ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอก
วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2566

The Effects of 5Es Inquiry Instruction Together with Modeling on Problem Solving Ability and Learning Retention in the Topic of Biomolecules of Grade 10 Students at Pranarai School in Lopburi Province

Miss. CHANITKARN MANKONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2023

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี
ชื่อและนามสกุล	นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง
แขนงวิชา / วิชาเอก	วิทยาศาสตร์ศึกษา
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2567

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.นราธิป ศรีราม)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี
ผู้วิจัย นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง รหัสนักศึกษา 2622000285
ปริญญา: ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา (2) รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป ปีการศึกษา 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี และ 2) ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 76 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง 2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ 4) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองสูงกว่านักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองหลังเรียนกับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) การสร้างแบบจำลอง ความสามารถในการแก้ปัญหา ความคงทนในการเรียนรู้ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of 5Es Inquiry Instruction Together with Modeling on Problem Solving Ability and Learning Retention in the Topic of Biomolecules of Grade 10 Students at Pranarai School in Lopburi Province

Researcher: Miss. CHANITKARN MANKONG; ID: 2622000285;

Degree: Master of Education (Science Education);

Thesis advisors: (1) Associate Professor Dr. Duongdearn Suwanjinda;(2) Associate Professor Dr. Jurarat Thammaprateep ; Academic year: 2023

Abstract

The objectives of this research were to 1) compare the problem solving ability of grade 10 students at Pranarai school in Lopburi province learning through the 5Es inquiry instruction together with modeling with that of the students learning through the traditional teaching in the topic of biomolecule, and 2) investigate learning retention of the of grade 10 students at Pranarai school in Lopburi province after learning through the 5Es inquiry instruction together with modeling in the topic of biomolecule.

The research sample consisted of 76 grade 10 students in two intact classrooms of Pranarai School in Lopburi province, 38 students in one classroom as the experimental group and 38 students in one classroom as the control group, obtained by cluster random sampling. The research instruments comprised 1) learning management plans basing on 5Es inquiry instruction together with modeling; 2) traditional learning management plans; 3) a problem solving ability test, and 4) a learning achievement test in the topic of biomolecule. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation and t-test.

The findings of this study were 1) the post-learning problem solving ability of the students learning through the 5Es inquiry instruction together with modeling was higher than their pre-learning counterpart ability at the .05 level of statistical significance; and 2) the learning retention of the students learning through the 5Es inquiry instruction together with modeling showed no significant difference between the post-learning phase and after two weeks, at the .05 level of statistical significance.

Keywords : 5Es inquiry instruction, Modeling, Problem solving ability, Learning retention, Secondary education

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความเมตตากรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สาขาวิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ อุทิศเวลาในการให้คำปรึกษา ตรวจแก้ข้อผิดพลาดด้วยความเมตตา เอาใจใส่ เป็นกัลยาณมิตรต่อลูกศิษย์เสมอ นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณท่านอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา รวมไปถึงผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะครูกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพระนารายณ์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

ประโยชน์ที่ได้รับ 8

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 10

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 15

การสร้างแบบจำลอง 25

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง 31

การจัดการเรียนรู้แบบปกติ 32

ความสามารถในการแก้ปัญหา 32

ความคงทนในการเรียนรู้ 37

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 48

แบบแผนการวิจัย 48

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 49

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 49

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ 50
การเก็บรวบรวมข้อมูล 59
สถิติที่ใช้ในการวิจัย 60
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 66
ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 66
ตอนที่ 2 ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 69
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 71
สรุปการวิจัย 71
อภิปรายผล 73
ข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 77
ภาคผนวก 82
ก ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ 83
ข คุณภาพเครื่องมือวิจัย 85
ค คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล 92
ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง 97
จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองเรื่อง สารชีวโมเลกุล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 129
ประวัติผู้วิจัย 132

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 บทบาทครูในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน 19

ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) 22

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง 51

ตารางที่ 3.2 แสดงพฤติกรรมและตัวบ่งชี้พฤติกรรมของกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน 56

ตารางที่ 3.3 แสดงพฤติกรรมและตัวบ่งชี้พฤติกรรมของ Klopfer 58

ตารางที่ 3.4 แสดงสัดส่วนของจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 58

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติตามลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหา 66

ตารางที่ 4.2 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ 67

ตารางที่ 4.3 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติตามลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหา 68

ตารางที่ 4.4 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ 68

ตารางที่ 4.5 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 69

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5
ภาพที่ 2.1 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 18
ภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง 27

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการศึกษาของประเทศไทยเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงพัฒนามากขึ้นในหลายๆด้าน ทั้งในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม สังคม การสื่อสาร เศรษฐกิจการเมืองการปกครอง เป็นศตวรรษของสังคมแห่งความรู้และเปลี่ยนแปลง ทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมนี้ยังเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การศึกษาจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนในการพัฒนาพลเมืองให้มีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ที่จะมีการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น ปัจจัยด้านเศรษฐกิจมีอิทธิพลต่อการจัดการศึกษา การแข่งขันมีทักษะสูง การศึกษาเป็นแบบไร้พรมแดน การแลกเปลี่ยนครูและนักเรียนให้มีประสบการณ์มากขึ้น การเรียนรู้แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการโดยใช้เทคโนโลยี การเรียนรู้ต้องไม่ใช่สถานการณ์สมมติในห้องเรียน แต่ต้องออกแบบการเรียนรู้ให้ได้เรียนในสภาพที่ใกล้เคียงชีวิตจริง และควรเป็นบริบทหรือสภาพแวดล้อมในขณะเรียนรู้ เกิดการสั่งสมประสบการณ์ใหม่ (สสวท, 2562) พบว่าการจัดการศึกษายังขาดคุณภาพและมาตรฐานในทุกระดับ คุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ของคนไทยยังอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ปัญหาเหล่านี้เกิดจากข้อจำกัดเรื่องหลักสูตรและระบบการเรียนการสอนที่เน้นการสอนเนื้อหาสาระและความจำมากกว่าการพัฒนาทักษะและสมรรถนะ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดความคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา จึงส่งผลให้การศึกษาไทยในทุกระดับยังมีปัญหาเชิงคุณภาพที่ต้องเร่งแก้ไข (แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579) จากโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง ผลการประเมินของประเทศไทย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ PISA 2015 พบว่า ด้านการอ่านมีคะแนนลดลง 16 คะแนน ส่วนด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีคะแนนเพิ่มขึ้น 3 คะแนน และ 4 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งในการทดสอบทางสถิติถือว่าด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับรอบการประเมินที่ผ่านมา

นักเรียนควรได้รับการปลูกฝังทักษะสำคัญ 3 ทักษะ คือ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและอาชีพโดยทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม เน้นการนำบริบท สภาพแวดล้อมเป็นตัวสร้างแรงกดดันให้นักเรียนตั้งคำถามอยากรู้

สร้างผลงานที่เกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพชีวิต นำทฤษฎีความรู้มาสร้างกระบวนการและวิธีการผลิตสร้างผลงานใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อบุคคล และสังคม หนึ่งในทักษะจำเป็นอย่างยิ่ง คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) เป็นทักษะการคิดในแบบต่างๆ เนื่องจากนักเรียนต้องประสบกับอุปสรรคในสังคมอยู่เสมอ รวมทั้งต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพ ในขณะที่โลกเปลี่ยนแปลงรวดเร็ว พลิกผัน รุนแรง และคาดไม่ถึงต่อการดำรงชีวิต ด้วยเหตุนี้ นักเรียนจึงต้องเรียนรู้การฝึกแก้ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยหลากหลายในสถานการณ์ใกล้ตัว ในแนวทางที่ยอมรับกันทั่วไป และแนวทางที่แตกต่างจากการยอมรับ รูปแบบการตั้งคำถามสำคัญที่ช่วยทำให้ความกระจ่างในมุมมองต่างๆ เพื่อนำไปสู่ทางออกที่ดีกว่า ทักษะการแก้ปัญหา (Problem solving) เป็นหนึ่งในทักษะส่วนบุคคลที่มีความสำคัญในยุคปัจจุบันเป็นอย่างมาก ซึ่งจะช่วยให้บุคคลสามารถทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบขั้นตอน และนำไปสู่แนวทางแก้ไขปัญหาเหล่านั้น ทักษะนี้มีความจำเป็นต่อทุกช่วงวัยของชีวิต ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยที่เติบโตเป็นผู้ใหญ่ การคิดแก้ปัญหาว่าเป็นรูปแบบการคิดแก้ปัญหาที่เริ่มจากการรับรู้ถึงสถานการณ์ที่ยังไม่ปรากฏขึ้นแล้วนำเอาสถานการณ์นั้นเข้ามาสู่ระบบการคิดแก้ปัญหา หรือค้นคว้าหาคำตอบที่แปลกใหม่เป็นแนวคิดที่มีคุณค่าตามกระบวนการคิดแก้ปัญหา Torrance (1987; อ้างถึงใน นฤมล ฉิมงาม, 2558) จากการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาในโรงเรียนพระนารายณ์ พบว่า ในการทำกิจกรรมที่ต้องมีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ระบุถึงสาเหตุของปัญหาได้ รวมถึงไม่สามารถหาวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ วิธีการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนยังไม่เป็นลำดับขั้นตอนและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้หรือนำความรู้ที่ได้มาแก้ปัญหาได้

ในวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551) ความรู้ทางชีววิทยาก้าวหน้าไปมากจนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาในระดับโมเลกุลได้ ทำให้การศึกษาชีววิทยามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น การทำความเข้าใจหน้าที่ของโครงสร้างต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตสำหรับนักเรียนบางครั้งต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในระดับโมเลกุล เนื้อหาสาระในเรื่องสารชีวโมเลกุล จึงมีบทบาทที่สำคัญต่อพื้นฐานการเรียนวิชาชีววิทยา ในการสอบวิชาสามัญ คือ ข้อสอบกลางที่จัดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ที่ใช้ในการคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัย ประกอบด้วย ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ สังคมศึกษา คณิตศาตร์ 1 ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ 2 และวิทยาศาสตร์ทั่วไป ซึ่งในรายงานค่าสถิติพื้นฐานวิชาชีววิทยา ปี 2562 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 31.20 คะแนน และในปี 2563 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 28.11 คะแนน ซึ่งมีคะแนนลดลง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เมื่อพิจารณาในรายวิชาชีววิทยาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษา จึงต้องเรียนหรือรู้เกี่ยวกับชีววิทยาเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ สิทธิชัย วิชัยดิษฐ (2559) กล่าวว่า สิ่งสำคัญที่ควรเน้นย้ำ ในการสอนชีววิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสอนปฏิบัติการ คือ การส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจว่า การเรียนรู้ชีววิทยานั้นไม่ได้มีเพียง การท่องจำคำศัพท์ ชื่อโครงสร้างและกระบวนการในสิ่งมีชีวิตอย่างเดียว แต่ควรเข้าใจวิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางชีววิทยา การวิเคราะห์ธรรมชาติของเนื้อหาชีววิทยานำไปสู่การออกแบบการสอนชีววิทยาที่มีประสิทธิผล สำหรับการเรียนรู้ชีววิทยาซึ่งมีคำศัพท์ทางเทคนิคที่ยากและกระบวนการที่ซับซ้อนหลายกระบวนการ ความคงทนในการเรียนรู้มีความจำเป็น ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพ นักเรียนควรมีความคงในการเรียนรู้ กล่าวคือ การที่นักเรียนยังสามารถคงไว้ซึ่งประสบการณ์ที่เคยเรียนรู้ และสามารถถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วได้ยิ่งในเนื้อหาพื้นฐานของชีววิทยาจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนและการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการคิดแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry method) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้โดยให้นักเรียนค้นหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางความคิด ผู้สอนจะเป็นฝ่ายจัดสิ่งแวดล้อมสถานการณ์ และสิ่งเร้าต่าง ๆ ให้นักเรียนได้มีโอกาสสังเกตเปรียบเทียบจนเกิดปัญหา แล้วผู้สอนกระตุ้นด้วยคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผล ค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไขปัญหา ที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปเป็นหลักการกฎเกณฑ์หรือวิธีการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือสร้างสรรค์สิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง นภาพรรณ ไพรพะยอม (2564) กล่าวว่าแนวทางสำหรับชีววิทยา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะที่สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากมโนมติชีววิทยา อยู่ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เป็นสาระการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการให้มีการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้การปัญหาโดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และมีการลง

มือปฏิบัติจริง จากการศึกษาเอกสารเพิ่มเติม พบว่า ในวิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุล เนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างระดับอะตอมและโมเลกุลของสารซึ่งเป็นนามธรรม กล่าวคือ สัมผัสของมนุษย์ไม่อาจรับรู้ได้โดยตรง เป็นสิ่งที่ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยตา หู จมูก ลิ้น และสัมผัส การจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ คือ การสร้างแบบจำลอง เป้าหมายในการสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่ออธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความเข้าใจยาก ซับซ้อนและเป็นนามธรรมอย่างสมเหตุสมผลและเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์เหล่านั้น นักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างแบบจำลอง ระหว่างการสร้างแบบจำลองก็จะส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการคิดพัฒนาองค์ความรู้ สำหรับการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาเข้าใจยากนั้นการสร้างแบบจำลองเป็นตัวช่วยในการอธิบายให้เข้าใจง่ายขึ้น ลฎาภา ลดาชาติ (2561) กล่าวว่า การสร้างและใช้แบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเพื่อพัฒนาความรู้ แบบจำลองไม่เพียงแค่ช่วยให้นักเรียนสื่อสารความคิดของตนเองเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นนามธรรม ให้เป็นรูปธรรมแล้ว แบบจำลองยังช่วยให้นักวิทยาศาสตร์อธิบายและพยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้อีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นแบบจำลองยังช่วยให้สร้างสมมติฐานใหม่ๆ เพื่อนำไปทดสอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ นำไปสู่การยืนยันหรือหักล้างสมมติฐานนั้นต่อไป

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวข้างต้น จึงมาสู่การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความสนใจศึกษาด้านวิทยาศาสตร์

