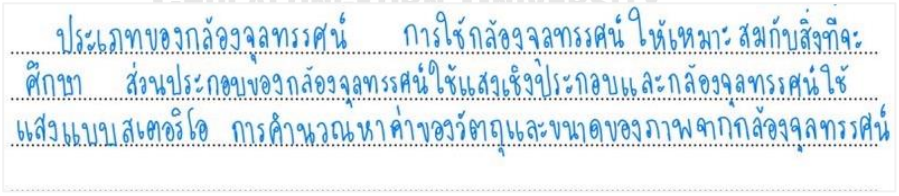
1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์



เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 6 กำกับการเรียนรู้ของตนเองได้เป็นบางหัวข้อ กล่าวคือ นักเรียนทราบการเรียนรู้ของตนเองและ บอกได้ว่าตนเองไม่เข้าใจหรือสับสนอย่างไรได้เป็นบางหัวข้อ ซึ่งบางหัวข้อนักเรียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 6 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์



นักเรียนหมายเลข 6 ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 15 และหมายเลข 25 คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นักเรียนส่งใบกิจกรรมในห้องเรียนส่งไม่ตรงเวลาช่วงแรกมีการติดตามงานตนเอง ช่วงหลังต้องให้ผู้สอนตามงานเป็นบางใบกิจกรรม อย่างไรก็ตามนักเรียนหมายเลข 25 นักเรียนเข้าเรียนครบทุกคาบ นักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเอง ส่วนนักเรียนหมายเลข 15 นักเรียนเข้าเรียนครบทุกคาบแต่เข้าเรียนเรียนบ้างเป็นบางคาบเรียน และทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 15 และหมายเลข 25 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ ยังไม่สามารถอธิบายวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ และหัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง แยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 15

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“นำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดวาง ปรับเลนส์ใกล้ตา 10 เท่า และเลนส์ใกล้วัตถุ 40 เท่า แล้วศึกษา”

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 25

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“1. วางกล้องให้อยู่บนฐานรองสม่ำเสมอ 2. หมุนเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุดมาอยู่ตรงกลางลำกล้อง 3. เปิดหลอดไฟให้แสงผ่านเข้าลำกล้องเต็มที่ 4. นำสไลด์ที่ศึกษามาวาง 5. มองผ่านเลนส์ใกล้ตา”

ในขณะที่ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 15 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้อง และอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น ส่วนนักเรียนหมายเลข 25 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้องและอธิบายหลักการการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลได้ และอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ เพียงบางสถานการณ์ด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 15 และหมายเลข 25 นักเรียนมีลักษณะการเขียนที่คล้ายคลึงกันไม่สามารถแสดงถึงการกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้ กล่าวคือ นักเรียนเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าตนเองเรียนรู้อะไรบ้างหลังจากจบการเรียนในแต่ละหัวข้อ รวมถึงประเด็นที่ไม่เข้าใจหรือสงสัยในใบกิจกิจกรรมสะท้อนคิดไม่สอดคล้องกับใบกิจกรรมที่ตรวจสอบความเข้าใจมโนทัศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 15 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ได้รู้สูตรการคำนวณการทดลองดูสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก”* ไม่พบประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ

นักเรียนหมายเลข 25 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ได้รู้วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ ได้รู้ชนิดกล้องจุลทรรศน์ ได้รู้ส่วนประกอบ”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“เกี่ยวกับการใช้นิดหน่อยค่ะ”*

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 14 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบ ลักษณะการทำใบกิจกรรมรวดเร็วและส่งใบกิจกรรมตามกำหนดเวลา มีการติดตามงานของตนเอง และนักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 14 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ ไม่สามารถวิเคราะห์การเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ได้ หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง รวมถึงแยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกและอธิบายได้ถูกต้อง และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายได้เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

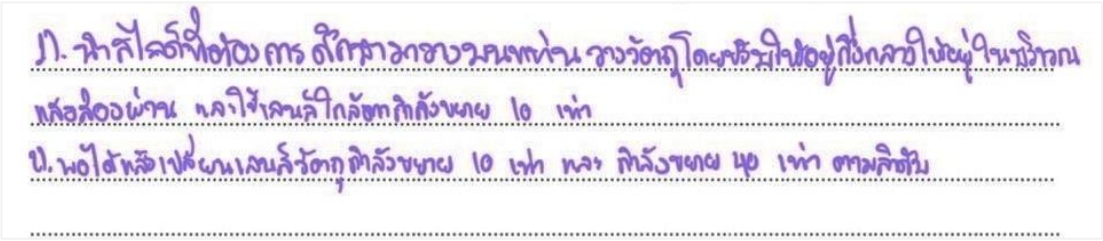
จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 14

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์



เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 14 กำกับการเรียนรู้ของตนเองได้เป็นบางหัวข้อ กล่าวคือ นักเรียนทราบการเรียนรู้ของตนเองและ บอกได้ว่าตนเองไม่เข้าใจหรือสับสนอย่างไรได้เป็นบางหัวข้อ ซึ่งบางหัวข้อนักเรียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 14 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“การทำงานต่าง ๆ ส่วนประกอบและหน้าที่แต่ละอย่างของแต่ละประเภทกล้องจุลทรรศน์”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“การปรับภาพและการคำนวณ”*

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 11 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบ มีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อ ส่งใบกิจกรรมตามกำหนดเวลาทั้งในห้องเรียนและนอกเวลาเรียน และนักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากการสุ่ม

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 11 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ถูกต้อง หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ได้ถูกต้อง รวมถึงสามารถแยกโครงสร้างที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายได้เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 11

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

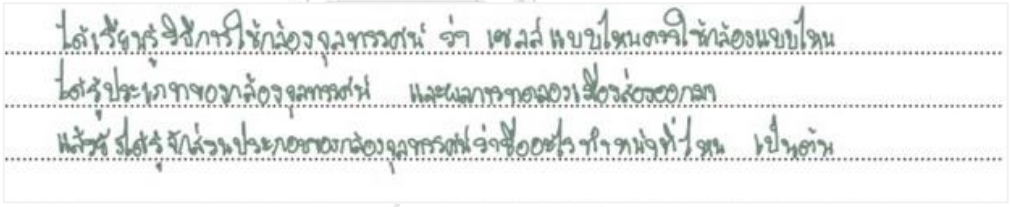
1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“กล้องจุลทรรศน์ใช้เลนสหลายอันและมีกำลังขยายต่าง ๆ ประกอบด้วยเลนส์ 2 ชุด เลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุ การหากำลังขยายของภาพคือ ผลคูณกำลังขยายเลนส์ใกล้ตาและกำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ”

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 11 กำกับการเรียนรู้ของตนเองได้เป็นบางหัวข้อ กล่าวคือ นักเรียนทราบการเรียนรู้ของตนเองและ บอกได้ว่าตนเองไม่เข้าใจหรือสับสนอย่างไรได้เป็นบางหัวข้อ ซึ่งบางหัวข้อนักเรียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 11 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นักเรียนหมายเลข 11 ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์

ลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียนหมายเลข 18 นักเรียนเข้าเรียนตรงเวลาและเข้าเรียนครบทุกคาบ มีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อ ส่งใบกิจกรรมตามกำหนดเวลาเป็นบางครั้ง แต่นักเรียนมีการติดตามงานของตนเอง และนักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือประเด็นที่สงสัย

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 18 มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ สามารถเปรียบเทียบภาพที่เกิดขึ้น การเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาตัวอย่างและความแตกต่างของกำลังขยาย นอกจากนี้สามารถวิเคราะห์กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้ หัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ นักเรียน มีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 3 นักเรียนระบุชื่อออร์แกเนลล์ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ได้ถูกต้อง รวมถึงสามารถแยกโครงสร้างที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ และหัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้อง และอธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 18

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“หยิบสไลด์วางที่แท่นวางวัตถุ ใช้เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า แล้วค่อย ๆ ปรับปุ่มภาพหยาบให้สไลด์เลื่อนขึ้นและใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า”

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 18 กำกับการเรียนรู้ของตนเองได้เป็นบางหัวข้อ กล่าวคือ นักเรียนทราบการเรียนรู้ของตนเองและ บอกได้ว่าตนเองไม่เข้าใจหรือสับสนอย่างไรได้เป็นบางหัวข้อ ซึ่งบางหัวข้อนักเรียนตอบเป็นข้อความสั้น ๆ เท่านั้น

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 18 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“วิธีการใช้ วิธีการปรับจุดต่าง ๆ รู้จักกล้องจุลทรรศน์ 2 แบบ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบกับกล้องจุลทรรศน์สเตอริ*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โอ รู้สูตรการคำนวณกำลังขยายของกล้อง กำลังขยายของภาพ คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ รู้การเห็นภาพที่ต่างกันระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงทั้ง 2 แบบ” ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“การคำนวณกำลังขยายของภาพเพราะคิดเลขไม่ค่อยเก่ง”*

นักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา มีจำนวน 2 คน ได้แก่ นักเรียนหมายเลข 13 และหมายเลข 26 มีลักษณะการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ นักเรียนทั้ง 2 คนเข้าเรียนไม่ครบทุกคาบมีเข้าเรียนสายหรือขาดเรียนบ้าง ไม่มีส่วนร่วมในการตอบคำถามเมื่อมีการเรียกชื่อ ส่งใบกิจกรรมไม่ตรงตามกำหนดเวลาในห้องเรียนและนอกเวลาเรียนและผู้สอนต้องตามงาน นักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้ดีทั้งในกรณีนักเรียนเลือกสมาชิกกลุ่มเองและกลุ่มที่มาจากผู้สอนกำหนด อย่างไรก็ตามในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับนักเรียนนั้นพบว่านักเรียนหมายเลข 13 นักเรียนจะแจ้งผู้สอนเมื่อมีปัญหาในการส่งใบกิจกรรม

เมื่อพิจารณาความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 13 และหมายเลข 26 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ได้ เปรียบเทียบภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ได้ รวมถึงวิเคราะห์และเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ในการศึกษาตัวอย่างได้

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

จากโจทย์ ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างในการศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 13

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“หยิบสไลด์วางที่วางวัตถุ และค่อย ๆ ปรับเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า และปรับเลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า”

ตัวอย่างการตอบของนักเรียนหมายเลข 26

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

“กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ”

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

“นำสไลด์เม็ดเลือดวางบนที่วางวัตถุและปรับเลนส์วัตถุ 40 เท่าแล้วปรับเลนส์ใกล้ตา 10 เท่าแล้วศึกษา”

ความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหัวข้อ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 13 และหมายเลข 26 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ในระดับเดียวกัน คือ ระดับที่ 3 กล่าวคือ นักเรียนระบุชื่อ ลักษณะเฉพาะ และหน้าที่ของออร์แกเนลล์ได้ถูกต้อง แยกโครงสร้างเซลล์ที่ไม่เข้าพวกได้ถูกต้องแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง หรือให้เหตุผลบางข้อไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรียน ในขณะที่หัวข้อ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนหมายเลข 13 และหมายเลข 26 มีความเข้าใจที่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนหมายเลข 13 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 4 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายหลักการการลำเลียงได้ทั้งการลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิล ส่วนนักเรียนหมายเลข 26 นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์ระดับที่ 2 นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ถูกต้อง อธิบายหลักการการลำเลียงโดยการสร้างเวสิเคิลได้เพียงบางสถานการณ์เท่านั้น

เมื่อพิจารณาการเขียนตอบในใบกิจกรรมสะท้อนคิด พบว่า นักเรียนหมายเลข 26 นักเรียนทราบการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละหัวข้อแต่อธิบายเป็นข้อความสั้น ๆ พร้อมประเด็นที่ไม่เข้าใจหรือสับสน ในขณะที่นักเรียนหมายเลข 13 สิ่งที่นักเรียนเขียนในใบกิจกรรมสะท้อนคิดนั้น สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้และประเด็นที่สงสัยมีความขัดแย้งกัน แสดงให้เห็นได้ว่านักเรียนไม่สามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเองได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างการตอบคำถามใบกิจกรรมสะท้อนคิด

นักเรียนหมายเลข 13 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ได้รู้วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ รู้ว่าอันไหนใช้ศึกษาอะไร รู้วิธีการเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“ที่ให้คำนวณหาค่าต่าง ๆ เพราะหนูอ่านโจทย์ไม่แตกไม่เข้าใจ”*

นักเรียนหมายเลข 26 สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หัวข้อ กล้องจุลทรรศน์ *“ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ วิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์ วิธีการเก็บกล้องจุลทรรศน์”* ประเด็นที่นักเรียนไม่เข้าใจ *“ไม่เข้าใจทุกประเด็นเลยค่ะ”*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นมีรูปแบบวิจัยแบบหนึ่งกลุ่มทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2564 จำนวน 28 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 9 จังหวัดสุพรรณบุรี เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมดจำนวน 16 คาบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการเก็บข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา คือ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา แล้วนำมาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมบ่งชี้ในแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน เพื่อระบุระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา หลังจากนั้นผู้วิจัยนำคำตอบในใบกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนในคาบเรียนนั้น นำมาวิเคราะห์ร่วมกับบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนของผู้สอนซึ่งแสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ การทำงานร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน และการเขียนในใบกิจกรรมสะท้อนคิดและประเมินตนเองของนักเรียนที่แสดงถึงการกำกับการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละหัวข้อที่เรียน การวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนรายบุคคลผู้วิจัยนำเสนอโดยจัดกลุ่ม 3 แบบ ได้แก่ 1) นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา 3 ระดับ 2) นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา 1 ระดับ และ 3) นักเรียนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

1. หลังจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แบบภาพรวมนักเรียนมีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีวิทยาเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน คิดเป็นร้อยละ 42.86 รองลงมาระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ระดับที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง คิดเป็นร้อยละ 32.14 และอยู่ระดับที่ 5 แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม คิดเป็นร้อยละ 25 ตามลำดับ

2. หลังจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถสรุปความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาได้ 3 แบบ ได้แก่ นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป มีจำนวน 14 คน นักเรียนที่มีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาเพิ่มขึ้น 1 ระดับ มีจำนวน 12 คน และนักเรียนที่ไม่เปลี่ยนแปลงระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา มีจำนวน 2 คน

อภิปรายผล

จากการวิจัยผลการใช้วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น มาจากเหตุผล 2 ประการ ดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 การเขียนสะท้อนคิด

การจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิดหลังจบบทเรียนทุกครั้งเพื่อสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง Baron (1981); Demmans Epp et al. (2019) การเขียนสะท้อนคิดเป็นวิธีการหนึ่งที่เพิ่มองค์ความรู้และศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงการสะท้อนคิดเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของการเรียนรู้ช่วยทำให้นักเรียนเกิดการรู้คิด (metacognition) จะตระหนักการเรียนรู้ของตนเอง ได้มีเวลาทบทวนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองในแต่ละหัวข้อที่เรียน และสามารถกำหนดแนวทางหรือเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้น

การวิจัยครั้งนี้การเขียนสะท้อนคิดมีกรอบคำถามที่กำหนดไว้ คือ สิ่งที่นักเรียนทราบแล้วก่อนเรียน สิ่งที่นักเรียนสับสนหรือไม่เข้าใจระหว่างเรียน และสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้หลังเรียนจบในแต่ละหัวข้อ ลักษณะของใบกิจกรรมให้นักเรียนเขียนสะท้อนคิดการเรียนรู้ของตนเองหลังจบหัวข้อนั้นทั้งหมดจำนวน 3 หัวข้อ 1) ใบกิจกรรมกล้องจุลทรรศน์ นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองพร้อมเขียนประเด็นที่ยังไม่เข้าใจหรือสับสน (muddiest point) 2) ใบกิจกรรมโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ ต้องการให้นักเรียนอธิบายการเรียนรู้ตนเอง นักรียนรู้อะไรบ้างแล้ว ต้องการเรียนรู้อะไรบ้างและหลังเรียนหัวข้อนี้นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้าง (K-W-L variations) และ 3) ใบกิจกรรมการลำเลียง

สารเข้าและออกจากเซลล์ นักเรียนเขียนอธิบายการเรียนรู้ตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน (I used to think.....but now I know) เพื่อทราบการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของนักเรียน

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนสะท้อนคิดนั้นผู้สอนสามารถให้นักเรียนสะท้อนคิดได้หลากหลายวิธี ได้แก่ การเขียนอนุทินการเรียนรู้ (learning journal) การเขียนแผนผัง (concept map) การใช้คำถาม (question) การตอบคำถามด้วยตนเอง (self-question) การเรียนรู้แบบเจรจาต่อรอง (negotiated learning) และการประเมินตนเอง (self-assessment) จากที่กล่าวมานี้การเขียนอนุทินการเรียนรู้เป็นที่นิยมและมีประสิทธิภาพในการสะท้อนคิด เนื่องจากการเขียนช่วยให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ของตนเอง (Ersözlü and Arslan, 2009) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Han et al. (2018) มีการประเมินการเขียนสะท้อนคิดของนักเรียนเป็นรายบุลคล พบว่า การเขียนสะท้อนคิดช่วยให้นักเรียนพัฒนาด้านความรู้ และเกิดความความเข้าใจในระดับที่สูงขึ้น กล่าวได้ว่าถ้านักเรียนเขียนสะท้อนคิดที่ผ่านกระบวนการคิดและไตร่ตรองการเรียนรู้ของตนเองอย่างถี่ถ้วน ทราบได้ว่าตนเองต้องปรับปรุงการเรียนรู้อะไรบ้างและมีแนวทางอย่างไรในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้เข้าใจได้อย่างชัดเจน เพื่อบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้

ประการที่ 2 การตรวจสอบความเข้าใจและวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเอง

วงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้ 5E และการจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ มีการนำใบกิจกรรมหรือเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน (Formative Assessment Classroom Techniques; FACTs) มาใช้ในวงจรการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Keeley, 2015) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Babinčáková et al. (2020) มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การให้ตัดสินข้อความถูกหรือผิด (justified true or false statement) เฟร์เยอร์โมเดล (frayer model) การประเมินตนเอง K-W-L (K-W-L chart) แผนผังมโนทัศน์ (concept map) เป็นต้น พบว่า เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้นั้นให้ผลลัพท์การเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะที่สูงขึ้น รวมถึงนักเรียนมี เจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในบทเรียน และการประเมินระหว่างเรียน

การจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ซึ่งในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ มีการนำใบกิจกรรมและเทคนิคสำคัญมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการประเมินเพื่อ

การเรียนรู้ (assessment for learning) Cambridge Assessment International Education (2022) มีลักษณะเทียบเคียงกับการประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) เป็นการบูรณาการการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ เน้นให้ข้อมูลป้อนกลับระหว่างที่จัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนและผู้สอนเพื่อนำมาพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน และเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนคาบถัดไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tarmo (2021) มีการนำเทคนิคการประเมินเพื่อการเรียนรู้มาบูรณาการในการจัดการเรียนการสอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษตอนต้น วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างเซลล์และออร์เกเนลล์ เทคนิคประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้ ได้แก่ การใช้คำถามและให้เวลานักเรียนในการคิดเพื่อตอบคำถาม โครงการขนาดเล็ก รายงานการนำเสนองาน รายการตรวจสอบแบบสังเกต ใบกิจกรรม และการเขียนหรือพูดในการให้ข้อมูลป้อนกลับ ผลการวิจัยพบว่าการบูรณาการการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการประเมินเพื่อการเรียนรู้ส่งเสริมการเรียนรู้และมีส่วนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ให้นักเรียนตรวจสอบสอบความเข้าในการเรียนรู้ผ่านการทำใบกิจกรรม จำนวนทั้งหมด 3 หัวข้อ 1) ใบกิจกรรมกล้องจุลทรรศน์ คือ การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation analysis) มีการนำเสนอข้อมูลลักษณะรูปภาพที่สื่อถึงแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เรียนมา 2) ใบกิจกรรมเซลล์และโครงสร้างของเซลล์ การคัดเลือกข้อความที่ไม่เข้าพวก (Odd One Out) คัดเลือกข้อความที่ไม่เข้าพวกพร้อมอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และเฟร์เยอร์โมเดล (Frayer Model) ให้นักเรียนอธิบายข้อมูลนิยามศัพท์ หรืออธิบายถึงลักษณะสำคัญ หน้าที่ รวมถึงยกตัวอย่าง ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน และ 3) ใบกิจกรรมการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ มีสถานการณ์ให้นักเรียนเลือกตอบว่าสถานการณ์นั้นถูกต้องหรือไม่ พร้อมอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Justified True or False Statement) (Keeley, 2015)

ใบกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะที่นำมาใช้ระหว่างจัดการเรียนการสอนที่กล่าวมาข้างต้นนั้น นอกจากนักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจในการเรียนรู้ของตนเองแล้ว ครูผู้สอนสามารถใช้สำหรับการประเมินเพื่อการเรียนรู้ และเป็นหลักฐานแสดงความเข้าใจในการเรียนรู้ ทำให้ผู้สอนสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับการเรียนรู้ในหัวข้อนั้นกับนักเรียนได้ถูก และนำมาเป็นแนวทางในปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน และหาวิธีเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษณา ชินสิญจน์ และคณะ (2558) ได้พัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบ PERFECT มีการประเมินความก้าวหน้าจากแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างเรียนมีตรวจสอบความความรู้

ความเข้าใจ กระบวนการ และทักษะ หลังจากการใช้รูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับ พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 มีพัฒนาการเรียนรู้ในระดับดี ส่วนนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีพัฒนาการเรียนรู้ระดับค่อนข้างดี และช่วยให้พัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทเรียนแรกนักเรียนบางคนมีลักษณะการเขียนการสะท้อนคิดเป็นข้อความสั้น ๆ ไม่ได้เขียนอธิบายแสดงถึงความรู้หรือความเข้าใจ ทำให้ผู้สอนไม่ทราบการเรียนรู้ของนักรียนเป็นอย่างไรบ้าง ผู้วิจัยเสนอแนะให้ครูผู้สอนควรแนะนำและแสดงตัวอย่างการเขียนสะท้อนคิดแก่นักเรียน 2-3 ครั้ง นักเรียนสามารถขยายความคิดและความเข้าใจของตนเองได้อย่างชัดเจน

2. การวิจัยครั้งนี้มีการนำเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ทั้งหมด 18 เทคนิค มีข้อสังเกตนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา การนำเทคนิคการใช้คำถามเชิงลึก และนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม มาใช้นั้นนักเรียนไม่คุ้นเคยอาจจะให้ระยะเวลานักเรียนในการคิดหรือให้โจทย์คำถามล่วงหน้าให้นักเรียนมีเวลาเตรียมตัว และหาข้อมูลนำมาอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน

3. เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้ทั้งหมด 18 เทคนิค เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ไม่เหมาะสม ได้แก่ การนำเทคนิคการใช้คำถามเชิงลึก (Juicy Questions) และนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม (Pass The Question) เนื่องมาจากนักเรียนไม่คุ้นเคยอาจจะให้ระยะเวลานักเรียนในการคิด หรือให้โจทย์คำถามล่วงหน้าให้นักเรียนมีเวลาเตรียมตัว และหาข้อมูลนำมาอภิปรายร่วมกันในห้องเรียน เทคนิการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้เหมาะสมและสะท้อนการการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายบุคคลได้ดี ได้แก่ การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation Analysis) การให้ตัดสินข้อความถูกหรือผิด (Justified True or False Statement) นักเรียนมีการเรียนรู้ที่ชัดเจน (Muddiest Point) นักเรียนได้วิเคราะห์โจทย์ และอธิบายด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เป็นการตรวจสอบความเข้าใจระหว่างเรียน และทราบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ของ

นักเรียนใบสะท้อนคิดได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนประเด็นที่ไม่เข้าใจและสงสัยจะสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจบบทเรียนนั้น

4. การคัดเลือกเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนมาใช้นั้นต้องพิจารณาและคัดเลือกให้เหมาะสมสอดคล้องกับบทเรียน ขั้นตอนวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่สำคัญต้องสะท้อนความเข้าใจและความคลาดเคลื่อนในการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อนำมาพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ขณะที่เก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยสังเกตเห็นเมื่อมีการทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนมีการแบ่งงานกันภายในกลุ่ม รวมถึงมีส่วนร่วมในการอภิปราย ส่งผลให้งานบรรลุเป้าหมายได้อย่างราบรื่น ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนะควรศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Alonzo, A. C., Neidorf, T., & Anderson, C. W. (2012). Using learning progressions to inform large-scale assessment. In *Learning progressions in science* (pp. 211-240). Brill Sense.

Babinčáková, M., Ganajová, M., Sotáková, I., & Bernard, P. (2020). INFLUENCE OF FORMATIVE ASSESSMENT CLASSROOM TECHNIQUES (FACTs) ON STUDENT'S OUTCOMES IN CHEMISTRY AT SECONDARY SCHOOL. *Journal of Baltic Science Education*, 19(1), 36-49. https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.36

Baron, J. (1981). Reflective thinking as a goal of education. *Intelligence*, 5(4), 291-309. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0160-2896(81)90021-0

Biggs, J., & Tang, C. (2003). *Teaching for quality learning at university* Open University press.

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). *Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)*. Academic Press.

Bravo-Torija, B., & Jiménez-Aleixandre, M.-P. (2018). Developing an Initial Learning Progression for the Use of Evidence in Decision-Making Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 619-638. https://doi.org/10.1007/s10763-017-9803-9

Breslyn, W., McGinnis, J. R., McDonald, R. C., & Hestness, E. (2016). Developing a learning progression for sea level rise, a major impact of climate change. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(10), 1471-1499.

Cambridge Assessment International Education. (2022). *Getting started with assessment for Learning*. https://cambridge-community.org.uk/professional-development/gswafl/index.html

Ceran, S. A., & Salih, A. (2019). The effects of 5e model supported by life based contexts on the conceptual understanding levels measured through different techniques. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 5(2), 227-243.

Corcoran, T. B., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). Learning progressions in science: An

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

evidence-based approach to reform.

Council, N. R. (1996). *National science education standards*. National Academies Press.

Darmofal, D. L., Soderholm, D. H., & Brodeur, D. R. (2002, 6-9 Nov. 2002). Using concept maps and concept questions to enhance conceptual understanding. 32nd Annual Frontiers in Education,

Demmans Epp, C., Akcayir, G., & Phirangee, K. (2019). Think twice: exploring the effect of reflective practices with peer review on reflective writing and writing quality in computer-science education. *Reflective Practice*, 20(4), 533-547. https://doi.org/10.1080/14623943.2019.1642189

Duncan, R., & Hmelo-Silver, C. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 606-609. https://doi.org/10.1002/tea.20316

Duncan, R. G., & Hmelo‐Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. In (Vol. 46, pp. 606-609): Wiley Online Library.

Elisa, N., Kusairi, S., Sulur, S., & Suryadi, A. (2019). The Effect of Assessment for Learning Integration in Scientific Approach Towards Students' Conceptual Understanding on Work and Energy. *Momentum: Physics Education Journal*, 103-110. https://doi.org/https://doi.org/10.21067/mpej.v3i2.3761

Ersözlü, Z. N., & Arslan, M. (2009). The effect of developing reflective thinking on metacognitional awareness at primary education level in Turkey. *Reflective Practice*, 10(5), 683-695. https://doi.org/10.1080/14623940903290752

Gotwals, A. W. (2012). Learning progressions for multiple purposes: Challenges in using learning progressions. In *Learning progressions in science* (pp. 461-472). Brill Sense.

Grigg, L. (2014). *Teaching for conceptual understanding*. https://blogs.ulethbridge.ca/teachingcentre/2014/08/29/teaching-for-conceptual-understanding/

Gunckel, K. L., Covitt, B. A., Salinas, I., & Anderson, C. W. (2012). A learning progression for water in socio‐ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 843-868.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Han, N. S., Li, H. K., Sin, L. C., & Sin, K. P. (2018). The evaluation of students' written reflection on the learning of general chemistry lab experiment. *MOJES: Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 2(4), 45-52.

Jin, H., & Anderson, C. W. (2012). Developing assessments for a learning progression on carbon-transforming processes in socio-ecological systems. In *Learning progressions in science* (pp. 149-181). Brill Sense.

Jin, H., van Rijn, P., Moore, J. C., Bauer, M. I., Pressler, Y., & Yestness, N. (2019). A validation framework for science learning progression research. *International Journal of Science Education*, 41(10), 1324-1346. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1606471

Keeley, P. (2015). *Science formative assessment, volume* 1: 75 *practical strategies for linking assessment, instruction, and learning*. Corwin Press.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. NSTA Press, National Science Teachers Association Arlington.

Large, P. (2013). *Complete Biology for Cambridge Lower Secondary* 1: *Cambridge Checkpoint and beyond*. Oxford University Press-Children.

Leahy, L. T., Lyon, C., & Thompson, M. a. W., D (2005). Classroom assessment minute by minute, Day by Day. *Educational Leadership*, 63(3), 19-24.

Merritt, J., Krajcik, J., & Shwartz, Y. (2008). Development of a learning progression for the particle model of matter.

Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of biological education*, 35(3), 118-124. https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655759

National Center for Education progress. (2003). *Mathematical Abilities*. https://nces.ed.gov/nationsreportcard/mathematics/abilities.aspx

National Research Council. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School: Expanded Edition*. The National Academies Press. https://doi.org/doi:10.17226/9853

National Research Council. (2001). *Knowing what students know: The science and design of education assessment*. National Acadermies Press.

National Research Council. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

science in grades K-8. National Academies Press.

National Research Council Mathematics Learning Study Committee. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academies Press.

Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2008). Measuring knowledge of natural selection: A comparison of the CINS, an open-response instrument, and an oral interview. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(10), 1131-1160.

Oyinloye, O. M., & Imenda, S. N. (2019). The Impact of Assessment for Learning on Learner Performance in Life Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(11).

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), es2.

Rittle-Johnson, B., & Schneider, M. (2015). Developing conceptual and procedural knowledge of mathematics. *Oxford handbook of numerical cognition*, 1118-1134.

Sendur, G., & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 431-449.

Shea, N. A., & Duncan, R. G. (2013). From theory to data: The process of refining learning progressions. *Journal of the Learning Sciences*, 22(1), 7-32.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W., & Krajcik, J. (2006). FOCUS ARTICLE: Implications of Research on Children's Learning for Standards and Assessment: A Proposed Learning Progression for Matter and the Atomic-Molecular Theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 4(1-2), 1-98. https://doi.org/10.1080/15366367.2006.9678570

Tarmo, A. (2021). Integrating Assessment for Learning into the Teaching and Learning of Secondary School Biology in Tanzania. *Center for Educational Policy Studies Journal*. https://doi.org/10.26529/cepsj.958

Ummels, M. H., Kamp, M. J., De Kroon, H., & Boersma, K. T. (2015). Promoting

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

conceptual coherence within context-based biology education. *Science education*, 99(5), 958-985.

Wardani, T., Widodo, A., & Winarno, N. (2017). Using inquiry-based laboratory activities in lights and optics topic to improve students' conceptual understanding. Journal of Physics: Conference Series,

Westbrook, S. L., & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(1), 51-61.

White, R., & Gunstone, R. (2014). *Probing understanding*. Routledge.

Wilson, M. (2004). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach: An Item Response Modeling Approach*. Routledge.

Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(6), 716-730.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กฤษณา ชินสิญจน์ และคณะ. (2558). การพัฒนารูปแบบการประเมินเพื่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, *5(9)*, (57-72). https://doi.org/https://doi.org/10.14456/gnru.2015.17

ชนาธิป พรกุล. (2557). *การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนิสรา ผลจันทร์ และคณะ. (2562). การวิเคราะห์โมเดลราส์ชเพื่อตรวจสอบแผนที่โครงสร้างและสำรวจแนวคิดหน่วยการเรียนรู้ระบบประสาทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 11*, *1(11)*,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(251-263). สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://www.journalgrad.ssru.ac.th/index.php/8thconference/article/view/2191

ชัยยุทธ สุขวัจนี. (2558). *ผลของการใช้รูปแบบการเปลี่ยนมโนทัศน์ของสเตแพนส์ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51310

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2561). *การสร้างเครื่องมือวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนาศักดิ์ กองโกย และคณะ. (2561). ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง วัฏจักรคาร์บอน ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะ. *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, (74-81). สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://doi.org/10.14457/KU.res.2018.31

นรา เขียวลิ้ม. (2556). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแผนผังแนวคิด [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์] Digital Research Information Center. https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/272017

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรณิชา พรหมเสนา. (2560). ผลการใช้รูปแบบการสอนการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ของคูรัลและโคคาคูลาที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย] Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). https://cuir.car.chula.ac.th/bitstream/123456789/60725/1/5883426527.pdf

พัชรมัย นิ่มละออ. (2560). ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย] Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR). http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/55712

พุฒธิดา รัมมะฉัตร และคณะ. (2562). การทดสอบแผนที่โครงสร้างเชิงสันนิษฐานแนวคิด เรื่อง การ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติครั้งที่ 11*, (288-299). สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://www.journalgrad.ssru.ac.th/index.php/8thconference/article/view/2194

วรรณวิภา อนุกูลสวัสดิ์ และคณะ. (2555). แนวคิดเรื่องเซลล์และโครงสร้างเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, (96-104). สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. https://kukrdb.lib.ku.ac.th/proceedings/KUCON/search_detail/result/13089

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน* PISA *2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์).* https://pisathailand.ipst.ac.th/isbn-9786163627179/

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ องค์กรมหาชน. (2562). *สถิติผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติพื้นฐาน* (O-NET) *ย้อนหลัง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปี 2557-2560*. https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3865

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 1*. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2559). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 12). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐานและแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ภาควิชาการศึกษา
   คณะศึกษาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อาจารย์ ดร.สุฑามาศ นิยมพานิช ภาควิชาชีววิทยา
   คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ครูกัญญาภัทร คำภิภาค ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย
   สุพรรณบุรี

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ภาควิชาการศึกษา
   คณะศึกษาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อาจารย์ ดร.สุฑามาศ นิยมพานิช ภาควิชาชีววิทยา
   คณะวิทยาศาสตร์
   มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. ครูกัญญาภัทร คำภิภาค ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย
   สุพรรณบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา
2. เกณฑ์การประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้มโนทัศน์ชีววิทยา (แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาชุดนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ 40 คะแนน ประกอบด้วย 3 แนวคิด ดังต่อไปนี้
   1) กล้องจุลทรรศน์ จำนวน 3 ข้อ
   2) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ จำนวน 3 ข้อ
   3) การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ จำนวน 4 ข้อ
2. ให้นักเรียนอ่านคำถามทุกข้ออย่างละเอียดรอบคอบแล้วตอบคำถาม โดยคำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
3. ระยะเวลาในการทำแบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา 1 ชั่วโมง 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิด เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

1. จากโจทย์ที่กำหนดให้นักเรียนระบุชื่อส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ (2 คะแนน)

1.1 หลังจากที่นักเรียนปรับปุ่มปรับภาพหยาบจนมองเห็นตำแหน่งภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้วหากต้องการให้ภาพมีความคมชัดขึ้น ต้องปรับส่วนประกอบใดของกล้องจุลทรรศน์ (1 คะแนน)

.....