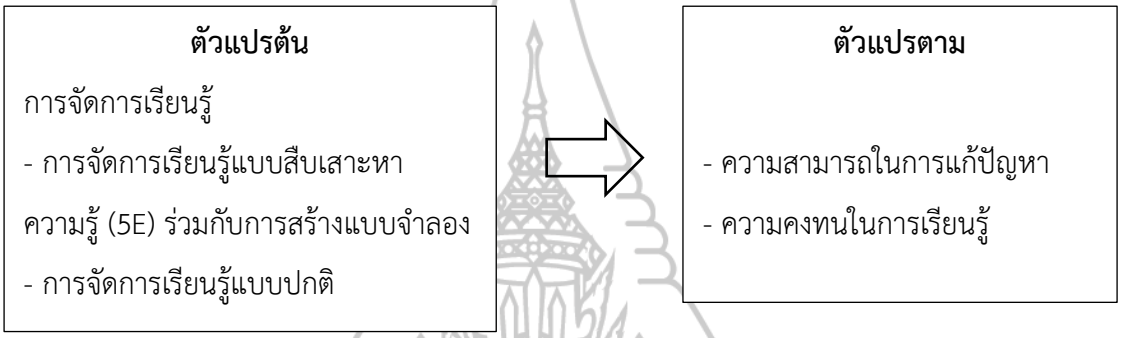
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

2.2 เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นสำคัญ และได้บูรณาการร่วมกับการสร้างแบบจำลองซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในความรู้ที่เป็นนามธรรม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้ได้กรอบแนวคิดของการวิจัยตามภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

4.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 366 คน

5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 76 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

5.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาชีววิทยา 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เรื่อง สารชีวโมเลกุล

5.4 ตัวแปรที่ศึกษา

5.4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความคงทนในการเรียนรู้

5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ระยะเวลาในการวิจัยทั้งสิ้น 8 สัปดาห์ จัดการเรียนการสอน 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ใช้เวลา 18 ชั่วโมง และเก็บข้อมูลความคงทนในการเรียนรู้หลังจากการเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ และค้นพบความจริงด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ตามเนื้อหาวิชา และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation)

6.2 การสร้างแบบจำลอง หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแทนแนวคิด ความเข้าใจในความรู้ เหตุการณ์ กระบวนการ ผ่านการเขียนรูปความจริงที่ต้องการอธิบายหรือแสดงองค์ประกอบสำคัญ ทั้งในรูปแบบแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพ และลักษณะท่าทาง เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายเป็นรูปธรรมมากขึ้น

6.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด การแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติเป็นหลักโดยสอดแทรกการให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่อตัวแทนทางความคิด จากความรู้และประสบการณ์เดิม ทำให้เนื้อหานามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น ในขั้นสำรวจและค้นหา หรือขั้นขยายความรู้

6.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือเป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจ หรือเกิดคำถาม เชื่อมโยงกับความรู้เดิมกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างคำถามจากกิจกรรมที่นำมากระตุ้นความสนใจ นำไปสู่การสร้างแบบจำลอง

6.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วางแผน ออกแบบ เลือกวิธีการสำรวจตรวจสอบและลงมือปฏิบัติหรือสร้างแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพ หรือลักษณะท่าทาง

6.3.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิด สะท้อนความเข้าใจจากผลในขั้นสำรวจและค้นหา มาอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบด้วยหลักฐาน หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

6.3.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เข้าใจและเพิ่มเติมความรู้หรือเนื้อหาเชิงลึก หรือขยายแนวคิด โดยการสร้างแบบจำลองที่เป็นคำพูด สัญลักษณ์ หรือภาพที่สอดคล้องกับคำถามหรือสถานการณ์ใหม่

6.3.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นประเมินความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนที่แสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้หรือทักษะที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

6.4 การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้หรือกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

6.4.1 ขั้นนำ เป็นขั้นเตรียมความพร้อมของนักเรียน ส่งเสริมความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เรื่องใหม่

6.4.2 ขั้นสอน เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาหรือจัดกิจกรรมต่างๆ โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจกับสารสนเทศใหม่ที่ได้รับ

6.4.3 ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาหรือสรุปความคิดรวบยอดด้วยตนเอง นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

6.5 ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการใช้ข้อมูลความรู้ ประสบการณ์ที่ผ่านกระบวนการคิด การตัดสินใจ มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การวัดใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นข้อสอบแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 1 ฉบับ มี 6 สถานการณ์ รวม 24 ข้อ

6.6 ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการเก็บและถ่ายโอนข้อมูลของสิ่งที่ได้เรียนรู้ ทักษะหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ จากความจำระยะสั้นไปสู่ความจำระยะยาว การวัดความคงทนในการเรียนรู้ใช้การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) โดยจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยทดสอบครั้งที่ 1 หลังเรียนจบเนื้อหาทันที และทดสอบครั้งที่ 2 หลังการทดสอบครั้งแรกผ่านไป 2 สัปดาห์

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

7.2 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เพื่อพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน

7.3 เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น หรือใช้กับนักเรียนระดับชั้นอื่น

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้นำเสนอตามหัวข้อ ต่อไปนี้

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
    1.2 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
    1.3 ผลการเรียนรู้สาระชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. การสร้างแบบจำลอง
    3.1 ลักษณะของแบบจำลอง
    3.2 การจัดการเรียนการสอนโดยการสร้างแบบจำลอง
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง
5. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ
6. ความสามารถในการแก้ปัญหา
    6.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา
    6.2 ขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหา
    6.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
7. ความคงทนในการเรียนรู้
    7.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้
    7.2 การพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้
    7.3 การวัดและประเมินผลความคงทนในการเรียนรู้
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

1.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพกาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

1.2 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนองการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตใน

ระบบนิเวศประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรงแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุงานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีสความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบน ทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

1.3 ผลการเรียนรู้สาระชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระชีววิทยา เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

1. อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได

2. อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

3. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

7. อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิก และระบุชนิดของกรดนิวคลิอิก และความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

8. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

9. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิตและระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

10. บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กลองจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาด โดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้ และการดูแลรักษากล องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง

11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์

13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

14. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร ออสโมซิส การแพรแบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต

15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

16. อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอนการหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอและภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

17. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กลองจุลทรรศน์พรอมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส

สาระชีววิทยา เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA

2. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA และ RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน

3. สืบค้นข้อมูล และอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชันรวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน

4. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีล โปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรม และเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล

5. สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล

6. อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยกและกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ และนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่างๆ ของรุ่น F1 และ F2

7. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

8. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม และยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกควบคุมด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ

9. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง

10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

11. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่าง และอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์ การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม และข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม

12. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับ หลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

13. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของฌอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาลส์ ดาร์วิน

14. ระบุสาระสำคัญและอธิบายเงื่อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแอลลีลในประชากร พร้อมทั้งคำนวณหาความถี่ของแอลลีลและจีโนไทป์ของประชากรโดยใช้หลักของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก

15. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายกระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต

2. การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

กู๊ด (Good, 1973) ได้ให้ความหมายของ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้หมายถึง เทคนิคในการจัดการเรียนรู้ โดยการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และพยายามค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

สาขาชีววิทยา (สสวท., 2550) การสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้อง

สืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า

ทิศนา แขมมณี (2556) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการดำเนินการเรียนการสอน โดยครูผู้สอน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ครูผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ และค้นพบความจริงด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ตามเนื้อหาวิชา และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation)

2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

บายบีและคณะ (Bybee et al., 2006) ได้นิยามความหมายในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูเข้าถึงความรู้เก่าของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนสนใจในมโนมติใหม่ด้วยกิจกรรมสั้น ๆ ที่กระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นและตรวจสอบความรู้เดิม กิจกรรมควรเชื่อมระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ แสดงมโนมติก่อนหน้าออกมาและจัดระเบียบความคิดที่มีต่อผลการเรียนรู้ของกิจกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ครูเตรียมกิจกรรมให้นักเรียนสำรวจและค้นหาอาจจะเป็นการทดลองที่ช่วยนักเรียนได้ใช้ความรู้เก่าในการสร้างความคิดใหม่ สำรวจและค้นหา ข้อสงสัย และออกแบบวิธีการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปจะมุ่งไปที่มุมมองของนักเรียนหลังจากผ่านการสร้างความสนใจและการสำรวจค้นหาโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ หรือพฤติกรรม ในขั้นนี้ครูคอยช่วยแนะนำให้นักเรียนรวมไปถึงครูอธิบายให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลึกซึ้งมากขึ้นซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของขั้นนี้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความเข้าใจและทักษะไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ด้วยกิจกรรมเพิ่มเติมเพื่อนักเรียนจะได้มีความเข้าใจข้อมูลและทักษะที่มากขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ขั้นการประเมินเป็นขั้นที่นักเรียนจะถูกประเมินความเข้าใจและความสามารถเพื่อครูจะได้ทราบถึงความก้าวหน้าและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นไปตามของวัตถุประสงค์ในการเรียนหรือไม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (สสวท.) ได้กล่าวถึงแต่ละขั้นตอนไว้ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย ใคร่รู้ อยากรู้อยากเห็น หรือขัดแย้ง เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาการศึกษาค้นคว้าหรือการทดลอง แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือปัญหาที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะศึกษา ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูสามารถจัดกิจกรรมได้หลายแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่อง/เหตุการณ์ ให้ค้นคว้า/อ่านเรื่อง อภิปราย/พูดคุย สนทนา ใช้เกม ใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจ ที่น่าสงสัยแปลกใจ

2. การสำรวจและค้นคว้า นักเรียนดำเนินการสำรวจ ทดลอง ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ

3. การอธิบาย นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งอาจเป็นรูปวาด ตาราง แผนผัง โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลสมเหตุสมผล การลงข้อสรุปถูกต้องเชื่อถือได้ มีเอกสารอ้างอิงและหลักฐานชัดเจน

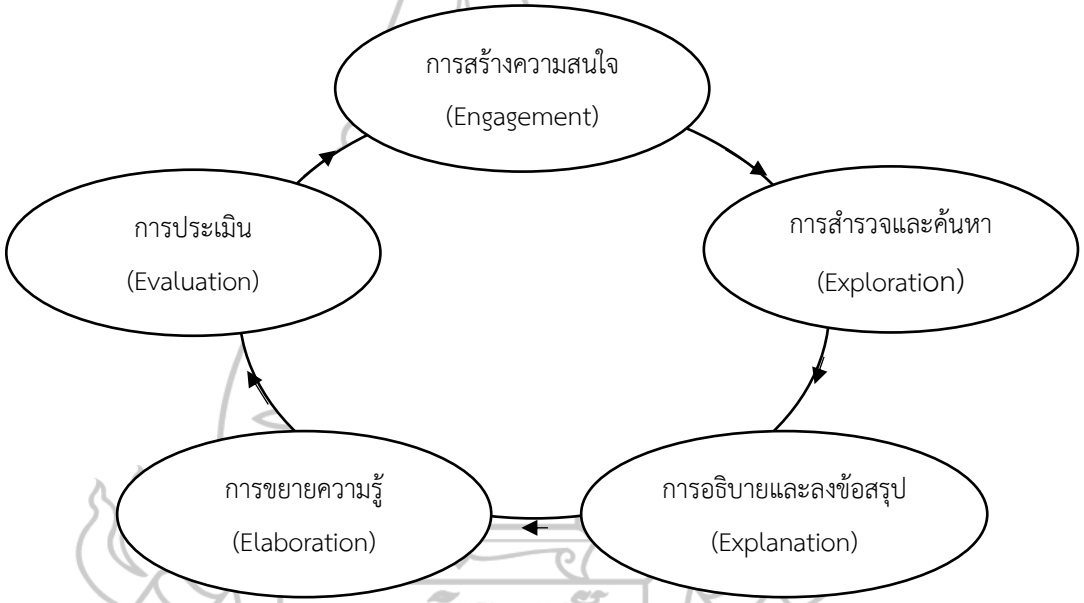
4. การขยายความรู้

4.1 ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลองเพิ่มขึ้น เช่น ตั้งประเด็นเพื่อให้นักเรียน ชี้แจงหรือร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซักถามให้นักเรียนชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้ที่ได้หรือเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับความรู้เดิม

4.2 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายและขยายความรู้เพิ่มเติมมีความละเอียดมากขึ้น ยกสถานการณ์ ตัวอย่าง อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบและลึกซึ้งยิ่งขึ้นหรือ

สมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่ความรู้ใหม่หรือความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือสถานการณ์อื่นๆ หรือสร้างคำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

5. การประเมิน ให้นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ โดยให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน คิดพิจารณาให้รอบคอบทั้งกระบวนการและผลงาน อภิปรายประเมินปรับปรุง เพิ่มเติมและสรุป ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง อ้างอิงทฤษฎีหรือหลักการและเกณฑ์ เปรียบเทียบผลกับสมมติฐาน เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม



ภาพที่ 2.1 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ซึ่งมี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม และกำหนดประเด็นที่จะศึกษา 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมข้อมูล วางแผนกำหนดการสำรวจตรวจสอบ หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียน

อธิบายและลงข้อสรุป เปิดโอกาสให้นักเรียน แสดงความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ หรือพฤติกรรม โดยมีครูผู้สอนคอยช่วยแนะนำให้นักเรียนมีความเข้าใจลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความเข้าใจและทักษะ ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ด้วยกิจกรรมเพิ่มเติม เพื่อขยายกรอบความคิดของนักเรียนให้ กว้างขึ้น ลึกซึ้งขึ้น และกระจ่างขึ้น 5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะถูกประเมิน ความเข้าใจและความสามารถผลผลิต เพื่อเป็นการตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ และทำให้ครูได้ทราบถึงความก้าวหน้าและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้

2.3 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนจะประสบความสำเร็จ ในแต่ละขั้นตอนครูต้องแสดงบทบาทของตนเองดังตารางที่ 2.1 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2550)

ตารางที่ 2.1 บทบาทครูในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือแนวคิดหรือเนื้อหา	- อธิบายแนวคิด - ให้คำจำกัดความและคำตอบ - สรุปประเด็นให้ - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บรรยาย
2. การสำรวจและค้นหา	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน - ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
3. การอธิบายและลงข้อสรุป	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่างๆ ในแผนภาพ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด	- ยอมรับคำอธิบายโดยมีหลักฐานหรือมีเหตุผลประกอบ - ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน - แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือทักษะ
4. การขยายความรู้	- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร	- ให้คำตอบที่ชัดเจน - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยาย - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน - อธิบายวิธีแก้ปัญหา
5. การประเมินผล	- สังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ทดสอบคำนิยามศัพท์และข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดใหม่ - ทำให้คลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงแนวคิดหรือทักษะ

บทบาทของผู้เรียนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) โดยผู้เรียนถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้นฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ แสดงความสนใจ

2. การสำรวจและค้นหา (Exploration) โดยผู้เรียนคิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็นและลงข้อสรุป