1.2 ในการศึกษาเซลล์เยื่อบุข้างแก้มที่ไม่ได้ย้อมด้วยสารละลายไอโอดีนซึ่งมีความบางและใส หากนักเรียนต้องการเห็นเซลล์เยื่อบุข้างแก้มให้ชัดเจนขึ้น ต้องปรับส่วนประกอบใดของกล้องจุลทรรศน์ (1 คะแนน)

.....

2. ในการศึกษาแผ่นสไลด์ที่ติดตัวอักษร **ส** โดยใช้เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า (10X) และเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า (40X) โดยมีข้อคำถามดังต่อไปนี้ (6 คะแนน)

2.1 ภาพตัวอักษรที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์มีกำลังขยายกี่เท่า แสดงสูตรที่ใช้คำนวณพร้อมวิธีการคำนวณ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 อธิบายวิธีการศึกษาแผ่นสไลด์ที่ติดตัวอักษร **ส** ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พอสังเขป (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

2.3 ถ้านักเรียนนำตัวอักษร **ส** ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ภาพที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้านักเรียนต้องการศึกษาโครงสร้างสไปโรไจราที่แสดงดังภาพด้านล่างนี้ นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ใดในการศึกษาครั้งนี้ อธิบายเหตุผลในการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดที่นักเรียนเลือก และภาพที่นักเรียนเห็นสไปโรไจราภายใต้กล้องจุลทรรศน์มีลักษณะเป็นอย่างไร (3 คะแนน)

ภาพที่ 1 สไปโรไจรา
ที่มา: http://www.microscopy-uk.org.uk

.....

.....

.....

.....

.....

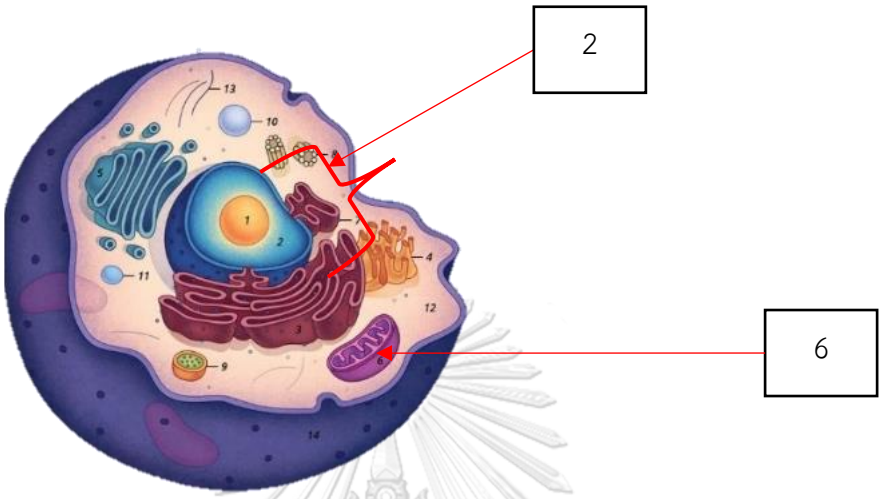
.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิด เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์

1. ให้นักเรียนระบุชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษออร์แกเนลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายลักษณะและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ (12 คะแนน)



ภาพที่ 2 โครงสร้างเซลล์สัตว์

ที่มา: https://pin.it/386ujaC

1.1 หมายเลข 2 คือ ..... (1 คะแนน)

ลักษณะและหน้าที่สำคัญ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 หมายเลข 6 คือ ..... (1 คะแนน)

ลักษณะและหน้าที่สำคัญ (2 คะแนน)

.....

.....

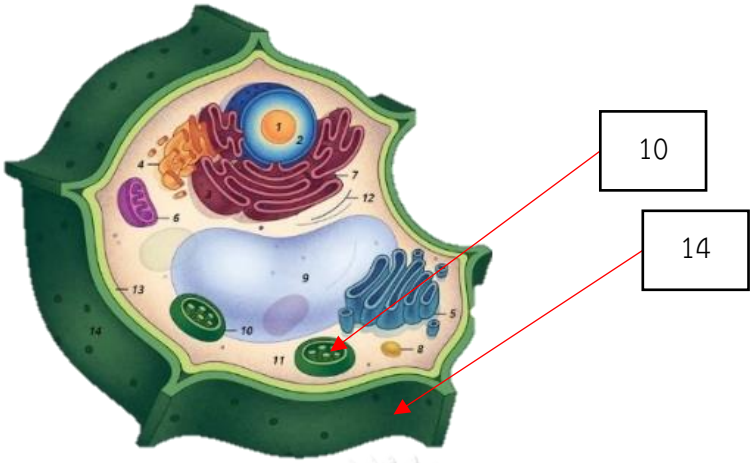
.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3 โครงสร้างเซลล์พืช
ที่มา: https://pin.it/2O2pA4m

1.3 หมายเลข 10 คือ ..... (1 คะแนน)
ลักษณะและหน้าที่สำคัญ (2 คะแนน)

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

1.4 หมายเลข 14 คือ..... (1 คะแนน)
ลักษณะและหน้าที่สำคัญ (2 คะแนน)

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

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและสัตว์ มีประเด็นการเปรียบเทียบแสดงในตารางด้านล่าง โดยออร์แกเนลล์ที่นำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ คลอโรพลาสต์ เซนทริโอล แวคิวโอล และไลโซโซม (3 คะแนน)

ประเด็น	เซลล์พืช	เซลล์สัตว์
ลักษณะรูปร่างเซลล์		
โครงสร้างเซลล์		
ออร์แกเนลล์		

3. การสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์จำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของออร์แกเนลล์ใดบ้าง และออร์แกเนลล์ดังกล่าวมีการทำงานร่วมกันอย่างไร (4 คะแนน)

3.1 การสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์จำเป็นต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของออร์แกเนลล์ใดบ้าง (ระบุชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) (1 คะแนน)

.....

.....

.....

3.2 ออร์แกเนลล์ดังกล่าวมีการทำงานร่วมกันอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

แนวคิด เรื่อง การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์

1. จากโจทย์ที่กำหนดด้านล่างให้นักเรียนระบุรูปแบบการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ (2 คะแนน)

1.1 การเคลื่อนที่ของสารผ่านระหว่างโมเลกุลในชั้นลิพิดจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ (1 คะแนน)

.....

1.2 การนำสารเข้าสู่เซลล์โดยเยื่อหุ้มเซลล์เว้าเข้าไปในไซโทพลาซึมกลายเป็นถุงเวสิเคิล แล้วหลุดเข้าไปในไซโทพลาซึม ตัวอย่างเช่น เซลล์เยื่อบุผิวของลำไส้เล็ก และการลำเลียงสารที่หน่วยไต (1 คะแนน)

.....

2. ให้นักเรียนอธิบายกระบวนการฟาโกไซโทซิส พร้อมยกตัวอย่างการทำงานของเซลล์ที่มีกระบวนการนี้ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ให้นักเรียนเปรียบเทียบกลไกการแพร่แบบธรรมดา การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต โดยมีประเด็นการเปรียบเทียบแสดงในตารางด้านล่าง ดังต่อไปนี้ (3 คะแนน)

ประเด็น	การแพร่แบบธรรมดา	การแพร่แบบฟาซิลิเทต	แอกทีฟทรานสปอร์ต
กลไกการลำเลียง			
ทิศทางการลำเลียง			
การใช้พลังงานจาก ATP			

4. ถ้าครูนำผักและผลไม้ที่เหี่ยวไปแช่ในน้ำ จากสถานการณ์ดังกล่าวนี้จะเกิดกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์รูปแบบใด พร้อมอธิบายกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซล์ และสรุปผลที่เกิดขึ้นกับผักและผลไม้หลังนำไปแช่น้ำ (3 คะแนน)

4.1 จากสถานการณ์จะเกิดกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์รูปแบบใด (1 คะแนน)

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 อธิบายกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซล์ และสรุปผลที่เกิดขึ้นกับผักและผลไม้หลังนำไปแช่น้ำ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนผังโครงสร้างเชิงสันนิษฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

(ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ)

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้	มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับแนวคิดที่ 5 แนวคิดต่อขยายเชิงนามธรรม (Extended abstract)	1) สามารถเชื่อมโยงความรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2) สามารถสรุปอ้างอิงโดยใช้ความรู้มโนทัศน์ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับแนวคิดที่ 4 แนวคิดที่มีความสัมพันธ์กัน (Relational)	1) เปรียบเทียบภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2) เปรียบเทียบลักษณะและโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 3) เปรียบเทียบการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงานและไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ 4) เปรียบเทียบการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสและการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส
ระดับแนวคิดที่ 3 แนวคิดที่มากกว่าหนึ่งมุมมอง (Multistructural)	1) คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์หรือหาขนาดภาพที่เกิดขึ้นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 2) อธิบายวิธีการศึกษาตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3) อธิบายลักษณะสำคัญและหน้าที่ของโครงสร้างที่พบในเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 4) อธิบายการกลไกการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์แบบใช้พลังงาน และไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ 5) อธิบายกลไกการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสและการลำเลียงสารออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ **(ต่อ)**

ระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้	**มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์**
ระดับแนวคิดที่ 2 แนวคิดที่มีหนึ่งมุมมอง (Unistructural)	1) ระบุชื่อส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ 2) เขียนสูตรการคำนวณภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 3) ระบุชื่อโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 4) ระบุชื่อการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ แบบใช้พลังงานและไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ 5) ระบุชื่อการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส
ระดับแนวคิดที่ 1 โครงสร้างพื้นฐาน (Prestructural)	การตอบคำถามมีความคลาดเคลื่อนในประเด็นที่สำคัญหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนจัดการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้และเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

กิจกรรมการเรียนรู้	เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน
ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม (10 นาที) การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อมด้วยการใช้คำถามก่อนเริ่มเข้าสู่บทเรียน	การสร้างความสนใจผ่านการใช้คำถาม (Pass The Question)
ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม (20 นาที) ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนวาดภาพตัวอักษรที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	การอธิบายภาพวาด (Annotated Student Drawing)
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (270 นาที) ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหามี 3 ตอน ในแต่ละขั้นตอนจะต่อด้วยขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ <u>การทดลอง 3.1</u> การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง	
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (ตอนที่ 1) (60 นาที) การทดลองตอนที่ 1 เพื่อศึกษาภาพอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม (Question Generating)
ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (ตอนที่ 1) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 1 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน	การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation analysis)
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (ตอนที่ 2) (70 นาที) การทดลองตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ	นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม (Question Generating)
ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (ตอนที่ 2) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 2 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน	การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation analysis)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 แสดงกิจกรรมการเรียนรู้และเทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	เทคนิคการประเมินระหว่างเรียน
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (ตอนที่ 3) (50 นาที) การทดลองตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ **ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ** (ตอนที่ 3) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 3 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน **ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับการพัฒนา เช่น** 1) การทดลอง 2) การสังเกต 3) การจำแนกประเภท 4) การลงความเห็นจากข้อมูล 5) การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ด้านทักษะชีวิตและอาชีพ 1) มีความยืดหยุ่นและปรับตัว 2) มีความรับผิดชอบ ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 1) สามารถสื่อสารและให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม	การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน (think pair share) การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน (think pair share)
ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (10 นาที) สรุปรวมการทดลอง 1.3 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง	การสร้างความสนใจผ่านการใช้คำถาม (Pass The Question)
ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ (30 นาที) นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ที่ครูกำหนดแล้วตอบคำถามโดยใช้ความรู้ เรื่อง กล้องจุลทรรศน์	การพิสูจน์เรื่องราว (Refutations)
ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง (20 นาที) นักเรียนสะท้อนคิดและประเมินการเรียนรู้ของตนเอง เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ **ทักษะกระบวนการที่นักเรียนได้รับการพัฒนา** เช่น 1) การริเริ่มและกำกับดูแลตนเอง	นักเรียนมีการเรียนรู้ที่ชัดเจน (Muddiest Point)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 แสดงลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (online) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

กิจกรรมการเรียนรู้	online
ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม (10 นาที) การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อมด้วยการใช้คำถามก่อนเริ่มเข้าสู่บทเรียน	การใช้คำถามในห้องเรียน
ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม (20 นาที) ตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยให้นักเรียนวาดภาพตัวอักษรที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ	นักเรียนวาดภาพใส่กระดาษพร้อมแชร์ผ่านหน้าจอพร้อมกัน
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (280 นาที) ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหามี 3 ตอน ในแต่ละขั้นตอนจะต่อด้วยขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ <u>การทดลอง 3.1</u> การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง **ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา** (ตอนที่ 1) (60 นาที) การทดลองตอนที่ 1 เพื่อศึกษาภาพอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ **ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ** (ตอนที่ 1) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 1 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน **ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา** (ตอนที่ 2) (70 นาที) การทดลองตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ **ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ** (ตอนที่ 2) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 2 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน	- ศึกษากิจกรรมการทดลองผ่านคลิปวีดิโอ - ตอบคำถามใบกิจกรรมที่ 1 - ทำใบกิจกรรมที่ 4 การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน - ส่งใบกิจกรรมผ่าน Google classroom หรือ Google drive - ศึกษากิจกรรมการทดลองผ่านคลิปวีดิโอ - ตอบคำถามใบกิจกรรมที่ 2 - ทำใบกิจกรรมที่ 5 การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน - ส่งใบกิจกรรมผ่าน Google classroom หรือ Google drive

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 13 แสดงลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (online) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	online
ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (ตอนที่ 3) (50 นาที) การทดลองตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ **ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ** (ตอนที่ 3) (30 นาที) สรุปการทดลองตอนที่ 3 และตรวจสอบความเข้าใจด้วยเทคนิคการประเมินระหว่างเรียน	- ศึกษากิจกรรมการทดลองผ่านคลิปวีดิโอ - ทำใบกิจกรรมที่ 3 การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน - ส่งใบกิจกรรมผ่าน Google classroom หรือ Google drive
ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (10 นาที) สรุปรวมการทดลอง 1.3 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง	การใช้คำถามในห้องเรียน
ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ (30 นาที) นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์จากโจทย์ที่ครูกำหนดแล้วตอบคำถามโดยใช้ความรู้ เรื่อง กล้องจุลทรรศน์	- ทำใบกิจกรรมที่ 6 การพิสูจน์เรื่องราว - ส่งใบกิจกรรมผ่าน Google classroom หรือ Google drive
ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง (20 นาที) นักเรียนสะท้อนคิดและประเมินการเรียนรู้ของตนเอง เรื่อง กล้องจุลทรรศน์	- ทำใบกิจกรรมที่ 7 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง - ส่งใบกิจกรรมผ่าน Google classroom หรือ Google drive

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรการประเมิน การเรียนการสอน และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
แผนที่ 1 เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 **ภาคเรียนที่** 1 ปีการศึกษา 2564
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ **หัวข้อ** กล้องจุลทรรศน์
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน** 6 คาบ
ผู้สอน นางสาวสุนิษา สภาพไทย

---

1. ผลการเรียนรู้

1. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏ ภายใต้กล้องกล้องจุลทรรศน์ บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง

2. จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้นี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ระบุส่วนประกอบ และบอกหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้ (K)
2. อธิบายวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้องได้ (K)
3. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและสเตอริโอได้ (K)
4. เตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต และสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาตัวอย่างสิ่งมีชีวิตได้ (P)
5. สังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ (P)
6. มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นกลุ่มและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ (A)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. สาระสำคัญ

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และทราบรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ โดยกล้องจุลทรรศน์จำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน การศึกษาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะเห็นรายละเอียดของโครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษามากกว่ากล้องจุลทรรศน์ใช้แสง เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ส่วนมากมีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ช่วยในการศึกษารายละเอียดต่างๆ

ของโครงสร้างของเซลล์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์นั้นต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิต นอกจากการนำกล้องจุลทรรศน์มาใช้ในการศึกษาสิ่งมีชีวิตแล้ว การดูแลรักษาและวิธีการเก็บกล้องจุลทรรศน์เป็นสิ่งที่สำคัญเช่นเดียวกัน เพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน

4. สาระการเรียนรู้

กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และทราบรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ โดยประวัติเริ่มต้นการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ มีรายละเอียดดังนี้

- ช่วงปี พ.ศ. 2133-2143 เริ่มประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ที่ให้ภาพขยายได้ 3-10 เท่า และมีการปรับและพัฒนาคุณภาพของกล้องจุลทรรศน์
- ประมาณปี พ.ศ. 2208 โรเบิร์ต ฮุก ได้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบเพื่อใช้ศึกษาสิ่งต่างๆ รอบตัว และสามารถมองเห็นผนังเซลล์ครั้งแรก และเป็นผู้นิยายคำว่า เซลล์
- ประมาณปี พ.ศ. 2217 อันโตนี วาน เลเวนฮุก ใช้กล้องจุลทรรศน์เลนส์เดียวที่ประดิษฐ์ที่ประดิษฐ์เลนส์ขึ้นเอง ซึ่งมีกำลังขยายประมาณ 200 เท่า ในการสังเกตสิ่งมีชีวิตต่างๆ และได้อธิบายลักษณะของโพรทิสต์และแบคทีเรีย

กล้องจุลทรรศน์จำแนกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (light microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (electron microscope) ซึ่งมีประสิทธิภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน

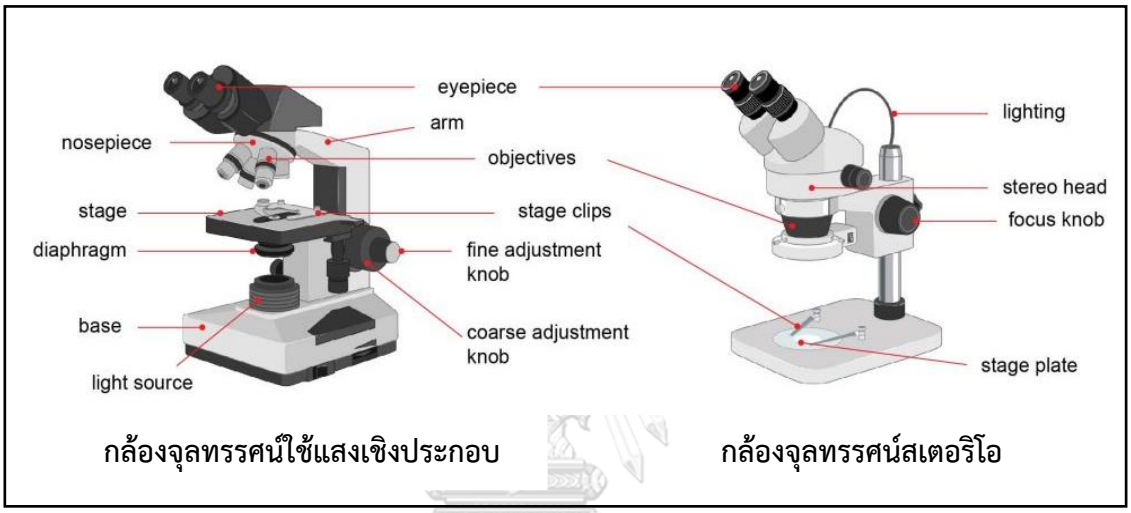
1. **กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง** แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ
   1.1 **กล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบ** (compound microscope) นิยมใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของส่องมีชีวิตระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ รวมถึงการเรียงตัวของเซลล์ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือนหัวกลับและกลับซ้ายเป็นขวา
   1.2 **กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ** (stereoscopic microscope) ศึกษาโครงสร้างภายนอกของวัตถุที่ทึบแสง มีกำลังขยายต่ำกว่ากล้องจุลทรรศน์เชิงประกอบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ 3 มิติ และเป็นภาพเสมือนหัวตั้งไม่กลับซ้ายและขวา

2. **กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน** แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ แบบส่องผ่าน และแบบส่องกราด

2.1 **กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน** (transmission electron microscope) สามารถมองเห็นองค์ประกอบภายในของเซลล์ได้ชัดเจน มีกำลังขยายสูงมาก

2.2 **กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด** (scanning electron microscope) ใช้ศึกษารูปร่างโครงสร้างและพื้นผิวของเซลล์ภายนอก ไม่เห็นองค์ประกอบด้านใน

ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

1. **ฐาน (base)** เป็นส่วนที่รองรับตัวกล้องจุลทรรศน์
2. **ลำกล้อง (body tube)** เป็นส่วนทางเดินของแสงจากเลนส์วัตถุมายังเลนส์ตา
3. **แขน (arm)** เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างฐานกับลำกล้อง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้จับถือเวลาเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์
4. **แหล่งกำเนิดแสง (light source)** เป็นหลอดไฟอยู่บริเวณฐานของกล้องจุลทรรศน์สำหรับให้แสง
5. **เลนส์รวมแสง (condenser)** ทำหน้าที่ในการรวมแสงจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวอย่างอยู่ทางด้านล่างของแท่นวางวัตถุ
6. **ม่านปรับความเข้มข้นแสง (iris diaphragm)** เป็นคานหรือวงแหวนที่ใช้ปรับม่านที่ควบคุมความกว้างของรูรับแสงที่เข้าสู่เลนส์รวมแสง ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของแสงที่เข้าสู่เลนส์รวมแสง อยู่ทางด้านล่างของเลนส์รวมแสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. **เลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens)** เป็นเลนส์ที่รับแสงจากวัตถุและขยายให้เกิดภาพ เลนส์วัตถุจะยึดติดกับจานหมุน (revolving nosepiece) โดยจานหมุนจะมีเลนส์วัตถุที่มีกำลังขยายต่างๆ กัน3 หรือ 4 กำลังขยายยึดติดอยู่ ค่ากำลังขยายของเลนส์จะระบุเป็นเท่า (X) โดยจะกำกับไว้อยู่ที่ด้านข้างของเลนส์ ส่วนมากมักจะมีกำลังขยาย 4X 10X 40X และ 100X (ต้องใช้ Oil) ให้เลือกใช้
8. **เลนส์ใกล้ตา (ocular lens)** เป็นเลนส์ที่ใช้มองภาพ ทำหน้าที่ขยายภาพจากเลนส์วัตถุ
9. **แท่นวางวัตถุ (stage)** เป็นแท่นสำหรับวางตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ซึ่งตัวอย่างมักอยู่ในรูปสไลด์ แท่นวางจะมีที่หนีบสไลด์ (stage clip) สำหรับยึดสไลด์ให้อยู่กับฐาน การเลื่อนสไลด์ไปมาสามารถทำได้โดยการหมุนปุ่มจัดตำแหน่งวัตถุ (stage manipulator knob) บริเวณด้านข้างของแท่นวางวัตถุตรงกลางของแท่นวางวัตถุจะมีรูเพื่อให้แสงไฟจากเลนส์รวมแสงส่องผ่านตัวอย่างที่ต้องการศึกษา
10. **ปุ่มปรับภาพหยาบ (coarse adjustment knob)** อยู่ทางด้านข้างของกล้องจุลทรรศน์ เมื่อหมุนปุ่มปรับภาพหยาบจะทำให้แท่นวางวัตถุเลื่อนขึ้นลงเพื่อปรับโฟกัสหารระยะภาพ การหมุนปุ่มปรับภาพหยาบเพียงเล็กน้อยจะทำให้แท่นวางวัตถุเคลื่อนได้ระยะทางค่อนข้างช้า ปุ่มปรับภาพหยาบจะใช้กับเลนส์วัตถุกำลังขยาย 4X และ 10X เท่านั้น
11. **ปุ่มปรับภาพละเอียด (fine focus adjustment knob)** ปุ่มนี้จะซ้อนอยู่กับปุ่มปรับภาพหยาบ เมื่อหมุนปุ่มปรับภาพละเอียดจะทำให้แท่นวางวัตถุเลื่อนขึ้นลงเพียงเล็กน้อยเพื่อปรับโฟกัสได้แม่นยำกว่าการหมุนปุ่มปรับภาพหยาบ และได้ภาพที่มีความชัดเจน ปุ่มปรับภาพละเอียดสามารถใช้ได้กับเลนส์วัตถุทุกกำลังขยาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอมีส่วนประกอบและหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ แต่แตกต่างกันที่กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอจะมีแหล่งกำเนิดแสงแบบสะท้อน (reflected light source) ที่ให้แสงตกกระทบวัตถุและสะท้อนเข้าสู่เลนส์วัตถุ และการเลือกกำลังขยายทำได้โดยการหมุนปุ่มปรับกำลังขยาย (magnification adjustment knob) ที่อยู่บริเวณด้านข้างของลำกล้อง

การใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่ถูกต้อง

1. การจับกล้องและเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์ ต้องใช้มือหนึ่งจับที่แขนและอีกมือหนึ่งรองที่ฐานของกล้องจุลทรรศน์

2. ตั้งลำกล้องให้ตรง และเปิดไฟเพื่อให้แสงเข้าลำกล้องได้เต็มที่
3. หมุนเลนส์ใกล้วัตถุให้เลนส์ที่มีกำลังขยายต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งแนวตรงกับลำกล้อง
4. นำสไลด์ที่จะศึกษามาวางบนแท่นวางวัตถุ โดยปรับให้อยู่บริเวณกลางที่แสงผ่าน
5. ค่อยๆ หมุนปุ่มปรับภาพหยาบให้กล้องเลื่อนขึ้นช้าๆเพื่อหาระยะภาพ แต่ต้องระวังไม่ให้เลนส์ใกล้วัตถุกระทบกับสไลด์ตัวอย่าง เพราะจะทำให้เลนส์แตกได้
6. เมื่อต้องการเพิ่มกำลังขยายขึ้น ให้หมุนเลนส์ใกล้วัตถุไปตามลำดับ เช่น 4X 10x 40x หรือ 100x ถ้าใช้กำลังขยายสูงจะเห็นภาพชัดเจนลดลง เนื่องจากระยะห่างระหว่างวัตถุกับเลนส์นั้นลดลง จึงต้องหมุนปุ่มปรับภาพละเอียดเพื่อให้ภาพคมชัด โดยเฉพาะกำลังขยาย 100X จะไม่ค่อยเห็นภาพต้องหยดน้ำมัน (oil emersion) ลงไปให้โปร่งแสง และควรระวังเลนส์จะเบียดชิดกระจกปิดสไลด์แตกได้
7. เมื่อเปลี่ยนไปใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายสูงขึ้น (40x ขึ้นไป) ต้องใช้ปุ่มปรับภาพภาพละเอียดเท่านั้นเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน
8. กรณีที่เพิ่มกำลังขยายจะทำให้ตำแหน่งของภาพเปลี่ยนไป จอภาพจะน้อยลงและเห็นรายละเอียดชัดเจนขึ้นขณะเดียวกันแสงในบริเวณภาพจะมืดลงจึงควรปรับไดอะแฟรมให้ได้แสงสว่างที่พอเหมาะ

สูตรการคำนวณภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

- กำลังขยายของกล้อง = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา x กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
- กำลังขยายของภาพ = (ขนาดของภาพ/ขนาดของวัตถุ)
- เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ = ((กำลังขยายต่ำสุดของเลนส์ใกล้วัตถุ X เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยายต่ำสุด)/กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุขณะศึกษา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อควรระวังในการใช้กล้องจุลทรรศน์และการเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์

กล้องจุลทรรศน์เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาค่อนข้างสูงและมีส่วนประกอบที่อาจเสียหายง่าย โดยเฉพาะเลนส์ จึงต้องใช้และเก็บรักษาด้วยความระมัดระวังให้ถูกวิธี ซึ่งมีวิธีปฏิบัติดังนี้

1. การยกกล้องและเคลื่อนย้ายกล้อง ต้องใช้มือหนึ่งจับที่แขนและอีกมือหนึ่งรองที่ฐานของกล้อง
2. สไลด์และกระจกปิดสไลด์ที่ใช้ต้องไม่เปียก เพราะอาจจะทำให้แท่นวางวัตถุเกิดสนิม และเลนส์ใกล้วัตถุอาจขึ้นราได้
3. การหมุนปุ่มปรับภาพหยาบต้องมองด้านข้างตามแนวระดับแท่นวางวัตถุ เพื่อป้องกันการ

กระทบของเลนส์ใกล้วัตถุกับกระจกสไลด์ ซึ่งอาจทำให้เลนส์แตกได้

4. การหาภาพต้องเริ่มด้วยเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุดก่อนเสมอ

5. การปรับภาพให้ชัดขึ้นให้หมุนเฉพาะปุ่มปรับภาพละเอียดเท่านั้น เพราะถ้าหมุนปุ่มปรับภาพหยาบจะทำให้ระยะภาพหรือจุดโฟกัสของภาพเปลี่ยนไปจากเดิม

6. ห้ามใช้มือแตะเลนส์ ควรใช้กระดาษเช็ดเลนส์ในการทำความสะอาดเลนส์

7. เมื่อใช้เสร็จแล้วต้องเอาวัตถุที่ศึกษาออก เช็ดแท่นวางวัตถุและเช็ดเลนส์ให้สะอาด หมุนเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำสุดให้อยู่ตรงกลางลำกล้อง และเลื่อนลำกล้องลงต่ำสุด ปรับกระจกให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับแท่นวางวัตถุเพื่อป้องกันฝุ่นละออง แล้วเก็บใส่กล่องหรือตู้ให้เรียบร้อย

5. ชิ้นงานหรือภาระงาน

5.1 ใบกิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และแบบสเตอริโอ

5.2 ใบกิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ

5.3 ใบกิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

5.4 ใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน

5.5 ใบกิจกรรมการคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน

5.6 ใบกิจกรรมการพิสูจน์เรื่องราว

5.7 ใบกิจกรรมการเขียนการสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

6. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุและอุปกรณ์การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

6.2 สื่อ PowerPoint เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจและเตรียมความพร้อม (10 นาที)

โครงสร้างภายนอกสาหร่ายหางกระรอก

โครงสร้างภายในสาหร่ายหางกระรอก

1.1 ครูนำเสนอภาพที่แสดงถึงโครงสร้างภายนอกและภายในของสาหร่ายหางกระรอก โดยใช้คำถามในการกระตุ้นความสนใจนักเรียนดังต่อไปนี้

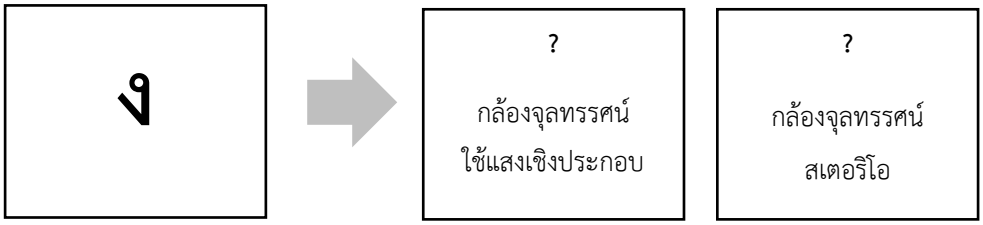
1.1.1 * ถ้านักเรียนต้องการศึกษาโครงสร้างภายในของสาหร่ายหางกระรอกที่สามารถเห็นนิวเคลียสหรือคลอโรพลาสต์ นักเรียนควรใช้เครื่องมือใดในการศึกษาครั้งนี้
(กล้องจุลทรรศน์)

1.1.2. นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการใช้กล้องจุลทรรศน์ให้มีประสิทธิภาพและสามารถเห็นนิวเคลียสและคลอโรพลาสต์ของสาหร่ายหางกระรอกได้ชัดเจน
(แนวการตอบของนักเรียนอาจมีได้หลายคำตอบ) นักเรียนจะทราบวิธีการใช้กล้องจุลทรรศน์จากการเรียน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ กิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ*** *การสร้างความสนใจผ่านการใช้คำถาม (Pass the Question) กระตุ้นการคิดของนักเรียนโดยการตอบคำถามและแลกเปลี่ยนข้อมูลเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องก่อนเข้าสู่บทเรียน และยังสามารถตรวจสอบความคิด ความเข้าใจของนักเรียนในหัวข้อที่จัดการเรียนการสอนได้*

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบความรู้เดิม (20 นาที)



1.1 ครูแจกกระดาษให้นักเรียนเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมผ่านการวาดภาพ

1.2 ถ้าครูให้นักเรียนนำสไลด์ติดตัวอักษร ง ไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ * นักเรียนคิดว่าภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอมีลักษณะเป็นแบบใด โดยครูให้นักเรียนวาดภาพลงในกระดาษ

1.3 นักเรียนวาดภาพเสร็จเรียบร้อยให้นักเรียนเก็บกระดาษที่วาดไว้ที่ตนเอง เพื่อตรวจสอบว่าก่อนเรียนกับหลังเรียนนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องไหม และภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ มีลักษณะอย่างไรหลังจากการศึกษาศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบภาพตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ พร้อมอภิปรายท้ายคาบร่วมกัน

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ การอธิบายภาพวาด (Annotated Student Drawing)*** *ภาพที่นักเรียนวาดจะแสดงถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีก่อนหน้านี้ที่ผ่านการอธิบายออกมาเป็นภาพวาด*

ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา (280 นาที)

ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหามี 3 ตอน ในแต่ละขั้นตอนจะต่อด้วยขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ

1.1 ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์มีใครบ้าง

(โรเบิร์ต ฮุก, อันโตนี วาน เลเวนฮุก หรือมากกว่า 2 คนที่กล่าวมา)

1.2 ครูบรรยายประวัติความเป็นมาของกล้องจุลทรรศน์

1.3 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ส่งตัวแทนมารับกล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์ที่ใช้ในกิจกรรมการทดลอง **3**.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

1.4 ก่อนครูเริ่มกิจกรรมการทดลอง ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงการอธิบายส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์ดังนี้

1) นักเรียนทราบไหมว่าปัจจุบันการศึกษาโครงสร้างภายในและภายนอกของเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์สามารถแบ่งได้กี่ประเภทมีอะไรบ้าง

(กล้องจุลทรรศน์แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน)

2) นักเรียนคิดว่ากล้องจุลทรรศน์ประเภทใดที่นิยมนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการชีววิทยา

(***กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ***)

1.5 ครูอธิบายลักษณะสำคัญและความแตกต่างของกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

1.6 ครูอธิบายส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์

1.7 ครูสาธิตวิธีการใช้งานกล้องจุลทรรศน์และวิธีการเก็บรักษากล้องจุลทรรศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง

ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหาเป็นกิจกรรมการทดลอง ประกอบด้วย 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ และตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ในแต่ละขั้นตอนต่อด้วยกิจกรรมขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองนั้น ๆ

- **ตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา: การทดลองตอนที่ 1**) (60 นาที)

1.1 ครูแจกใบกิจกรรมตอนที่ 1 การศึกษาภาพตัวอักษรและเปรียบเทียบตัวอักษรภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

1.2 * ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองกลุ่มละ 1 ข้อ หลังจากทำกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 ครูและนักเรียนมาอภิปรายตอบคำถามร่วมกัน

1.3 ครูสาธิตการทดลองตอนที่ 1 โดยอธิบายทีละขั้นตอน

1.4 นักเรียนสังเกตการณ์สาธิตของครู และลงมือปฏิบัติตามครูทีละขั้นตอน จากนั้นบันทึกผลการทดลองพร้อมตอบคำถามท้ายใบกิจกรรม

1.5 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอผลการทดลองการทดลองตอนที่ 1 พร้อมตอบคำถามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามไว้ร่วมกัน

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม (Question Generating)*** *กิจกรรมนี้เปลี่ยนจากบทบาทครูเป็นผู้ตั้งคำถามมาเป็นนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน และการตั้งคำถามที่ดีจะนำมาสู่การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กล้องจุลทรรศน์*

(ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ: การทดลองตอนที่ 1) (30 นาที)

Chulalongkorn University

1.1 ครูสรุปผลกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 ร่วมกับนักเรียน พร้อมแสดงภาพความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอให้นักเรียนสังเกตความแตกต่างของกล้องจุลทรรศ์ 2 แบบ จากนั้นใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจดังต่อไปนี้อีกครั้ง โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) เมื่อต้นคาบครูให้นักเรียนวาดภาพลักษณะของตัวอักษร ง ที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หลังจากที่นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 ภาพที่ได้ตรงกับที่นักเรียนวาดไหม

(ภาพที่วาดได้เหมือน หรือภาพที่วาดได้ไม่เหมือน)

2) วันนี้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 ภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ มีลักษณะอย่างไร ***(กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบภาพที่ได้เป็นภาพเสมือนหัวกลับและกลับซ้ายและขวา และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอภาพที่ได้เป็นภาพเสมือนหัวตั้งไม่กลับซ้ายขวา)***

3) ถ้านักเรียนต้องการศึกษาตัวอย่างสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนมีวิธีการเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์อย่างไรให้เหมาะสม ***(กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบนิยมใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ รวมถึงการเรียงตัวของเซลล์ ส่วนกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ศึกษาโครงสร้างภายนอกของวัตถุที่ทึบแสง)***

1.2 * ครูแจกใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ ส่วนประกอบและหน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์เป็นรายบุคคล ระยะเวลา 15 นาที

** **เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ คือ การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน*** (Representation Analysis) *ใบกิจกรรมมีการนำเสนอ ข้อมูลลักษณะรูปภาพแบบจำลอง หรือแผนภาพที่สื่อถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ และเขียนอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง*

- **ตอนที่ 2 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ (ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา: การทดลองตอนที่ 2**) (70 นาที)

Chulalongkorn University

1.1 ครูแจกใบกิจกรรมการทดลองตอนที่ 3 การศึกษาสิ่งมีชีวิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ ศึกษาโครงสร้างภายในของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ เซลล์สิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาได้แก่ เซลล์เยื่อหอม เซลล์สาหร่ายหางกระรอก และเซลล์เยื่อบุข้างแก้ม

1.2 นักเรียนศึกษาเซลล์สิ่งมีชีวิตกลุ่มละ 1 ตัวอย่าง ไม่ซ้ำกัน

1.3 * ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองกลุ่มละ 1 ข้อ หลังจากทำกิจกรรมการทดลองตอนที่ 1 ครูและนักเรียนมาอภิปรายตอบคำถามร่วมกัน

1.4 ครูสาธิตการการใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาเซลล์เยื่อหอม เซลล์สาหร่ายหางกระรอก และเซลล์เยื่อบุข้างแก้ม ตามลำดับ

1.5 ในหว่างที่ครูสาธิตการใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาเซลล์สิ่งมีชีวิต ให้นักเรียนเลือกศึกษา 1 ตัวอย่างของเซลล์สิ่งมีชีวิตนั้น ปฏิบัติการใช้กล้องจุลทรรศน์ไปทีละขั้นตอนพร้อมกับครู

1.6 หลังจากนักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาเซลล์สิ่งมีชีวิต และให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองกลุ่มตนเองเรียบร้อยแล้วออกมานำเสนอผลการศึกษา และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผล

1.7 ครูนำอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลองจากนั้นให้นักเรียนร่วมตอบคำถามที่ได้ตั้งไว้พร้อมทั้งร่วมตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม (Question Generating)*** *กิจกรรมนี้เปลี่ยนจากบทบาทครูเป็นผู้ตั้งคำถามมาเป็นนักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน และการตั้งคำถามที่ดีจะนำมาสู่การพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ เรื่อง กล้องจุลทรรศน์*

(ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ: การทดลองตอนที่ 2) (30 นาที)

1.1 ครูอธิบายลักษณะโครงสร้างที่พบในเซลล์เยื่อหอม เซลล์สาหร่ายหางกระรอก และเซลล์เยื่อบุข้างแก้ม จากการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศ์

1.2 * ครูแจกใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจนักเรียนการใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบเป็นรายบุคคล ระยะเวลา 20 นาที

**** เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน (Representation Analysis)*** *ใบกิจกรรมมีการนำเสนอ ข้อมูลลักษณะรูปภาพแบบจำลอง หรือแผนภาพที่สื่อถึงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ และเขียนอธิบายโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง*

- **ตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ (ขั้นที่ 3 การสำรวจและค้นหา: การทดลองตอนที่ 3**) (60 นาที)

1.1 * ครูแจกใบกิจกรรมการทดลองตอนที่ 4 การคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดิโอ การหาขนาดของวัตถุภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ จาก https://www.scimath.org/video-biology/item/11725-2020-08-03-08-53-27

1.3 ครูอธิบายวิธีการคำนวณ กำลังขยายของกล้อง กำลังขยายของภาพ และเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- กำลังขยายของกล้อง = กำลังขยายของเลนส์ใกล้ตา x กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
- กำลังขยายของภาพ = (ขนาดของภาพ/ขนาดของวัตถุ)
- เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพ = ((กำลังขยายต่ำสุดของเลนส์ใกล้วัตถุ X เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพที่กำลังขยายต่ำสุด)/กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุขณะศึกษา)

1.4 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน เพื่อทำกิจกรรมตอนที่ 4 * โดยกิจกรรมที่นำมาใช้ คือ การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน

1.5 นักเรียนทำใบกิจกรรมตอนที่ 4 ร่วมกัน ในใบกิจกรรมมีโจทย์การคำนวณ 3 ข้อ โดยให้นักเรียนเลือกคำนวณคนละ 1 ข้อ และข้อสุดท้ายนักเรียนต้องช่วยกันระดมความคิด

1.6 ครูสุ่มกลุ่มนักเรียนแสดงวิธีคำนวณ และอภิปรายร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน

** **เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ คือ การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน (think pair share)** ใบกิจกรรมมีการกำหนดโจทย์ ให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง และนำมาภิปรายกับเพื่อนในกลุ่ม จากนั้นนำคำตอบของกลุ่มตนเองอภิปรายให้เพื่อนให้ห้องได้ฟัง (ข้อมูลส่วนนี้สามารถใช้เป็นหลักฐานในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะได้เช่นกัน*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ: การทดลองตอนที่ 3) (30 นาที)

1.1 ครูเฉลยและอธิบายวิธีการคำนวณหาภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์อีกครั้งจากโจทย์ในใบกิจกรรม

** **เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาใช้ ได้แก่ การคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน (think pair share)** ใบกิจกรรมมีการกำหนดโจทย์ ให้นักเรียนแต่ละคนคิดหาคำตอบด้วยตนเอง และนำมาภิปรายกับเพื่อนในกลุ่ม จากนั้นนำคำตอบของกลุ่มตนเองอภิปรายให้เพื่อนให้ห้องได้ฟัง (สามารถใช้เป็นหลักฐานในขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ ได้เช่นกัน)*

ขั้นที่ 4 การพัฒนามโนทัศน์และทักษะ (10 นาที)

1.2 ครูสรุปรวมจากกิจกรรมการทดลอง 3.1 อีกครั้ง โดยครูใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจดังนี้

1) * ถ้านักเรียนต้องการศึกษาสิ่งมีชีวิตภายใต้กล้องจุลทรรศน์นักเรียนมีวิธีเตรียมสไลด์อย่างไรบ้าง

1. หยดน้ำลงบนสไลด์ 1-2 หยด
2. ใช้ปากคีบหยิบตัวอย่างที่ต้องการศึกษาวางบนสไลด์
3. ใช้กระจกปิดสไลด์ปิดตัวอย่าง โดยใช้ด้านหนึ่งของกระจกปิดสไลด์รูดเข้าหาหยดน้ำค่อยๆ เลื่อนลงจนปิดสนิท เช็ดน้ำส่วนเกินที่ล้นออกนอกบริเวณขอบกระจกปิดสไลด์ให้เรียบร้อย
4. นำตัวอย่างที่ต้องการศึกษาไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2) * นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการใช้กล้องจุลทรรศน์ให้มีประสิทธิภาพและสามารถเห็นตัวอย่างที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อย่างไรบ้าง
(คำตอบเป็นไปตามขั้นตอนการใช้กล้องจุลทรรศน์ที่นักเรียนได้เรียนมา)

3) * นักชีววิทยาต้องการศึกษาแบคทีเรียชนิดหนึ่งว่าเซลล์มีรูปร่างแบบใด นักเรียนคิดว่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษา เพราะอะไร
(กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ เพราะใช้ศึกษาโครงสร้างภายในของสิ่งมีชีวิตระดับเนื้อเยื่อและเซลล์ รวมถึงการเรียงตัวของเซลล์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ*** *การสร้างความสนใจผ่านการใช้คำถาม (Pass the Question) กระตุ้นการคิดของนักเรียนโดยการตอบคำถามและแลกเปลี่ยนข้อมูลเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องก่อนเข้าสู่บทเรียน และยังสามารถตรวจสอบความคิด ความเข้าใจของนักเรียนในหัวข้อที่จัดการเรียนการสอนได้*