3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) โดยผู้เรียนอธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบายให้ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบายอ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหรือสังเกตในการอธิบาย

4. การขยายความรู้ (Elaboration) โดยผู้เรียนอธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย ฟังและพยายาม ทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้สอนอธิบาย อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกหรือสังเกตในการอธิบาย

5. การประเมินผล (Evaluation) โดยผู้เรียนตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ครูควรทำความเข้าใจในบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) (Montgomery County Public School, 2001, อ้างถึงใน โชติรส ฮับสมบูรณ์, 2564) สรุปได้ดัง ตาราง 2.2

ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอด	- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนั้นจึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ - แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบร่วมกัน - สังเกตและฟังคำโต้ตอบของนักเรียน - ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความรู้ของตนเอง - ให้เวลานักเรียนในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหา - ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแนวคิดจากเรื่องที่เรียนตามความเข้าใจของตนเอง โดยใช้คำพูดที่นักเรียนเข้าใจง่าย - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ส่งเสริมให้นักเรียนใช้หลักการและเหตุผลในการอธิบายหรือแสดงความคิดเห็น	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - เปิดใจรับฟังความคิดเห็นทั้งของเพื่อนและของครู - พยายามนำความรู้จากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ เช่น นำผลการทดลองมาอ้างอิงในการสรุปความรู้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- มุ่งหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรืออธิบาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือแนวคิดอะไร (ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	- ชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลหรือหลักฐาน คำจำกัดความ คำ อธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ถามคำถามจากเรื่องที่เรียนเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียน เมื่อนักเรียนนำแนวคิดหรือทักษะที่เกิดจากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ - ทำหน้าที่ประเมินทั้งความรู้และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจของนักเรียน - หาหลักฐานที่สนับสนุนว่า นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง - ให้นักเรียนได้ประเมินตนเอง เมื่อมีการทำกิจกรรมกลุ่ม	- ตอบคำถามโดยใช้การสังเกตจากหลักฐาน และจากทฤษฎี - แสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้อง - ประเมินตนเอง - ระบุคำถามที่สามารถนำไปสู่ประเด็นใหม่ที่สามารถตรวจสอบได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้ดังนี้

บทบาทของครู 1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูมีหน้าที่สร้างความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น คอยตั้งคำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิด และแสดงความคิดรวบยอด 2) ขั้นสำรวจและค้นหา ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ และคอยอำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด ให้เหตุผล และสรุปความรู้ โดยใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด 4) ขั้นขยายความรู้ ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่อย่างมีความหมาย 5) ขั้นประเมินผล ครูมีหน้าที่สังเกตนักเรียน เมื่อนักเรียนนำแนวคิดหรือทักษะที่เกิดจากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ ประเมินทั้งความรู้และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจของนักเรียน

บทบาทนักเรียน 1) ขั้นสร้างความสนใจ นักเรียนมีหน้าที่ แสดงความสนใจ โดยการถามคำถามถึงประเด็นที่สนใจหรือสงสัย 2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนมีหน้าที่ คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่นตลอดจนบันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนมีหน้าที่อธิบาย การแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ เปิดใจรับฟังความคิดเห็นทั้งของเพื่อนและของครู และนำความรู้จากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาอ้างอิงในการสรุปความรู้ 4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนมีหน้าที่ นำคำอธิบายและทักษะที่ได้จากเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 5) ขั้นประเมินผล นักเรียนมีหน้าที่ แสดงพฤติกรรมที่ บ่งบอกว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้อง

2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นอกจากมีวัตถุประสงค์ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ยังช่วยสร้างทักษะพื้นฐานให้กับนักเรียนซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ ของชีวิตได้ มีประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 6 ข้อ (Grand Canyon University, 2023) ได้แก่

1. สร้างความอยากรู้อยากเห็น นักเรียนส่วนใหญ่มีความอยากรู้อยากเห็นโดยธรรมชาติ เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนสามารถถามคำถามที่ต้องการถามและลองวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ที่ช่วยให้นักเรียนตระหนักว่าไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวหรือเส้นทางที่ถูกต้องเพียงเส้นทางเดียวในการแสวงหาความรู้เสมอไป

2. สร้างความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนจะต้องคิดอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับหัวข้อต่างๆ จากนั้นพิจารณาวิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และการคิดวิเคราะห์เพื่อคิดค้นวิธีการใหม่ๆ บางครั้งวิธีการหนึ่งอาจไม่ได้ผล จึงต้องลองทำสิ่งใหม่ๆ ช่วยให้นักเรียนคิดค้นสิ่งใหม่ๆ และสร้างแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อค้นหาคำตอบที่ต้องการ

3. เพิ่มทักษะในการแก้ปัญหา แนวทางการค้นคว้าเน้นไปที่การแก้คำถามหรือปัญหาปลายเปิด นักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์และการใช้เหตุผลเพื่อสรุปผลและปกป้องผลลัพธ์ที่ได้ นักเรียนจะต้องหาวิธีคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับปัญหาและเสนอวิธีแก้ปัญหาที่ไม่เคยลองมาก่อน

4. แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงกัน เมื่อนักเรียนเริ่มเรียนรู้เต็มที่ จะค้นพบความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่พยายามเรียนรู้กับข้อมูลที่รู้แล้ว ตัวอย่างเช่น นักเรียนที่สอบถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอาจต้องใช้ทักษะคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ

5. ให้ความเป็นอิสระแก่ผู้เรียน การเรียนรู้ในห้องเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรักในการเรียนรู้ผ่านความเป็นอิสระ แทนที่จะเพียงแค่ติดตามบทเรียน นักเรียนจะสร้างบทเรียนที่เรียนรู้โดยอาศัยการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้กลายเป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา

6. สร้างความแตกต่างอย่างแท้จริง เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไป นักเรียนสามารถทำงานคนเดียวหรือเป็นกลุ่มเล็กๆ ได้ นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลและนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาของตนเอง นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการนำเสนอผลลัพธ์ของตนเอง

3. การสร้างแบบจำลอง

3.1 ลักษณะของแบบจำลอง

Gilbert (2004) จำแนกแบบจำลองออกเป็น 8 แบบ คือ

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) เป็นตัวแทนที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้แทนความรู้ในความทรงจำหรือใช้แทนสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อเก็บรวบรวมลักษณะทางกายภาพของเหตุการณ์ต่างๆ จะเห็นได้ว่าแบบจำลองทางความคิด เป็นสิ่งที่สร้างขึ้นตามความคิดของแต่ละบุคคลที่แสดงออกมาเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ เพื่อเป็นตัวแทนของความคิด

2. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่มที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก เช่น แบบจำลองวัฏจักรของน้ำ แบบจำลอง DNA ของ Watson and Crick เป็นต้น

3. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ใหม่ๆ ของสสารได้ แต่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ เป็นต้น

4. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) เป็นตัวแทนที่ใช้นำเสนอแบบจำลองทางความคิดให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งสามารถแสดงออกได้ 5 ลักษณะด้วยกัน ดังนี้ แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม (Concrete model) แบบจำลองที่เป็นคำพูด (Verbal model) แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Symbolic model) แบบจำลองภาพ (Virtual mode) และแบบจำลองที่เป็นลักษณะท่าทาง (Gesture model)

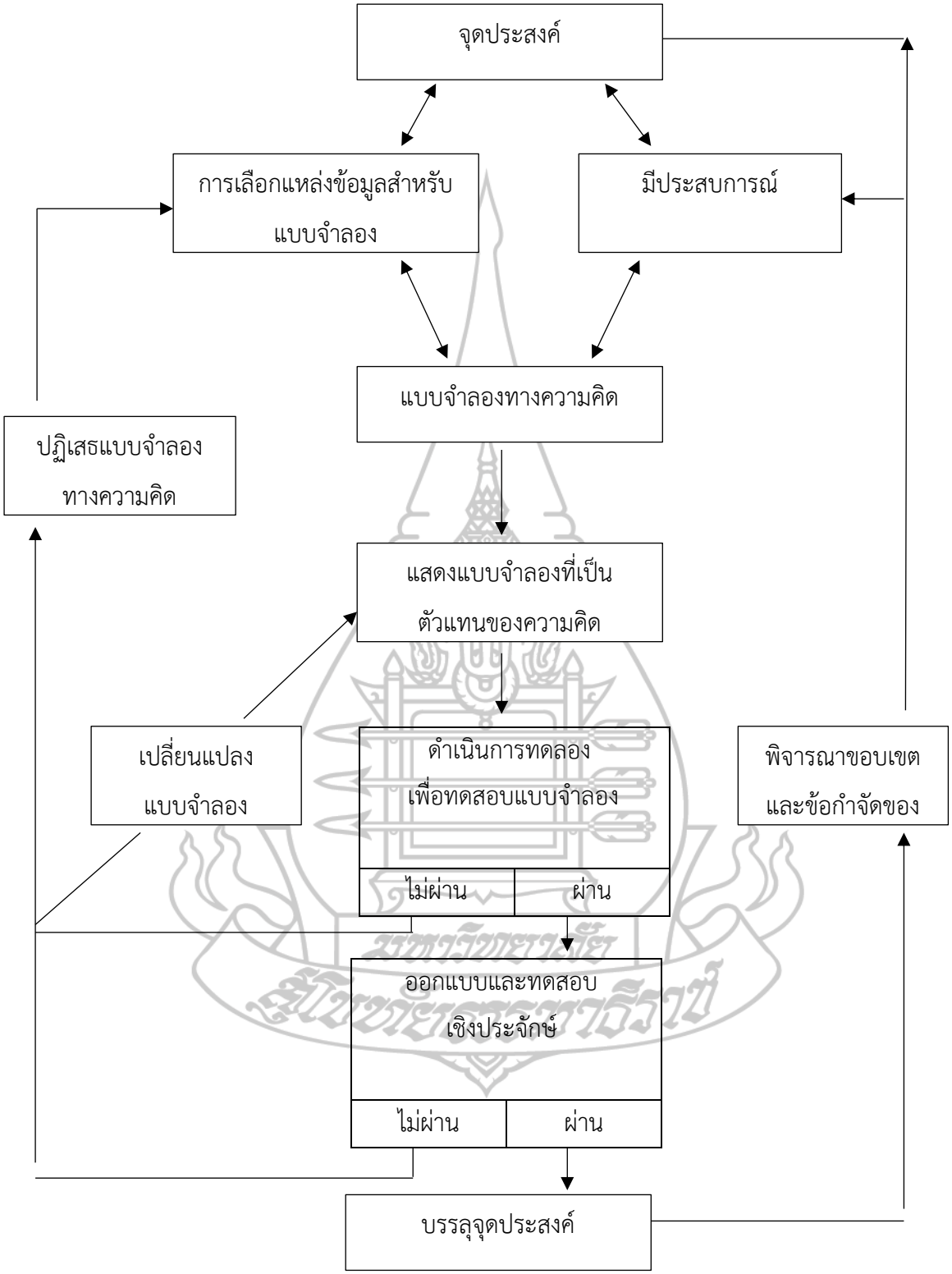
5. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) เป็นแบบจำลองที่แสดงออกใน 5 ลักษณะดังกล่าว ที่ได้รับการลงมติจากกลุ่มผู้ที่ศึกษาเรื่องนั้นๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของนักเรียนในชั้นเรียน เป็นต้น

6. แบบจำลองหลักสูตร (Curricular model) เป็นแบบจำลองที่อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอิสที่ใช้แสดงโครงสร้างอะตอมและการสร้างพันธะของสาร เป็นต้น

7. แบบจำลองการสอน (Teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมาอุปมัยระหว่างระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม เป็นต้น

8. แบบจำลองผสม (Hybrid model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลายๆ ประเภทร่วมกัน เช่น ในตอนเริ่มต้นการสอนเรื่องแบบจำลองอะตอมใน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อาจใช้แบบจำลองอะตอมของโบร์ แต่ในระดับอุดมศึกษาอาจใช้แบบจำลองของชโรดิงเจอร์เข้ามาช่วยอธิบายให้ชัดเจนมากขึ้น

Gilbert (2004) นำเสนอกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองของนักเรียน



ภาพที่ 2.2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง

(Gilbert, 2004)

จากภาพที่ 2.2 สามารถอธิบายได้ว่า การสร้างแบบจำลองของนักเรียนต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยเริ่มจากการพิจารณาวัตถุของการศึกษาปรากฏการณ์ แล้วนำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของปรากฏการณ์ การแสดงเหตุและผลการทำนายปรากฏการณ์ภายใต้บริบทของสภาพแวดล้อม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมซึ่งอาจเป็นประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่ได้รับจากแหล่งข้อมูลต่างๆ นักเรียนเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ ต่อจากนั้นนักเรียนแสดงหรือนำเสนอแบบจำลองโดยใช้สื่อวัสดุ ภาพ ภาษา หรือ แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการแสดงแบบจำลองมีการพัฒนาเป็นวงจรร่วมกับการพัฒนาการสร้างแบบจำลองทางความคิด นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและทดสอบเชิงประจักษ์ เมื่อนักเรียนพิจารณาผลการสอบแบบจำลอง หากผลการทดสอบแบบจำลองสอดคล้องจุดประสงค์ที่สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ได้ แต่ถ้าผลการสอบทดสอบในกระบวนการสำรวจตรวจสอบผิดพลาด นักเรียนจะแก้ไขและเปลี่ยนแปลงแบบจำลอง เมื่อแก้ไขแบบจำลองแล้วนำไปสู่การทดสอบเชิงประจักษ์ หากผลการทดสอบยังคงความผิดพลาด นักเรียนเข้าสู่การปฏิเสธแบบจำลองและดำเนินการสร้างแบบจำลองใหม่ แต่หากแบบจำลองถูกต้องและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้จะนำไปสู่ขั้นตอนการพิจารณาขอบเขตและข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Gilbert, 2004)

ลักษณะของแบบจำลอง คือ แบบจำลองต้องมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยเริ่มจากการพิจารณาวัตถุของการศึกษาปรากฏการณ์ แล้วนำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของปรากฏการณ์ การแสดงเหตุและผลการทำนายปรากฏการณ์ภายใต้บริบทของสภาพแวดล้อม เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนักเรียนใช้ประสบการณ์เดิม ซึ่งอาจเป็นประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่ได้รับจากแหล่งข้อมูลต่างๆ นักเรียนเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์ ต่อจากนั้นนักเรียนแสดงหรือนำเสนอแบบจำลอง ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบจำลองทางความคิด แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองประวัติศาสตร์ แบบจำลองที่แสดงออก แบบจำลองมติของกลุ่ม แบบจำลองหลักสูตร แบบจำลองการสอน และแบบจำลองผสม