ขั้นที่ 5 การถ่ายโอนมโนทัศน์และทักษะ (30 นาที)

1.1 ให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด * โดยให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ขีดเส้นใต้ข้อมูลที่ผิดพร้อมแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องโดยใช้แนวคิด เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ ที่นักเรียนได้เรียนมา

1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนด

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ การพิสูจน์เรื่องราว (Refutations)*** *ใบกิจกรรมมีการแสดงเรื่องราว บทความ หรือเนื้อหาในเรื่องที่เรียนให้นักเรียนได้อ่านทำความเข้าใจพร้อมทั้งขีดเส้นใต้ข้อความที่ผิด และแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์*

ขั้นที่ 6 การสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง (20 นาที)

1.1 ก่อนจบการจัดการเรียนการสอนในคาบนี้ ครูแจกใบกิจกรรมให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ตนเองเกี่ยวกับการเรียน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

1.2 * ครูให้นักเรียนแต่ละคนเขียนบันทึกลงในใบกิจกรรม และส่งคืนในคาบเรียน

* ***เทคนิคการประเมินระหว่างเรียนที่นำมาปรับใช้ คือ การเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน (Muddiest Point)*** *ใบกิจกรรมให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ของตนเองหลังจากการจัดการเรียนการสอน นักเรียนต้องเขียนประเด็นที่ยังไม่เข้าใจหรือสับสน เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้นกว่าเดิม*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8. การวัด การประเมินผล และเกณฑ์การประเมิน

วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
1. ด้านพุทธพิสัย (K) 1.1 ระบุส่วนประกอบ และบอกหน้าที่ของส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงได้ 1.2 อธิบายวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้องได้ 1.3 สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและสเตอริโอได้	1) ใบกิจกรรมการวิเคราะห์ความคิดหรือสัญลักษณ์ตัวแทน 2) ใบกิจกรรมการพิสูจน์เรื่องราว	1) ตอบคำถามในใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 70 ถึงผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะพิสัย (P) 2.1 เตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต และสามารถใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อศึกษาตัวอย่างสิ่งมีชีวิตได้ 2.2 สังเกต วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	1) ใบกิจกรรมการทดลอง 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 1 ตอนที่ 2 และตอนที่ 3 2) ใบกิจกรรมการคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน	1) นักเรียนเตรียมตัวอย่างได้ถูกต้อง 2) ตอบคำถามในใบกิจกรรมเรื่อง กล้องจุลทรรศน์ ได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป 3) ตอบคำถามในกิจกรรมเรื่อง กล้องจุลทรรศน์ ได้ถูกต้อง
3. ด้านจิตพิสัย (A) 3.1 มีส่วนร่วมในการทำงานเป็นกลุ่มและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	1) สังเกตความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ 2) ความร่วมมือในการทำงานเป็นกลุ่ม 3) การเขียนสะท้อนคิดและการประเมินการเรียนรู้ของตนเอง	1) นักเรียนตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นอย่างน้อยร้อยละ 70 2) นักเรียนทำงานกลุ่มที่ได้รับมอบหมายได้ถูกต้องและครบถ้วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

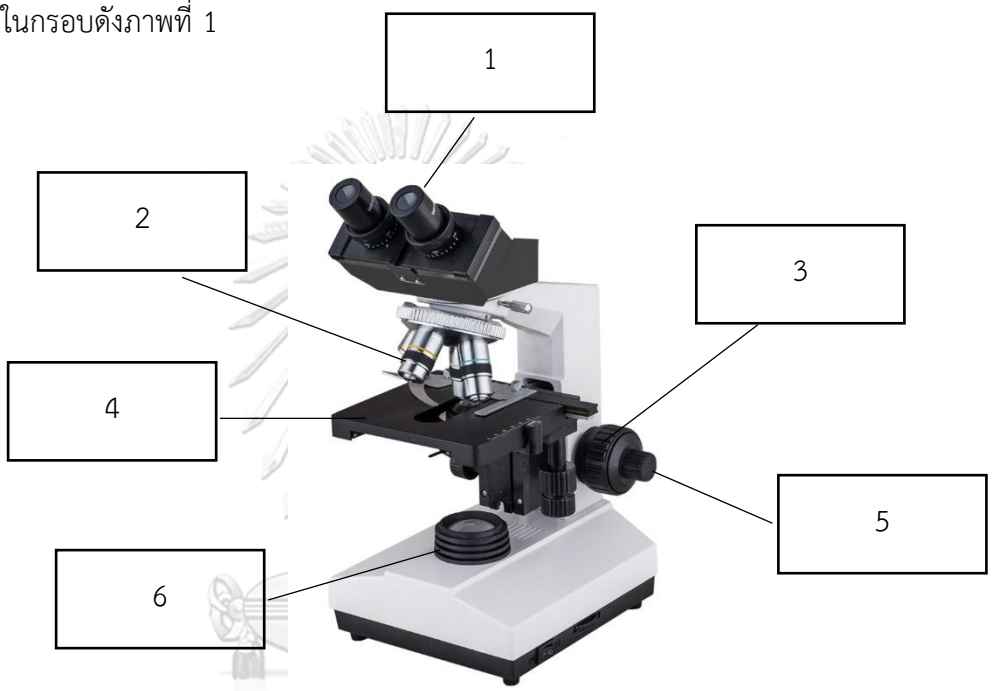
ใบกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด

1. ให้นักเรียน**ระบุชื่อส่วนประกอบของกล้องจุลทรรศน์**และ**หน้าที่ของกล้องจุลทรรศน์** ตามหมายเลขในกรอบดังภาพที่ 1



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1 ส่วนประกอบกล้องจุลทรรศน์

ที่มา: <u>https://www.sjgadget.com</u>

หมายเลข 1 .....

หน้าที่.....

หมายเลข 2 .....

หน้าที่ .....

หมายเลข 3.....

หน้าที่ .....

หมายเลข 4 .....

หน้าที่ .....

หมายเลข 5 .....

หน้าที่.....

หมายเลข 6 .....

หน้าที่.....

2. ให้นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบและกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ	กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

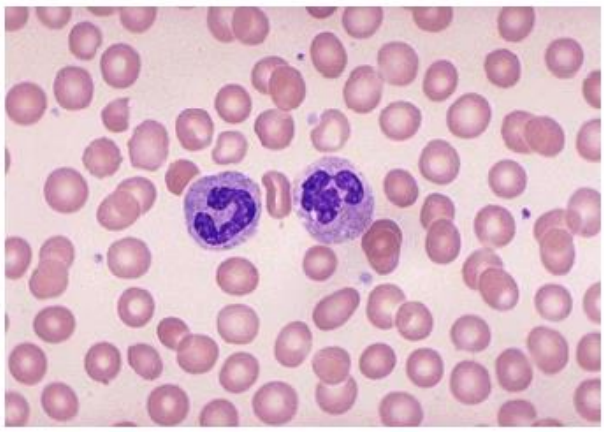
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนวิเคราะห์และตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด



ภาพที่ 2 เซลล์เม็ดเลือด

ที่มา: https://www.andalab.net/th/blood3/

1. ถ้าครูนำสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้นักเรียนศึกษา นักเรียนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้ และมีวิธีการอย่างไรบ้างเพื่อศึกษาเซลล์เม็ดเลือดให้ได้ดังภาพที่ 2 ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกำหนดเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X) อธิบายพอสังเขป

1.1 กล้องจุลทรรศน์ประเภทใดในการศึกษาครั้งนี้

.....

1.2 วิธีการศึกษาสไลด์เซลล์เม็ดเลือดให้ได้ดังภาพที่ 2 ปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์

.....

.....

.....

ใบกิจกรรมการคิดเดี่ยว คิดคู่ คิดร่วมกัน

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

กิจกรรม 3.1 การศึกษาสิ่งมีชีวิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง ตอนที่ 3 การคำนวณหาขนาดของวัตถุหรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

1. ให้นักเรียนคำนวณหาขนาดของวัตถุ หรือขนาดของภาพจากกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ

1.1 พารามีเซียมขนาดยาว 100 ไมโครเมตร นักเรียนนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า (10X) และเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10 เท่า (10X) นักเรียนเห็นภาพพารามีเซียม มีความยาวเป็นกี่เท่าของขนาดภาพจริง

1.2 กล้องจุลทรรศน์มีขนาดกำลังขยายภาพรวม 2000 เท่า สามารถมองเห็นยูกลีนายาว 100 ไมโครเมตร ให้นักเรียนคำนวณหาขนาดจริงของยูกลีนา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 กล้องจุลทรรศน์ที่มีเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 40 เท่า เมื่อใช้ไม้บรรทัดใสวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพได้ 3.75 มิลลิเมตร เมื่อกำลังขยายของกล้องเปลี่ยนจาก 100 เท่า เป็น 400 เท่า เส้นผ่านศูนย์กลางของจอภาพจะเท่ากับกี่ไมโครเมตร แสดงวิธีคำนวณอย่างละเอียดเมื่อกำลังขยายของกล้องเปลี่ยนเป็น 400 เท่า

ใบกิจกรรมการพิสูจน์เรื่องราว

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนด แล้วขีดเส้นใต้ข้อมูลที่ผิดพร้อมแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง โดยใช้ความรู้แนวคิด เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

นักเรียนหญิงคนหนึ่งต้องการศึกษาพารามีเซียมที่มีขนาด 100 ไมโครเมตร สไลด์พารามีเซียมและกล้องจุลทรรศน์มีการเตรียมเรียบร้อยแล้วนักเรียนสามารถใช้งานได้ โดยนักเรียนหญิงเลือกใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอในการศึกษาครั้งนี้ จากนั้นนักเรียนหญิงเริ่มศึกษาโดยนำสไลด์มาวางบนแท่นวางวัตถุโดยปรับให้อยู่ตรงกลางบริเวณที่แสงส่องผ่าน แล้วค่อย ๆ หมุนปุ่มปรับภาพละเอียดให้กล้องเลื่อนขึ้นช้า ๆ เพื่อหาระยะภาพ จากนั้นนักเรียนหญิงหมุนเลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 40 เท่า (40X) มาอยู่ในตำแหน่งแนวของลำกล้อง จากนั้นปรับปุ่มปรับภาพละเอียดอีกครั้ง และเลนส์ใกล้ตาที่ใช้มีกำลังขยาย 10 เท่า (10X) นักเรียนหญิงต้องการทราบภาพพารามีเซียมที่เห็นมีความยาวกี่เซนติเมตร เลือกใช้สูตรที่นำมาใช้คำนวณหาภาพ พารามีเซียม คือ กำลังขยายกล้องจุลทรรศน์ = เลนส์ใกล้ตา X เลนส์ใกล้วัตถุ ดังนั้นภาพของพารามีเซียมมีความยาว 0.4 เซนติเมตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบกิจกรรมสะท้อนคิด

เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนเขียนการสะท้อนคิดและการประเมินตนเอง

1. ให้นักเรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้ใน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. จากการเรียนใน เรื่อง กล้องจุลทรรศน์ นักเรียนมีประเด็นไหนบ้างที่ยังไม่เข้าใจ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว สุนิษา สภาพไทย
วัน เดือน ปี เกิด	25 กุมภาพันธ์ 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
ที่อยู่ปัจจุบัน	wire condo ซอย ลาดพร้าว 26 แขวง จอมพล เขต จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University