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น การสร้างแบบจำลอง หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองแทนแนวคิด ความเข้าใจในความรู้ เหตุการณ์ กระบวนการผ่านการเขียนรูปความจริงที่ต้องการอธิบายหรือแสดงองค์ประกอบสำคัญ ทั้งในรูปแบบแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพ และลักษณะท่าทาง เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

3.2 การจัดการเรียนรู้โดยการสร้างแบบจำลอง

Schwarz et al. (2009) กล่าวว่าความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นการนำความรู้มาสร้างแบบจำลอง เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการสร้างแบบจำลอง รายละเอียดดังนี้

1.1 สร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี เพื่อที่จะสามารถยกตัวอย่างในการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

1.2 ใช้แบบจำลองเพื่อใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบายและทำการทำนายปรากฏการณ์

1.3 เปรียบเทียบและประเมินความสามารถของการสร้างแบบจำลองที่ต่างกันเพื่อสามารถอธิบาย และแสดงแบบแผนของปรากฏการณ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง และสามารถทำนายปรากฏการณ์ใหม่

1.4 ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อที่จะเพิ่มความสามารถของการทำนายและการอธิบาย ซึ่งพิจารณาหลักฐานหรือลักษณะของปรากฏการณ์ที่เพิ่มเติมขึ้น

2. ความรู้ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยความเข้าใจในวัตถุประสงค์ ธรรมชาติของแบบจำลอง เกณฑ์ของการประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

2.1.1 แบบจำลองเป็นเครื่องมือของการสร้างความเข้าใจเพื่อที่จะสามารถสร้างความรู้

2.1.2 แบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อใช้ในการถ่ายทอดความเข้าใจและความรู้

2.1.3 แบบจำลองสามารถใช้เพื่อพัฒนาความเข้าใจใหม่ ๆ หรือการทำนายลักษณะใหม่ ๆ ของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2.1.4 แบบจำลองถูกใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2.2 ธรรมชาติของแบบจำลอง

2.2.1 แบบจำลองสามารถแทนสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นและไม่สามารถเข้าถึง

2.2.2 แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถให้ประโยชน์ที่แตกต่าง

2.2.3 แบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.4 แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อสามารถสะท้อนในการเกิดความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.2.5 แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพสองมิติ วัสดุสามมิติ สถานการณ์จำลอง ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น

2.3 เกณฑ์การประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

2.3.1 แบบจำลองจำเป็นต้องยึดอยู่บนหลักฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์

2.3.2 แบบจำลองจำเป็นต้องรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558, อ้างถึงใน ณัฐมน สุชัยรัตน์, 2558) ได้เสนอการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (generating model) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ให้นักเรียนทำนายผลของการปฏิบัติและการอธิบายเหตุผลการทำนาย

2. การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ขั้นนี้ควรฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ นักเรียนต้องตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3. การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model) ขั้นนี้นักเรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง โดยนักเรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4. การขยายแบบจำลอง (elaborating model) นักเรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่นๆ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ตนเองสร้างและได้เรียนรู้ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปลักษณะของการจัดการเรียนการสอนโดยการสร้างแบบจำลอง ดังนี้ 1) การสร้างแบบจำลอง (generating model) นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจ 2) การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) นักเรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูล 3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model) นักเรียนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งแบบจำลองนั้นสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง 4) การขยาย

แบบจำลอง (elaborating model) นักเรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ

4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด การแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติเป็นหลักโดยสอดแทรกการให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเพื่อตัวแทนทางความคิด จากความรู้และประสบการณ์เดิม ทำให้เนื้อหานามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น ในขั้นสำรวจและค้นหา หรือขั้นขยายความรู้

4.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือเป็นขั้นที่ครูกระตุ้นความสนใจ หรือเกิดคำถาม เชื่อมโยงกับความรู้เดิมกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างคำถามจากกิจกรรมที่นำมากระตุ้นความสนใจ นำไปสู่การสร้างแบบจำลอง

4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่สำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วางแผน ออกแบบ เลือกวิธีการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติหรือสร้างแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพ หรือลักษณะท่าทาง

4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิด สะท้อนความเข้าใจจากผลในขั้นสำรวจและค้นหา มาอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบด้วยหลักฐาน หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

4.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เข้าใจและเพิ่มเติมความรู้หรือเนื้อหาเชิงลึก หรือขยายแนวคิด โดยการสร้างแบบจำลองที่เป็นคำพูด สัญลักษณ์ หรือภาพที่สอดคล้องกับคำถามหรือสถานการณ์ใหม่

4.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นประเมินความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนที่แสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้หรือทักษะที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

5. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ

การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้หรือกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 ขั้นนำ เป็นขั้นเตรียมความพร้อมของนักเรียน ส่งเสริมความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้เรื่องใหม่

5.2 ขั้นสอน เป็นขั้นที่นักเรียนได้รับความรู้ในเนื้อหาหรือจัดกิจกรรมต่างๆ โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจกับสารสนเทศใหม่ที่ได้รับ

5.3 ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาหรือสรุปความคิดรวบยอดด้วยตนเอง นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

6. ความสามารถในการแก้ปัญหา

6.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

Dewey (1910) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นการคิดหาวิธีการหรือขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อหาทางออกให้สถานการณ์ที่เกิดขึ้น

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยระบุปัญหาจากสถานการณ์ กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัด รวบรวมข้อมูลต่าง นำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น อาจมีได้หลากหลายวิธีการ ซึ่งต้องพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ ง่ายที่สุด ปลอดภัยที่สุดให้ผลคุ้มค่าที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้

วนัสนันท์ ชูรัตน์ (2564) ความสามารถในการแก้ปัญหาสรุปได้ว่าความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นกระบวน วิธี หรือวิธีคิด เพื่อแก้ไขสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ โดยทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหา และใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ

พิมพ์พร ภิญโญ (2565) การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ คือ การคิดแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเผชิญปัญหา 2) การพิจารณาปัญหา 3) การดำเนินการแก้ปัญหา 4) การประเมินผล จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่า ทักษะการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้จากความเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น โดยวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและผลที่เกิดขึ้น จากองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลักการ ประสบการณ์เดิมจาก

การเรียนรู้ของบุคคล นำมาคิดและลงมือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้โดยพิจารณาวิธีการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและนำความรู้ที่เกิดขึ้นไปใช้ หรือ ลงมือปฏิบัติจริงตามลำดับขั้นตอน เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามที่กำหนดไว้จากการศึกษา

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการใช้ข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ที่ผ่านกระบวนการคิด การตัดสินใจ มาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การวัดใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

6.2 ขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหา

Polya (1957, อ้างถึงใน รัตติกาล สิทธิยศ, 2560) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจในปัญหา โดยการพยายามทำความเข้าใจในสัญลักษณ์ต่างๆ ในปัญหา สรุป วิเคราะห์ แปลความ ทำความเข้าใจให้ได้ว่าโจทย์ถามถึงอะไร ข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง ข้อมูลมีเพียงพอหรือไม่

ขั้นที่ 2 การวางแผนในการแก้ปัญหา โดยมีการแยกแยะปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อสะดวกต่อการลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาและวางแผนว่าจะใช้วิธีใดในการแก้ปัญหา เช่น การลองผิดลองถูก การหารูปแบบ การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ตลอดจนความคล้ายคลึงของปัญหาเดิมที่เคยทำมา

ขั้นที่ 3 การลงมือทำตามแผน เป็นขั้นที่ดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ถ้าขาดลักษณะใดจะต้องเพิ่ม เพื่อนำไปใช้ให้ได้เกิดผลดี ขั้นนี้จะรวมถึงวิธีการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบวิธีการและคำตอบของปัญหา เพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นเป็นวิธีการที่ถูกต้อง

Weir (1974) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา เป็นขั้นระบุปัญหาภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

2. ขั้นระบุสาเหตุของปัญหา เป็นขั้นพิจารณา วิเคราะห์แยกแยะสาเหตุของปัญหาที่เป็นไปได้ จากสถานการณ์ที่กำหนด

3. ขั้นค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือเสนอแนวทางแก้ปัญหา เป็นขั้นคิดค้นและเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา เป็นขั้นอธิบายผลที่ได้จากการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

นอกจากนี้ Weir (1974) ได้ให้หลักการแก้ปัญหา (Perception for Solution) 6 ประการซึ่งจะสามารถช่วยในการแก้ไขปัญหาได้ ดังนี้

หลักการข้อที่ 1 เริ่มต้นการวิเคราะห์ว่าปัญหาคืออะไร ทบทวนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งได้รูปแบบที่ครอบคลุมเรื่องทั้งหมด ต่อไปคือการแยกแยะปัญหาที่แท้จริงจากสิ่งที่เห็นได้ง่าย จากนั้นให้โยงปัญหาที่ใกล้ตัวเข้ากับปัญหาทั้งหมดซึ่งบางครั้งอาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่แฝงอยู่ในปัญหา กล่าวโดยสรุปหลักการข้อนี้ก็คือการหาความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ย่อย ๆ ต่าง ๆ และความเหมาะสมในกลุ่มของเหตุการณ์นั้น ๆ

หลักการข้อที่ 2 การตัดสินในการนิยามปัญหา ซึ่งหลักการข้อนี้จะคลี่คลายข้อสงสัยที่ติดอยู่ในใจ ซึ่งลักษณะของปัญหาสวนใหญ่คือ เรื่องการให้ความหมายของคำ คือการให้ความหมายที่คำนึงถึงความเหมาะสมของข้อความมากกว่าความเป็นจริง หลีกเลี่ยงได้โดยระมัดระวังการนิยามความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

หลักการข้อที่ 3 การเรียบเรียงเหตุการณ์ต่าง ๆ ของปัญหา

หลักการข้อที่ 4 ถ้าพบว่าไม่มีทางหาคำตอบจากวิธีการเดิมให้หาวิธีการใหม่

หลักการข้อที่ 5 หยุดเมื่อติดขัดหรือพบอุปสรรค

หลักการข้อที่ 6 ปรึกษาปัญหากับผู้อื่น ซึ่งจะทำให้เกิดแง่คิดต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the problem) ผู้แก้ปัญหาจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหาที่พบให้ถ่องแท้ในประเด็นต่าง ๆ คือ (1) ปัญหาถามว่าอย่างไร (2) มีข้อมูลใดแล้วบ้าง (3) มีเงื่อนไขหรือความต้องการข้อมูลใดเพิ่มเติมอีกหรือไม่ การวิเคราะห์ปัญหาอย่างดีจะทำให้ขั้นตอนต่อไปดำเนินไปอย่างราบรื่น การประเมินว่านักเรียนเข้าใจปัญหามากน้อยเพียงใดทำให้ขั้นตอนต่อไปดำเนินไปอย่างราบรื่น การประเมินว่านักเรียนเข้าใจปัญหามากน้อยเพียงใด ทำโดยการกำหนดให้นักเรียนเขียนแสดงถึงประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา (Devising a plan) ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลจากปัญหาที่ได้วิเคราะห์แล้วขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ๆ และนำไปประกอบการวางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมินผล (Carrying Out the Plan) ขั้นตอนนี้เป็นการลงมือแก้ปัญหาและประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาและผลที่ได้ถูกต้องหรือได้ผลเป็นอย่างไร ถ้าการแก้ปัญหาทำได้ถูกต้อง ก็จะมีการประเมินต่อไปว่า วิธีการนั้นน่าจะยอมรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ หรือไม่ แต่ถ้าพบว่าการแก้ปัญหานั้นไม่ประสบผลสำเร็จก็จะต้องย้อนกลับไปเลือกวิธีการแก้ปัญหาอื่น ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในขั้นที่ 2 และถ้ายังไม่ประสบผลสำเร็จนักเรียนจะต้องย้อนกลับไปทำความเข้าใจกับปัญหาใหม่ว่ามีข้อบกพร่องประการใด

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบการแก้ปัญหา (Looking Back) เป็นการประเมินภาพรวมของการแก้ปัญหา ทั้งในด้านวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา และการตัดสินใจ รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ ทั้งนี้ การแก้ปัญหาใด ๆ ต้องตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหา คือ กระบวนการแก้ปัญหา แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การระบุปัญหา 2) การระบุสาเหตุของปัญหา 3) แนวทางแก้ปัญหา และ 4) ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา

6.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา

Nitko (2007, อ้างถึงใน อัญญาพร สุคนธพันธ์, 2559) เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identifying the problem) เป็นการระบุสาเหตุของปัญหา และอธิบายรายละเอียดของสถานการณ์ ส่วนใหญ่มักใช้คำถามว่า ปัญหาจากสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

2. การระบุสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง (Identifying irrelevancies) เป็นการการระบุข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

3. การระบุข้อสันนิษฐาน (Identifying assumptions) เป็นการคาดเดาข้อมูล ระบุวิธีการแก้ปัญหา และข้อสันนิษฐานที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

4. การอธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (Describing multiple strategies) เป็นการคิดแก้ปัญหาโดยใช้แนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน

5. การตัดสินเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Justifying solutions) เป็นการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ภายใต้หลักการและเหตุผลในการเลือกวิธีแก้ปัญหานั้น

6. การรวมข้อมูลเข้าด้วยกัน (Integrating data) เป็นการประเมินความสามารถในการคิดขั้นตอนสำหรับวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่ในสถานการณ์ที่กำหนดให้

7. การสร้างทางเลือก (Producing alternate strategies) เป็นการประเมินความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างน้อย 2 วิธีขึ้นไป

8. การใช้วิธีการเปรียบเทียบ (Using analogies) เป็นการประเมินความสามารถในการอธิบายวิธีการแก้ปัญหาโดยการเปรียบเทียบกับวิธีแก้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกัน

9. การประเมินวิธีการแก้ปัญหา (Evaluating the quality of the solution) เป็นการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลที่ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหานั้น โดยสามารถระบุได้ว่ามีข้อดีมากกว่าการวิธีแก้ปัญหาอื่น ๆ

สุวิทย์ มูลคำ (2551, อ้างถึงใน วนัสนันท์ ชูรัตน์, 2564) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาไว้ 3 ขั้นตอนใหญ่ ดังนี้

1. ขั้นเตรียม ผู้สอนศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาสาระและจุดประสงค์อย่างละเอียดและวางแผนกำหนดกิจกรรมเป็นขั้นตอนตามลำดับ

2. ขั้นการเรียนรู้

2.1 ขั้นกำหนดปัญหา ผู้สอนเน้นให้ผู้เรียนมองเห็นและเข้าใจปัญหา รวมทั้งกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งผู้สอนอาจใช้เทคนิควิธีต่าง ๆ เช่น การเล่าเรื่อง การสร้างสถานการณ์จำลอง เป็นต้น

2.2 ขั้นตั้งสมมติฐาน เป็นขั้นคาดคะเนคำตอบของปัญหา โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ช่วยในการคาดคะเน ปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือวิธีการแก้ปัญหานั้นน่าจะแก้ไขได้โดยวิธีใดบ้าง ซึ่งควรจะตั้งสมมติฐานไว้อย่างหลากหลาย

2.3 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะเป็นการคิดหาวิธีวางแผนเพื่อแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลจากปัญหาที่ได้วิเคราะห์ไว้แล้วในขั้นที่ 2.1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น แล้วนำมาใช้ประกอบการวางแผนแก้ปัญหา ในกรณีที่ปัญหาต้องตรวจสอบโดยการทดลอง ขั้นตอนนี้จะเป็นการวางแผนการทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การตั้งสมมติฐาน กำหนดวิธีทดลองหรือตรวจสอบ และอาจรวมทั้งแนวทางในการประเมินผลการแก้ปัญหา

2.4 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งต่างๆ เช่น ค้นคว้าจากตำรา เอกสารต่าง ๆ สัมภาษณ์ผู้รู้ หรือผู้เชี่ยวชาญ หรือทำการทดลองแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้ โดยอาจใช้วิธีการจดบันทึกข้อมูลหรือวิธีอื่น ๆ ตามความเหมาะสมเพื่อจะนำข้อมูลมาทดลองสมมติฐานในขั้นต่อไป

2.5 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐาน เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นมาวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่

2.6 ขั้นสรุปผล ผู้เรียนประเมินผลวิธีการแก้ปัญหาหรือตัดสินใจเลือกวิธีการที่ได้ผลดีที่สุดในการแก้ปัญหา หรือเป็นลักษณะการสรุปลงไปว่าเชื่อสมมติฐานใดนั่นเอง โดยอาจสรุปในรูปของหลักการที่จะนำไปอธิบายเป็นคำตอบ หรือเป็นวิธีแก้ของปัญหาที่กำหนดไว้ตลอดจนการนำความรู้ไปใช้

3. ขั้นประเมินผล ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการต่างๆ ที่หลากหลาย นำผลการประเมินไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนต่อไป

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหา โดยขั้นแรกเป็นขั้นกำหนดปัญหา อาจเป็นสถานการณ์ที่มีลักษณะที่ใช้สถานการณ์จริงที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เหตุการณ์ สังคม หรือสถานการณ์จำลอง โดยมีคำถามที่มีลักษณะแบบปลายเปิดหรือคำสั่งให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการแก้ปัญหา ขั้นสาเหตุของปัญหา นักเรียนต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ช่วยในการคาดคะเน ว่าปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร ขั้นวิธีการหรือแนว

ทางการแก้ปัญหา นักเรียนคิดหาวิธีวางแผนเพื่อแก้ปัญหาจากข้อมูลที่รวบรวม ค้นคว้ามาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ และขั้นประเมินหรือตรวจสอบผลการแก้ปัญหา นักเรียนประเมินผลวิธีการแก้ปัญหาหรือตัดสินใจเลือกวิธีการที่ได้ผลดีที่สุดในการแก้ปัญหา

7. ความคงทนในการเรียนรู้

7.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้

Adum (1967, อ้างถึงใน ปวีณา อนุวัตร์, 2559) ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง การคงไว้ของผลการเรียน หรือความสามารถที่ระลึกถึงสิ่งเร้าที่เคยได้รับการเรียนรู้หรือเคยมีประสบการณ์ในการรับรู้มาก่อน หลังจากทิ้งระยะเวลาไว้ช่วงหนึ่ง

นูรมา อาลี (2559) ความคงทนทางการเรียนรู้ หมายถึง การคงไว้ซึ่งปริมาณของสิ่งที่ได้เรียนรู้ เป็นความสามารถในการแสดงให้รู้ว่าได้เรียนรู้สิ่งใดมาแล้วบ้าง หรือความสามารถที่จะระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยเรียนหรือเคยมีประสบการณ์หลังจากที่ได้ทิ้งระยะไว้ระยะหนึ่ง หรืออาจกล่าวได้ว่าความคงทนในการเรียนรู้ ก็คือ การจำนั่นเอง ดังที่ สุรางค์ โค้วตระกูล (2544, น.250) ได้ให้คำจำกัดความของความจำไว้ว่า คือ ความสามารถที่จะเก็บสิ่งที่เรียนรู้ไว้ได้เป็นเวลานานและสามารถค้นคว้ามาใช้หรือระลึกได้ ดังนั้น ความคงทนในการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรสัตว์ หมายถึง การคงไว้ซึ่งปริมาณสิ่งที่ได้เรียนรู้ ซึ่งสามารวัดได้โดยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่แสดงถึงความสามารถในการระลึกได้ต่อสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว โดยเว้นระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์

โชติรส ฮับ สมบูรณ์ (2564) ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการสะสมความรู้และการระลึกถึงเนื้อหา ความรู้ หรือสิ่งต่าง ๆ ได้ เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น โดยจะต้องเป็นเรื่องที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนรู้ หรือเคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้มาแล้ว หลังจากทิ้งช่วงระยะเวลาไประยะหนึ่งกล่าวคือ ความคงทนในการจำ ซึ่งสามารถประเมินความคงทนในการจำได้จากการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อประเมินนักเรียนว่า หลังจากที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ และทิ้งห่างไปช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยเพียงใด

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการจดจำ ระลึกได้ ถึงผลของสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ เมื่อเวลาผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง

7.2 การพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้

Gagne (1985, อ้างถึงใน โชติรส ฮับ สมบูรณ์, 2564) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้และการจำที่ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1. การจูงใจ (Motivation Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน

2. การทำความเข้าใจ (Apprehending Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์หรือประเด็นที่ใช้ในการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ

3. การเรียนรู้สิ่งใหม่สู่การจำ (Acquisition Phase) เป็นขั้นที่นำสิ่งใหม่ที่ได้เรียนรู้เกิดเป็นความสามารถใหม่ในตัวบุคคล

4. ความสามารถในการสะสมสิ่งที่ได้เรียนรู้ไว้ในความจำ (Retention Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้นำความรู้จากประสบการณ์ เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง จะถูกเก็บไว้ในการจำ

5. การรื้อฟื้น (Recall Phase) เป็นขั้นที่นำสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วออกมาใช้ได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้น

6. การสรุปหลักการ (Generalization Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถนำความรู้จากเรื่องที่เรียนมาแล้ว ไปปรับใช้ในประเด็นใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่เผชิญ

7. การลงมือปฏิบัติ (Performance Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้แสดงออกถึงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการเรียนรู้

8. การสร้างผลย้อนกลับ (Feedback Phase) เป็นขั้นที่ทำให้ทราบถึงผลการเรียนรู้ หากในขั้นทำความเข้าใจและขั้นการเรียนรู้ไม่ประสบผลสำเร็จ จะส่งผลต่อขั้นการจำทำให้นักเรียนไม่สามารถจดจำเรื่องที่เรียนมาได้ สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ส่งผลต่อการจำของนักเรียน ดังนั้นครูควรจัดการเรียนรู้ ดังนี้

8.1 การจัดบทเรียนให้มีความหมาย (Meaningfulness) ได้แก่

8.1.1 การสร้างสื่อสัมพันธ์ (Mediation)

8.1.2 การจัดระบบไว้ล่วงหน้า (Advance Organization)

8.1.3 การจัดลำดับชั้น (Hierarchical)

8.1.4 การจัดเข้าหมวดหมู่ (Organization)

8.2 การจัดสถานการณ์การเรียนรู้ (Management of Learning) ซึ่งทำได้ดังนี้

8.2.1 การนึกถึงสิ่งที่เรียนในขณะที่เรียนอยู่ (Recall during Practice)

8.2.2 การเรียนเพิ่มเติม (Over Learning)

8.2.3 การทบทวนบทเรียน (Periodical Reviews)

8.2.4 การจำอย่างมีหลักเกณฑ์ (Logic Memory)

8.2.5 การท่องจำ (Reactivation)

8.2.6 การใช้จินตนาการ (Imaginary)

สุกานดา ส.มนัสทวีชัย (2540, อ้างถึงใน ไอลัดดา ปามุทา, 2560) ได้กล่าวถึงหลักการเกี่ยวกับความคงทนในการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การเรียนรู้สิ่งที่มีความหมายต่อผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนได้เร็วและจำได้นานกว่าสิ่งที่ไร้ความหมาย

2. การเรียนรู้ที่จะเชื่อมโยงวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันมากกว่า 2 อย่างขึ้นไป จะเกิดขึ้นได้ถ้านำวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นไว้ติดกันหรือต่อเนื่องกัน หลักการนี้มาจากหลักความใกล้ชิด (Proximity) และหลักความต่อเนื่อง (Contiguity)

3. ความถี่ของสิ่งเร้า (stimulus) และการตอบสนองที่เกิดขึ้นเหมือนหรือคล้ายกันมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ตามกฎความถี่ของ Thorndike การกระทำซ้ำๆ หรือการซักซ้อมนั้น จะเกิดประโยชน์อย่างดีต่อความคงทนของข้อมูลในระยะสั้นๆ แต่กระบวนการที่ใช้ เช่น การใช้รหัส การเสริมแต่งและการถ่ายทอดเป็นอย่างดีจะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับความคงทนของข้อมูลความจำในระยะยาว

4. การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับผลการเรียน ถ้าผลการเรียนนั้นมีความชื่นชอบ และลดความตึงเครียด มีประโยชน์ เป็นการให้รางวัลหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามกฎของ Thorndike คือ Law of Effect

วิธีการที่จะช่วยให้เกิดความจำระยะยาวได้ดี แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การจัดบทเรียนให้มีความหมาย

2. การจัดสภาพช่วยการสอนการจัดบทเรียนให้มีความหมาย หากเนื้อหามีความหมายเพียงพอแล้วย่อมจะไม่มีการลืมเนื้อหานั้น แม้เนื้อหานั้นจะมีโครงร่างไม่ดีนัก แต่หากมีความหมาย แก่ผู้เรียนเขาก็จะจดจำได้นาน ดังนั้นเพื่อให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้หรือความจำได้ดีขึ้น เราอาจจะกระทำได้ดังนี้

2.1 การสร้างสื่อสัมพันธ์ (Mediation) เป็นวิธีการสร้างความสัมพันธ์ที่มีความหมายช่วยในการจำบทเรียนที่ขาดความหมาย

2.2 การจัดระบบไว้ล่วงหน้า (Advanced Organization) เป็นการสรุปโครงสร้างหรือกระบวนการเกี่ยวกับบทเรียนให้นักเรียนทราบก่อนการเรียนในเนื้อหาวิชานั้นๆ

2.3 การจัดเป็นลำดับขั้น (Hierarchical Structure) เน้นการจัดบทเรียนให้เป็นลำดับตามขั้นตอนการเรียนรู้ในลำดับขั้นต่ำกว่า จะเป็นพื้นฐานให้เรียนรู้ขั้นตอนที่สูงขึ้นเป็นลำดับไป นักเรียนต้องมีความรู้ในขั้นแรกก่อนที่จะเรียนรู้ในขั้นต่อไป

2.4 การจัดเข้าเป็นหมวดหมู่ (Organization) เป็นการนำข้อมูลที่ได้เรียนรู้แล้วมาจัดให้เข้าเป็นระบบระเบียบและเข้าแบบแผน จะใช้ในกรณีต้องการสร้างความเชื่อมโยงของข้อมูล

จำนวนมากๆ การจัดข้อมูลนี้จะเป็นการประหยัดเนื้อที่การเก็บข้อมูลในสมอง ปัญหาของการเก็บข้อมูลไว้ในความจำระยะยาวคือ การรื้อฟื้นรอยความจำขึ้นมาได้ยาก แต่การจัดระเบียบแบบแผนจะช่วยให้การค้นหาข้อมูลขึ้นมาจากร้อยความจำง่ายขึ้น การจัดระเบียบแบบแผนอาจกระทำได้ โดยการจัดตามหัวข้อเรื่องและการจัดตามลำดับอนุกรม ประเภท หรือความยากง่าย เป็นต้น

Whatfix (2022) ปัจจัยที่ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้

1. ความสนใจและแรงจูงใจ ความสนใจและแรงจูงใจของผู้เรียนที่อยู่เบื้องหลังการเรียนรู้มีความสำคัญสูงสุด เมื่อการเรียนรู้มาพร้อมกับแรงจูงใจ การเรียนรู้จะถูกเก็บไว้เป็นเวลานาน เพราะสมองของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะมุ่งเน้นไปที่เรื่องที่สนใจมากกว่า

2. การทำซ้ำ การทำซ้ำสื่อการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญในการรักษาการเรียนรู้ ยิ่งแต่ละคนทำซ้ำหรือฝึกฝนงานมาก งานนั้นก็จะยิ่งถูกเก็บไว้ในความทรงจำมากขึ้นเท่านั้น

3. ความคิดเห็นร่วมกัน การให้ความสนใจกับความหมายและความสำคัญของเนื้อหาหรือเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยให้บุคคลเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและเก็บรักษาข้อมูลได้นานขึ้น

4. การใช้หลายช่องทาง แต่ละคนชอบรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน บางคนเรียนรู้จาก การมองเห็น บางคนต้องการประสบการณ์จริง บางคนต้องมีผู้สอนคอยชี้แนะ ฯลฯ ดังนั้น การเลือกวิธีการหรือเทคนิคการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มการคงการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลจึงเป็นเรื่องสำคัญ

วารสารวิชาการสาธารณสุข (2564) สถาบันแห่งหนึ่งในสหรัฐ ชื่อ National Training Laboratories Institute หรือสถาบัน-ปฏิบัติการฝึกอบรมแห่งชาติ ได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาออกมาเป็นสิ่งที่เรียกว่า พีระมิดแห่งการเรียนรู้ ซึ่งต่อมากลายเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ กิจกรรมสร้างความจำ สามารถจำแนกเป็น 7 ระดับ ดังนี้

1. การสอนแบบบรรยายปากเปล่า (lecture) หลังสิ้นการบรรยาย ผู้ฟังจะจำเนื้อหาได้เพียงร้อยละ 5

2. การอ่าน (reading) ช่วยให้เข้าใจและเรียนรู้ได้ ร้อยละ 10 ถ้ามีการอ่านทบทวนและจดบันทึกไว้ ก็จะจำได้มากยิ่งๆ ขึ้น

3. การเรียนรู้ผ่านโสตทัศนูปกรณ์ (audiovisual) ช่วยเพิ่มความจำเป็นร้อยละ 20 ดังนั้น การใช้ภาพประกอบการบรรยาย เช่น เป็นไฟล์ PowerPoint ปรากฏบนจอภาพ หรือเป็นวีดิทัศน์ รวมทั้งการเผยแพร่ผ่านสื่อโทรทัศน์ จะช่วยให้จำได้มากกว่าการบรรยายด้วยวาจาเพียงอย่างเดียว

4. การแสดงตัวอย่าง หรือการสาธิต (demonstration) ช่วยเพิ่มประสิทธิผลขึ้นเป็นร้อยละ 30

5. การพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (discussion) ช่วยให้เกิดความจำมากขึ้น เป็นร้อยละ 50

6. การฝึกปฏิบัติ (practice doing) ช่วยให้เกิดความจำเป็นร้อยละ 75 ซึ่งน่าจะเป็นเพราะเกิดประสบการณ์จริง เกิดความเข้าใจเพิ่มขึ้นในเรื่องที่เรียน

7. การสอนผู้อื่น (teaching) ถือเป็นวิธีการเรียนที่ได้ผลดีที่สุด ทำให้จดจำเนื้อหาได้ถึงร้อยละ 90 เพราะผู้เรียนต้องพัฒนาตนเองให้มีความรู้ถึงระดับที่สามารถสอนผู้อื่นได้

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปการพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ คือ ขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ โดยต้องมีการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน นักเรียนได้การลงมือปฏิบัติ โดยมีการจัดสถานการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติ ทำให้เกิดประสบการณ์จริง และให้นักเรียนได้ความคิดเห็นร่วมกัน พูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้จะให้ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้และเก็บรักษาข้อมูลได้นานขึ้น

7.3 การวัดและประเมินผลความคงทนในการเรียนรู้

Nunnally (1959, อ้างถึงใน กานดา จีนสุกแสง, 2562) ได้กล่าวถึงการวัดความคงทนใน การเรียน สรุปได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการวัดความคงทนในการเรียน เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ น้อยลง ควรเว้นช่วงเวลาในการทำข้อสอบห่างกันอย่างน้อย 2 สัปดาห์ เพราะความเคยชินในการทำแบบทดสอบจะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทั้งสองครั้งสูง

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528, อ้างถึงใน น้าอ้อย ไกรภูมิ, 2561) ได้กล่าวถึงการวัดความคงทนในการเรียนรู้ว่า เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วจะมีการคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้หรือสามารถระลึกได้ต่อสิ่งที่เคยเรียนหรือเคยมีประสบการณ์รับรู้มาแล้ว โดยจะทิ้งไว้สักระยะหนึ่งแล้วจึงทำการวัด เรียกว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้หรือการทดสอบความจำ ซึ่งมีวิธีวัดอยู่ 3 วิธี

1. การจำได้ (Recognition) เป็นการทดสอบความจา โดยการปรากฏสิ่งเร้าที่เคยประสบมาแล้วในอดีตกับสิ่งเร้าใหม่ ๆ แล้วให้ชี้ว่าสิ่งเร้าใดเป็นสิ่งเร้าเดิมได้ถูกต้อง

2. การระลึกได้ (Recall) หมายถึง เป็นการระลึกสิ่งที่เคยประสบในอดีตออกมาโดยไม่มีสิ่งเร้าที่เคยประสบมาปรากฏให้เห็น

3. การเรียนซ้ำ (Relearning) หมายถึง การทำซ้ำ ๆ หรือเสนอสิ่งเร้าซ้ำ ๆ ในการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบนี้มักใช้วัดด้วยเวลาหรือจำนวนครั้ง กล่าวคือ ความจำ บางอย่างเหลือน้อยจนไม่อาจวัดได้ด้วยวิธีการจำหรือการระลึก แต่เมื่อใช้วิธีการเรียนซ้ำก็จะพบว่ายังมีความจำเหลืออยู่ การวัดความคงทนในการเรียนรู้มีอยู่ 3 วิธี คือ การจำได้ การระลึกได้ และการเรียนซ้ำ ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการวัดความคงทนในการเรียนรู้ โดยใช้วิธีทดสอบการจำ ได้และการระลึกได้ จากการใช้แบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก นักเรียนจะต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องออกจากตัวลวงอื่น ๆ

พรรทิพา รุจิพร (2553, อ้างถึงใน มลฑลี วรานนท์จิราโชติ, 2565) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดความคงทนในการเรียนรู้หรือความคงทนมี 4 วิธี ดังนี้

1. การนึกได้ (Reconstruction) หมายถึง เป็นการนึกออกมาหรือจำได้เมื่อมีสิ่งเร้าบางประการหรือสิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นข้อมูล ตัวอย่างเช่น ของที่ระลึก รูปภาพ เพลง สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการสร้างภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ในอดีตมาอีกครั้งหนึ่ง

2. การระลึกได้ (Recall) เป็นความจำแบบระลึกได้โดยไม่มีสิ่งเร้าใด ๆ มากระตุ้น อาจเป็นการระลึกได้ทั้งหมดและถูกต้อง การที่เป็นดังนี้เพราะเกิดจากมีการซ้ำไปมาจนเกิดการเรียนรู้ซ้ำไปมาหรือใช้บ่อย ๆ จนจำได้ คือ มีการระลึกถึงข้อมูลเหล่านี้อยู่เสมอ วิธีการวัดการเรียนรู้วิธีหนึ่งโดยการใช้การระลึกได้ที่รู้จักกันดี คือ การตอบแบบทดสอบแบบอัตนัย (Essay Question) ผู้เรียนก็จะต้องระลึกถึงข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วเขียนตอบลงไป ความสามารถในการระลึกได้จะลดน้อยลง เพราะองค์ประกอบ เช่น กาลเวลาที่ผ่านไปและสิ่งเร้าอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นเรื่อย ๆ ขัดขวาง

3. การจำได้ (Recognition) เป็นการจำได้ที่มีสิ่งเร้าต่าง ๆ สามารถจำแนกและชี้แนะเฉพาะลงไป บอกได้ว่านี้เป็นสิ่งเร้าที่เคยเรียนมาแล้วในขณะที่ระลึกได้ เป็นการระลึกถึงสิ่งทั้งหมดที่เก็บสะสมอยู่ในความจำโดยสิ้นเชิงโดยไม่มีสิ่งใด ๆ มากระตุ้น แบบทดสอบแบบปรนัย (Objective Test) คือ ตัวอย่างหนึ่งที่แสดงการจำได้อย่างชัดเจน ในบรรดารูปแบบหรือตัวเลือกที่กำหนดให้จะมีอยู่ข้อที่ถูกต้อง พอเห็นข้อมูลที่ถูกตรงกับที่เคยเรียนรู้มาก็จะจำได้ ถ้ายังสามารถคงข้อมูลนั้นไว้ได้ แต่การจำได้ที่เกิดขึ้นอาจไม่เที่ยงตรงแน่นอน (Inaccuracy)

4. การเก็บข้อมูลได้ (Savings) หรือการระลึกข้อมูลที่เรียนได้ (Relearning) สิ่งใดที่เคยเรียนมาแล้วแต่ลืมไป สามารถระลึกได้หรือจดจำได้ ก็อาจจะจำได้อีกโดยการเรียนรู้สิ่งนั้นหรือสิ่งใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาและความพยายามน้อยกว่าที่จะใช้ในการเรียนรู้ครั้งแรก

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปวิธีการวัดและประเมินผลความคงทนในการเรียนรู้ ดังนี้

1) การนึกได้ (Reconstruction) หมายถึง เป็นการนึกออกมาหรือจำได้เมื่อมีสิ่งเร้าบางประการหรือสิ่งที่เป็นตัวกระตุ้นข้อมูล 2) การระลึกได้ (Recall) เป็นความจำแบบระลึกได้โดยไม่มีสิ่งเร้าใด ๆ มากระตุ้น 3) การจำได้ (Recognition) เป็นการจำได้ที่มีสิ่งเร้าต่าง ๆ สามารถจำแนกและชี้แนะเฉพาะลงไป บอกได้ว่านี้เป็นสิ่งเร้าที่เคยเรียนมาแล้วในขณะที่ระลึกได้ เป็นการระลึกถึงสิ่งทั้งหมดที่เก็บสะสมอยู่ในความจำโดยสิ้นเชิงโดยไม่มีสิ่งใด ๆ มากระตุ้น 4) การเก็บข้อมูลได้ (Savings) หรือการระลึกข้อมูลที่เรียนได้ (Relearning) สิ่งใดที่เคยเรียนมาแล้วแต่ลืมไป สามารถระลึกได้หรือจดจำได้ ก็อาจจะจำได้อีกโดยการเรียนรู้สิ่งนั้นหรือสิ่งใหม่ ซึ่งจะใช้เวลาและความพยายามน้อยกว่าที่จะใช้ในการเรียนรู้ครั้งแรก โดยระยะเวลาที่ใช้ในการวัดความคงทนในการเรียน

เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ น้อยลง ควรเว้นช่วงเวลาในการทำข้อสอบห่างกันอย่างน้อย 2 สัปดาห์

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

จิรดา น้ำใจดี (2556) ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่องระบบนิเวศที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จานวน 80 คน ใน 2 ห้องเรียนของโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่องระบบนิเวศ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ระบบนิเวศ สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบนิเวศหลังเรียนสูงกว่าผลสัมฤทธิ์เรื่องดังกล่าวหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (4) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดย การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าความสามารถดังกล่าวหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุลลดา ทำประเสริฐ (2561) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 34 คน ของโรงเรียนปรือใหญ่วิทยบัลลังก์ เครื่องมือในการวิจัยวิธีวิจัย คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ แผนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการ สืบเสาะหาความรู้ 5E ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ค่าสถิติ t-test คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 79.53 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 68.11 ($<g> = 0.6811$) จัดเป็นความก้าวหน้าในระดับปานกลาง ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 84.73/81.87 และ 0.6811 ตามลำดับ

นิซูใบดะห์ กิติชัย (2560) ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องบรรยากาศ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดปัตตานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 52 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ของโรงเรียนบ้านบูดี อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง บรรยากาศ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศ และ (3) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าของกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

น้ำอ้อย ไกรภูมิ (2561) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์กับการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 68 คน โรงเรียนท่าศาลาประสิทธิ์ศึกษา สังกัด สพม. 12 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีความคงทนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไม่แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบ

เสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีความคงทนการคิดวิเคราะห์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปรีญานันต์ นวลจันทร์ (2563) ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทศบาล 10 (อนุบาลเทศบาลเมืองสระบุรี) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 สังกัดเทศบาลเมืองสระบุรี จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 9 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.78 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.82 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการ จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการ จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษางานวิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และระดับวิชาชีพ เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ และการสร้างแบบจำลอง สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Nooraida (2020) ผลของการสืบเสาะหาความรู้ 5E ในการเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดไมโอซิส วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อศึกษาประสิทธิผลของแนวทางการสืบเสาะหาความรู้แบบคู่ขนาน 5E ต่อการทำความเข้าใจแนวคิดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในหมู่ครูฝึกหัด การออกแบบการวิจัยของงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบกลุ่มเดียวโดยมีแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียนทดสอบ และหลังเรียนผ่านไปนานแล้ว ครูครูฝึกหัดทั้งหมด 31 คนจากมหาวิทยาลัยของรัฐแห่งหนึ่งมีส่วนร่วมในการศึกษาครั้งนี้ ใช้เครื่องมือ Meiosis Conceptual Test จำนวน 19 รายการ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ANOVA การวัดซ้ำทางเดียว ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่ามีผลกระทบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับเวลา โดย Wilks' Lambda =0.80, F (2,29) = 3.65, p<0.05, หลายตัวแปร eta squared = 0.20 จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า มีผลทางสถิติที่สำคัญต่อเวลา ดังนั้น การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าแนวทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบคู่มีผลต่อการเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในหมู่ครูฝึกหัด จากการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าแนวทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบคู่เป็นวิธีที่ดีในการนำมาใช้ในการเรียนรู้แนวคิดนามธรรม เช่น การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

Ramazan (2020) ผลของวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ได้รับการสนับสนุนโดยกลยุทธ์อภิปัญญาต่อทักษะการแก้ปัญหาและการตั้งปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4: การวิจัยแบบผสมผสาน กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 63 คน การศึกษารวบรวมผ่านการสัมภาษณ์ครูโรงเรียนประถมศึกษา 12 คน หลักสูตรคณิตศาสตร์ และกลุ่มความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 10 คน มีการใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและวิธีการของ Lawshe เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและใช้แบบทดสอบทักษะการแก้ปัญหาและแบบทดสอบทักษะการตั้งปัญหา ผลการวิเคราะห์ในระยะแรกพบว่าวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อาจมีประสิทธิผลในการปรับปรุงทักษะการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหาของนักเรียน จึงมีการตัดสินใจใช้วิธีนี้ในขั้นตอนที่สอง ผลการวิเคราะห์ในระยะที่ 2 พบว่าวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ได้รับการสนับสนุนจากกลยุทธ์อภิปัญญาและวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะอาจมีประสิทธิผลในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการตั้งปัญหาของนักเรียน

Michelle (2020) การใช้การสร้างแบบจำลองระบบเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และจดจำแนวคิดที่ยากของนักศึกษาสรีรวิทยาระดับปริญญาตรี แนวคิดทางสรีรวิทยา เช่น ความสมดุลของกรด-เบส อาจเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนที่จะเข้าใจ การสร้างแบบจำลองระบบซึ่งเป็นเครื่องมือการรับรู้ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพแบบจำลองทางความคิดเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้และความคงทน กลุ่มตัวอย่าง (n = 108) ได้รับการสุ่มไปเนื้อหาที่แตกต่างกันในสามหน่วยของหลักสูตร ได้แก่ ความสมดุลของต่อมไร้ท่อ ภูมิคุ้มกัน และกรดเบส ผู้เข้าร่วมแสดงความเข้าใจเนื้อหาผ่านการสร้างไดอะแกรมการสร้างแบบจำลองระบบ (M) หรือโพสต์การอภิปรายที่เป็นลายลักษณ์อักษร (W) ในลำดับ MWM, MMW หรือ WMM สำหรับแต่ละหน่วยในสามหน่วย ประเมินจากคำถามแบบปรนัย พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในหน่วยต่อมไร้ท่อ [ค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (MD) = −0.036] อย่างไรก็ตาม กลุ่มการสร้างแบบจำลองมีประสิทธิภาพเหนือกว่ากลุ่มการเขียนในหน่วยภูมิคุ้มกัน (MD = 0.209) และเพิ่มสูงขึ้นในหน่วยสมดุลของกรด-เบส (MD = 0.243) ในการสอบครั้งสุดท้าย ประสิทธิภาพสูงขึ้นอีกครั้งสำหรับกลุ่มการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับปริมาณความสมดุลของกรด-เบส เนื่องจากความแตกต่างเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.306 แม้ว่าเนื้อหาการทดสอบขั้นสุดท้ายสำหรับหน่วยความสมดุลของกรด-เบสจะยากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับหน่วยอื่นๆ [การสร้างแบบจำลอง:

F(2) = 29.882, P < 0.001; การเขียน: F(2) = 25.450, P < 0.001] แสดงว่าการสร้างแบบจำลองระบบส่งเสริมการการเรียนรู้และจดจำแนวคิดที่ยากของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาทางสรีรวิทยา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. แบบแผนการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยทดสอบหลังการทดลอง (Two group posttest design) มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และกลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

รูปแบบการวิจัยแบบ Two group posttest design

กลุ่มทดลอง	X ---------- O_1
กลุ่มควบคุม	~X ---------- O_2

X หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

~X หมายถึง วิธีสอนแบบปกติ

O_1 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนในกลุ่มทดลอง

O_2 หมายถึง การทดสอบหลังเรียนในกลุ่มควบคุม

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 366 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 76 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหา

3.2.2 ความคงทนในการเรียนรู้

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี มีทั้งหมด 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ

4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหา (1) สมบัติของน้ำ (2) คาร์โบไฮเดรต (3) โปรตีน (4) ลิพิด (5) กรดนิวคลีอิก (6) เอนไซม์

4.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

4.2 เครื่องมือที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นข้อสอบแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 1 ฉบับ มี 6 สถานการณ์ รวม 24 ข้อ ประกอบด้วยกระบวนการแก้ปัญหา แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การระบุปัญหา 2) การระบุสาเหตุของปัญหา 3) แนวทางแก้ปัญหา และ 4) ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา โดยใช้ทดสอบนักเรียนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน

4.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล เป็นข้อสอบแบบปรนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีรายละเอียด ดังนี้

5.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง โดยยึดเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุล ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือดังกล่าวตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อดูจุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 1 และผลการเรียนรู้ข้อที่ 3-9 เรื่อง สารชีวโมเลกุล

2) ศึกษารายละเอียด หลักการและแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง จากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อสรุปขั้นตอนการสอนที่เหมาะสมในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

3) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

ประกอบด้วยเนื้อหา สมบัติของน้ำ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้ (1) สาระสำคัญ (2) ผลการเรียนรู้ (3) สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม (4) จุดประสงค์การเรียนรู้ (5) สื่อและแหล่งเรียนรู้ (6) กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหาความรู้ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน (7) การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ (8) แบบบันทึกกิจกรรม

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

แผน	เรื่อง	ปัญหา/สถานการณ์	แบบจำลอง
1	สมบัติของน้ำ	“โครงสร้างโมเลกุลของน้ำในน้ำแข็งและน้ำเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” นักเรียนอธิบายโครงสร้างโมเลกุลของน้ำแสดงการเกิดโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ รวมทั้งการเขียนสัญลักษณ์แทนขั้วบวกและขั้วลบ	- แบบจำลองทางความคิด แสดงภาพร่างของน้ำ - แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม แสดงโครงสร้างน้ำ - แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ แสดงขั้วบวกและขั้วลบ
2	คาร์โบไฮเดรต	“คนทั่วไปเมื่ออดอาหาร น้ำตาลในเลือดลดลง ร่างกายจะมีกลไกเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในร่างกายโดยผ่านทางระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน เช่น ใช้ไกลโคเจนสะสมอยู่ที่ตับ ใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมไว้แทน แต่นายมาริโอ้เป็นผู้ป่วยเบาหวานที่น้ำตาลไม่ได้ต่ำโดยธรรมชาติ แต่เกิดจากยาเบาหวานนั้น กลไกช่วยเหลือของร่างกายอาจไม่เพียงพอจนทำให้มีอันตรายถึงหมดสติได้ ซึ่งนายมาริโอ้ได้ออกกำลังกายอย่างหนัก จึงทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ” ถ้านักเรียนเป็นนายมาริโอ้ซึ่งต้องการน้ำตาลในทันที โดยที่บ้านของนักเรียนมี	- แบบจำลองทางความคิด แสดงภาพร่างของน้ำตาล - แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม แสดงโครงสร้างน้ำตาล - แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ แสดงชนิดอะตอมของธาตุในน้ำตาล

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผน	เรื่อง	ปัญหา/สถานการณ์	แบบจำลอง
		น้ำตาลอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส และ น้ำตาลซูโครส นักเรียนจะเลือก รับประทานน้ำตาลชนิดใด เพราะเหตุใด	
3	โปรตีน	“ปกติแล้วของเสีย สารเคมี หรือแร่ธาตุ ต่าง ๆ ที่ร่างกายไม่ต้องการแล้ว จะถูกขับ ออกมาทิ้งไว้ในกระแสเลือด เพื่อให้กระแส เลือดส่งของเสียเหล่านี้ไปที่กลุ่มเลือดฝอย ที่ไต เราเรียกมันว่า “Glomerulus” โดย มันจะทำหน้าที่ในการกรองของเสีย ออกมาจากเลือด(Glomerular filtration) แล้วขับทิ้งออกไปเป็นปัสสาวะ ซึ่งนักวิจัย มีแนวคิดว่าการกินโปรตีนในปริมาณมาก จะทำให้กระแสเลือดเข้าไปในไตเพิ่มมาก	- แบบจำลองทางความคิด แสดงภาพร่างของกรด อะมิโน และยูเรีย - แบบจำลองที่เป็นรูปธรรม แสดงโครงสร้างกรดอะมิโน และยูเรีย
3	โปรตีน	ขึ้น จึงทำให้ Glomerulus ในไตต้องทำงาน หนักขึ้น มีการปรับตัวเพื่อกรองของเสีย ที่ ได้จากการย่อยสลายโปรตีนในเลือดมากขึ้น ออกไปเป็นปัสสาวะเรียกการปรับตัวนี้ว่า “Glomerular hyperfiltration”ผลที่น่าจะ ตามมาคือขนาดของไตใหญ่ขึ้นจากการถูกใช้ งานที่เพิ่มเข้ามา คล้าย ๆ กับเวลาที่เราเล่น กล้าม เวลากล้ามเนื้อทำงานหนักขึ้น มันก็ จะปรับตัวเพื่อรองรับกับงานที่เราใช้มันทำ นั่นเอง พอไตต้องรับภาระในการกรองของ เสียที่เพิ่มเข้ามานาน ๆ เข้า จึงอาจทำให้เกิด ความเสียหายต่าง ๆ ต่อโครงสร้างในไต ตามมาได้ ซึ่งพอโครงสร้าง ตัวประกอบ	- แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ แสดงชนิดอะตอมของธาตุใน กรดอะมิโน และยูเรีย

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผน	เรื่อง	ปัญหา/สถานการณ์	แบบจำลอง
		ต่างๆ ในไตเสีย ทำให้ส่วนที่เหลือที่ยังทำงานได้ดีต้องทำงานหนักมากขึ้น” นักเรียนตอบปัญหาจากสถานการณ์ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่ทำให้การทำงานของไตทำงานหนักขึ้น	
4	ลิพิด	“ในช่วงสถานการณ์ไวรัสโคโรนาระบาดไปทั่วโลก ผู้คนต่างเสาะหาวิธีป้องกันตัวเองจากไวรัสดังกล่าว แต่ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ การป้องกันตัวเองที่ดีที่สุดและง่ายที่สุดคือ การล้างมือด้วยสบู่ ซึ่งช่วยกำจัดเชื้อไวรัสที่อยู่ตามซอกมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทำไมสบู่จึงมีประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดเชื้อไวรัส” นักเรียนตอบปัญหาจากสถานการณ์ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และสร้างแบบจำลองเป็นภาพเพื่ออธิบายการทำงานของสบู่ในการกำจัดไวรัส	- แบบจำลองทางความคิดแสดงการทำงานของสบู่ - แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์แสดงปฏิกิริยาการเกิดสบู่
5	กรดนิวคลีอิก	“DNA ที่มี 10-15 นิวคลีโอไทด์ เป็นอย่างไรและประกอบด้วยเบสชนิดใดบ้าง” นักเรียนสร้างแบบจำลอง DNA ที่สอดคล้องกับจำนวนนิวคลีโอไทด์และชนิดของเบสที่ โดยใช้วัสดุต่างๆ เช่น กระดาษ ลูกปัด ผัก ผลไม้ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น	- แบบจำลองทางความคิดแสดงภาพร่างของ DNA - แบบจำลองที่เป็นรูปธรรมแสดงโครงสร้าง DNA - แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์แสดงชนิดของเบสใน DNA

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผน	เรื่อง	ปัญหา/สถานการณ์	แบบจำลอง
6	เอนไซม์	“ไซยาไนด์เป็นสารพิษที่สามารถจับกับเอนไซม์ cytochrome C oxidase ที่ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยังออกซิเจนในกระบวนการหายใจระดับเซลล์เพื่อสร้างพลังงาน” นักเรียนตอบปัญหาจากข้อความให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล และสร้างแบบจำลองเป็นภาพเพื่ออธิบายว่าไซยาไนด์ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์และร่างกายอย่างไร พร้อมชี้ส่วนประกอบ	- แบบจำลองทางความคิดแสดงภาพไซยาไนด์กับเอนไซม์ cytochrome C oxidase

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิชาชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในแผนการจัดการเรียนรู้ตามแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์ของลิเคอร์ท เป็นแบบประเมินมาตรประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสมมาก

3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย (*M*) และแปลความหมายค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมาหาคุณภาพโดยเมื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจแล้ว ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้ในการสอนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

5.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยยึดเนื้อหาตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุล ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือดังกล่าวตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อดูจุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 1 และผลการเรียนรู้ข้อที่ 3-9 เรื่อง สารชีวโมเลกุล

2) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติเรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ประกอบด้วยเนื้อหา สมบัติของน้ำ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้ (1) สาระสำคัญ (2) ผลการเรียนรู้ (3) สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม (4) จุดประสงค์การเรียนรู้ (5) สื่อและแหล่งเรียนรู้ (6) กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป (7) การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ (8) แบบบันทึกกิจกรรม

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการสอนจริงกับกลุ่มควบคุม

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นข้อสอบแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 1 ฉบับ มี 6 สถานการณ์ รวม 24 ข้อ โดยใช้ทดสอบนักเรียนหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จากทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้อง การวัดและประเมินผล และเทคนิคในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2) วิเคราะห์เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุล ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อสร้างสถานการณ์ปัญหา และสถานการณ์ในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา โดยแบบวัดจะแสดงถึงกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ การระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3.2 แสดงพฤติกรรมและตัวบ่งชี้พฤติกรรมของกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	**ตัวบ่งชี้พฤติกรรม**
การระบุปัญหา	นักเรียนสามารถตั้งปัญหา ค้นพบ ระบุปัญหาที่แท้จริงจากสถานการณ์ที่กำหนดได้
การระบุสาเหตุของปัญหา	นักเรียนสามารถพิจารณา ทำความเข้าใจ แยกแยะสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด
แนวทางแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถสืบค้น หาวิธีการ เหตุผล หรือแนวทางที่เป็นไปได้มาแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหา
ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถตรวจสอบ อธิบายความถูกต้องของผลลัพธ์ จากกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและหลากหลาย

3) จัดทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบทดสอบอัตนัยจำนวน 1 ฉบับ มี 6 สถานการณ์ ได้แก่ 1) เกลือ 2) แป้งข้าวเหนียวอยู่ไหน 3) การกินเจ 4) ไวรัสโคโรนา (COVID-19) 5) คดีฆาตกรรม และ 6) เอนไซม์ รวม 24 ข้อ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 1-3 ถ้าไม่ตอบหรือผิดได้ 0 คะแนน แล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำข้อคิดเห็นของอาจารย์มาปรับแก้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาให้ถูกต้อง

4) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Index of item-Objective Congruence : IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่าง 0.50 – 1.00

5) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว จำนวน 1 ฉบับ มี 6 สถานการณ์ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

6) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดแต่ละสถานการณ์ในด้านความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยแบบวัดความในการแก้ปัญหา มีค่าความยากระหว่าง 0.45 – 0.70 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 – 0.40

7) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของครอนบาร์ค ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เท่ากับ 0.86

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เรื่องสารชีวโมเลกุล เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์และเนื้อหาสาระวิชาชีววิทยา โดยจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นแบบทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ทันที และหลังการจัดการเรียนรู้ผ่านไป 2 สัปดาห์ มีขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ข้อที่ 1 และ ผลการเรียนรู้ ข้อที่ 3-9 เรื่อง สารชีวโมเลกุล และหนังสือเรียนชีววิทยา เพิ่มเติม ม.4-6 เล่ม 1 เพื่อรวบรวมเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษาทราบเกี่ยวกับเรื่องสารชีวโมเลกุล แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้กับสาระและมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นฐาน พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และพฤติกรรมการเรียนรู้ของ Klopfer (1971) โดยจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดออกเป็น 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงพฤติกรรมและตัวบ่งชี้พฤติกรรมของ Klopfer

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	**ตัวบ่งชี้พฤติกรรม**
ด้านความรู้ความจำ	นักเรียนมีความจำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ด้านความเข้าใจ	นักเรียนมีความเข้าใจข้อเท็จจริง วิธีการ หลักการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถอธิบาย แปลความหมายของความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้
ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนมีการแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์
ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้	นักเรียนมีการนำความรู้ หลักการ มโนทัศน์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาชีววิทยา แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน โดยมีสัดส่วนของจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงสัดส่วนของจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หัวข้อการเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				จำนวนข้อ
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	การนำไปใช้	
1. สมบัติของน้ำ	2	3	-	-	5
2. คาร์โบไฮเดรต	1	2	2	1	6
3. โปรตีน	1	2	-	1	4
4. ลิพิด	1	2	-	2	5
5. กรดนิวคลีอิก	1	2	1	1	5
6. เอนไซม์	1	2	2	1	5
รวม	7	13	4	6	30

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (Index of item-Objective Congruence: IOC) และความถูกต้องด้านภาษา ตัวเลือก การใช้คำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นจริง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดตามจุดประสงค์นั้นหรือไม่

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่วัดตามจุดประสงค์นั้น

โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่าง 0.50 – 1.00

5) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว หาคุณภาพแบบทดสอบรายข้อ โดยทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผ่านการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุลมาแล้ว แต่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน

6) ตรวจให้คะแนนโดยให้ข้อที่ตอบถูก ข้อละ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดให้ข้อละ 0 คะแนน นำผลการตรวจให้คะแนนจากการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนมาวิเคราะห์หาค่าระดับความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ คัดเลือกแบบทดสอบที่ค่าระดับความยากระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยได้ค่าระดับความยากที่ได้ตั้งแต่ 0.45 – 0.75 และค่าอำนาจจำแนกที่ 0.20 – 0.55

7) นำผลการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุล จำนวน 30 ข้อ ไปคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของ คูเดอร์- ริชาร์ดสัน (Kuder-Rechardson 20: KR-20) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.69 ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่ใช้ได้

8) นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง สารชีวโมเลกุล จำนวน 30 ข้อ นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จัดการเรียนการสอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

6.1 ทดสอบก่อนเรียน (Pre – test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ว่าแตกต่างกันหรือไม่

6.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.3 ทดสอบหลังเรียน (Post – test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา กับนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

6.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ มาทดสอบความคงทนในการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มทดลองอีกครั้ง หลังจากระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อคำนวณค่าโดยมีรายละเอียดดังนี้

7.1 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย และใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (t – test for independent samples)

7.2 ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้แบบจำลองโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ โดยใช้ค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t – test for dependent samples)

8. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย สถิติพื้นฐาน สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน มีรายละเอียด ดังนี้

8.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

8.1.1 สถิติพื้นฐาน

1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (วิไลวรรณ อินทร์พันธ์, 2559)

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

เมื่อ M แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n แทน จำนวนข้อมูล

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (วนัสนันท ์ ชูรัตน์, 2564)

$$SD = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนข้อมูล

8.1.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1) ความตรง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (วนัสนันท ์ ชูรัตน์, 2564)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ขั้นตอนในการแก้ปัญหา/ประเด็นที่ต้องการวัด

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2) ค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หาได้โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (วิไลวรรณ อินทร์พันธ์, 2559)

$$p = \frac{H+L}{N_H+N_L}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

H แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

N_L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าความยาก (Difficulty) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิค 25 % ของวิธนี และซาเบอร์ (จิรดา น้ำใจดี, 2556) หาได้โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{Index of Difficulty} = \frac{(S_H + S_L) - (N_T)(X_{Min})}{(N_T)(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้นๆ)

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้นๆ)

N_T แทน จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ

N_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

3) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$r = \frac{L-H}{N_L}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_L แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้เทคนิค 25 % ของวิธนี และซาเบอร์ โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{Index of Discrimination} = \frac{(S_H - S_L)}{(N_H)(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้นๆ)

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้นๆ)

N_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

4) ค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right)$$

$$S_t^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนผู้ตอบถูก = จำนวนคนที่ทำถูก/นักเรียนทั้งหมด

q แทน สัดส่วนผู้ตอบผิด = 1- p

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

n แทน กลุ่มตัวอย่าง

ค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคำนวณจากสูตร แอลฟา ครอนบาค (Cronbach, 1951) ดังนี้

$$r = \frac{k}{k-1}(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2})$$

เมื่อ r แทน ค่าความเที่ยงของเครื่องมือ

k แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด

$s_t{}^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

$s_i{}^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนน

8.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

8.2.1 ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย และใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (t – test for independent samples)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}]}}$$

df = $n_1 + n_2 - 2$

เมื่อ t แทน ค่าทีแบบ Independent Sample t-test

S_1^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มทดลอง

S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มควบคุม

$\bar{x}_1$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง

$\bar{x}_2$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม

n_1 แทน ขนาดกลุ่มทดลอง

n_2 แทน ขนาดกลุ่มควบคุม

8.2.2 ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ โดยใช้ค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t – test for dependent samples)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$; df = n – 1

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้ในการพิจารณา

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของ D แต่ละคู่ยกกำลังสอง

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของ D ทั้งหมดยกกำลังสอง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติตามลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหา

ลักษณะบ่งชี้ของความ	คะแนน	กลุ่มทดลอง (n =38)		กลุ่มควบคุม (n =38)	
ความสามารถในการแก้ปัญหา	เต็ม	*M*	*SD*	*M*	*SD*
1. การระบุปัญหา	18	13.14	1.25	12.84	1.23
2. การระบุสาเหตุของปัญหา	18	12.56	1.16	12.20	1.18
3. แนวทางแก้ปัญหา	18	13.09	1.21	12.96	1.17
4. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	18	11.32	1.26	11.29	1.06
รวม	**72**	**50.11**	**4.88**	**49.29**	**4.64**

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อพิจารณาลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 ขั้นตอน คือการระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ปัญหา พบว่า ทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการแก้ปัญหาใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.2 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ

ทดสอบ	**กลุ่ม**	**n**	***M***	***SD***	**t**	**p**
ก่อนเรียน	ทดลอง	38	50.11	4.88	0.75	0.46
	ควบคุม	38	49.29	4.64		

*p < .05

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบก่อนเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.11 คะแนน (*M* = 50.11, *SD* = 4.88) และ 49.29 คะแนน (*M* = 49.29, *SD* = 4.64) ตามลำดับ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติก่อนเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติตามลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหา

ลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหา	**คะแนนเต็ม**	**กลุ่มทดลอง (n =38)**		**กลุ่มควบคุม (n =38)**	
		M	*SD*	*M*	*SD*
1. การระบุปัญหา	18	15.21	1.19	13.76	1.09
2. การระบุสาเหตุของปัญหา	18	13.52	1.10	12.83	1.05
3. แนวทางแก้ปัญหา	18	14.98	1.15	13.95	1.03
4. ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	18	12.84	1.17	11.57	1.02
รวม	**72**	**56.55**	**4.61**	**52.11**	**4.19**

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อพิจารณาลักษณะบ่งชี้ของความความสามารถในการแก้ปัญหาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองทั้ง 4 ขั้นตอน คือการระบุปัญหา การระบุสาเหตุของปัญหา แนวทางแก้ปัญหา และตรวจสอบผลการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 4.4 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ

ทดสอบ	**กลุ่ม**	**n**	***M***	***SD***	**t**	**p**
หลังเรียน	ทดลอง	38	56.55	4.61	4.40*	0.00
	ควบคุม	38	52.11	4.19		

*p < .05

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.4 พบว่า คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบหลังเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.55 คะแนน (*M* = 56.55, *SD* = 4.61) และ 52.11 คะแนน (*M* = 52.11, *SD* = 4.19) ตามลำดับ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่สูงขึ้นจริงซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน คือความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติทดสอบที และระดับนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กลุ่มทดลอง	n	*M*	*SD*	t	df	p
หลังเรียน	38	15.24	3.55			
				1.42	37	0.16
หลังเรียน 2 สัปดาห์	38	16.00	4.09			

$p < .05$

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียน กับคะแนนหลังเรียน 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.24 คะแนน (*M* = 15.24, *SD* = 3.55) และ 16.00 คะแนน (*M* = 16.00, *SD* = 4.09) ตามลำดับ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ทดสอบหลังเรียนกับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

1.1.2 เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียน พระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

1.2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียนกับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย ดำเนินการดังนี้

1.3.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 10 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งหมด 366 คน

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 76 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 38 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม

1.3.3 ตัวแปรในการวิจัย

1) ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2) ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความคงทนในการเรียนรู้

1.3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

1.3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) ทดสอบก่อนเรียน (Pre – test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ว่าแตกต่างกันหรือไม่

2) ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับกลุ่มทดลอง และจัดการเรียนรู้แบบปกติ ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3) ทดสอบหลังเรียน (Post – test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา กับนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

4) ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับนักเรียนกลุ่มทดลองอีกครั้ง เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ หลังจากระยะเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์

1.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1) เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย และใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (t – test for independent samples)

2) ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ โดยใช้ค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t – test for dependent samples)

1.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง กับนักเรียนที่ได้เรียนแบบปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบหลังเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.55 คะแนน (M = 56.55, SD = 4.61) และ 52.11 คะแนน (M = 52.11, SD = 4.19) ตามลำดับ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่สูงขึ้นจริงซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4.2 ผลการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียน กับคะแนนหลังเรียน 2 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.24 คะแนน (M = 15.24, SD = 3.55) และ 16.00 คะแนน (M = 16.00, SD = 4.09) ตามลำดับ แสดงว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ส่งผลให้ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยสามารถแยกอภิปรายผลออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองกับนักเรียนที่ได้รับการเรียนปกติ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี พบว่า คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการทดสอบหลังเรียน พบว่าคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองมีจุดเด่นที่แตกต่างจากการเรียนรู้ทั่วไป คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย ใคร่รู้ อยากรู้อยากเห็น นำไปสู่การระบุปัญหา 2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วางแผน ออกแบบ เลือกวิธีการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติหรือสร้างแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ ภาพ หรือลักษณะท่าทาง ซึ่งสอดคล้องกับการระบุสาเหตุของปัญหา นักเรียนพิจารณา ทำความเข้าใจ แยกแยะสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด และได้หาแนวทางแก้ปัญหา นักเรียนสามารถสืบค้น หาวิธีการ แนวทางที่เป็นไปได้มาแก้ปัญหาโดยการสร้างแบบจำลองมาอธิบาย 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิด สะท้อนความเข้าใจจากผลในขั้นสำรวจและค้นหา มาอธิบายผลจากกิจกรรม สอดคล้องกับตรวจสอบผลการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถตรวจสอบ อธิบายความถูกต้องของผลลัพธ์ จากกระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม 4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนได้เข้าใจและเพิ่มเติมความรู้หรือเนื้อหาเชิงลึก หรือขยายแนวคิด ซึ่งนำมาปรับแก้แบบจำลองให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น 5) ขั้นประเมิน นักเรียนได้ระบุสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ ตรวจสอบความความถูกต้องของความรู้ที่ได้ ถ้ายังมีปัญหาให้ศึกษาทบทวนใหม่อีกครั้ง ทำให้กระบวนการแก้ปัญหาเกิดขึ้นครบกระบวนการในตัวของนักเรียน และสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และการที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทำให้แนวคิด กระบวนการคิดมีความชัดเจน เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศศินา เมฆพัฒน์ (2566) ที่วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนมีความสามารถคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทั้งระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมสูงขึ้น สำหรับในแต่ละองค์ประกอบย่อย ได้แก่ การค้นหาความจริง และการค้นหาปัญหาโดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 63.33 และการค้นหาคำตอบเป็น ที่ยอมรับมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 86.67

2.2 ผลการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการใช้แบบจำลองโดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ทดสอบหลังเรียน กับทดสอบหลังเรียนผ่านไป 2 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันเมื่อกำหนดระดับสำคัญทางสถิติ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองส่งเสริมให้เกิดความคงทนของเนื้อหา ขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ โดยต้องมีการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน นักเรียนได้การลงมือปฏิบัติ โดยมีการจัดสถานการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติ ทำให้เกิดประสบการณ์จริง และให้นักเรียนได้ความคิดเห็นร่วมกัน พูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้จะให้ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้และเก็บรักษาข้อมูลได้นานขึ้น สอดคล้องกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง โดยในขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน เมื่อการเรียนรู้มาพร้อมกับแรงจูงใจ การเรียนรู้จะถูกเก็บไว้ได้เป็นเวลานานเพราะสมองของมนุษย์มีแนวโน้มที่จะมุ่งเน้นไปที่เรื่องที่สนใจมากกว่า ขั้นสำรวจและค้นหาเป็นขั้นที่นักเรียนศึกษาค้นคว้า วางแผน ออกแบบ เลือกวิธีการสำรวจตรวจสอบ และลงมือปฏิบัติหรือสร้างแบบจำลองที่เป็นรูปธรรมด้วยตนเองทำให้การเรียนรู้มีความหมายจึงส่งผลให้เกิดความคงทนในเรียนรู้ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนได้สรุปและอภิปรายพร้อมทั้งนำเสนอผลงาน ขั้นขยายความรู้ นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและเก็บรักษาข้อมูลได้นานขึ้น และขั้นประเมิน นักเรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน เกิดถ่ายโอนข้อมูลของสิ่งที่ได้เรียนรู้ ทักษะหรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ โชติรส ฮับสมบูรณ์ (2564) ที่วิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 การทดสอบด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทำให้ใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน เวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอ ควรเปลี่ยนเป็นการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจบทุกแผนการจัดการเรียนรู้เพียงรอบเดียว

3.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความคงทนในการเรียนรู้ ในการวัดความคงทนในการเรียนรู้ให้ได้ผลการทดลองที่ละเอียดมากขึ้น ควรเพิ่มระยะเวลา หรือจำนวนครั้งในการทดสอบวัดความคงทนในการเรียนรู้

3.1.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ในกระบวนการสร้างแบบจำลองครูผู้สอนควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับนักเรียนให้พร้อม เพื่อจะได้กระชับเวลาระหว่างทำกิจกรรม

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง ในตัวแปรอื่น เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนจะเกิดกระบวนการคิดที่ใช้เหตุใช้ผลพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบจากข้อมูลในกิจกรรมที่มีการสร้างแบบจำลองซึ่งนักเรียนต้องปรับแก้แบบจำลอง

3.2.2 ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจจะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลองไปใช้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ควรเลือกเนื้อหาที่ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ได้

3.2.3 ครูผู้สอนหรือผู้ที่สนใจควรใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เปรียบเทียบกับวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น นอกจากวิธีการสอนแบบปกติ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

โชติรส ฮับสมบูรณ์. (2564). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ไอลัดดา ปามุทา. (2560). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่องสารและการเปลี่ยนแปลง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

จงกล บุญรอด. (2557). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จรรยา โท๊ะนาบุตร. (2560). *รูปแบบการเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ในศตวรรษที่ 21*. ครูบ้านนอก. https://www.kroobannok.com/83399.

จิรดา น้ำใจดี. (2556*). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เรื่องระบบนิเวศที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุพรรณบุรี* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น* [วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฐวุฒิ ศรีระษา. (2564). *การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

นภาพรรณ ไพรพะยอม. (2564). การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาในศตวรรษที่ 21. *วารสารชุมชนแห่งการเรียนรู้วิชาชีพครู*, *1*(1), 75-95.

นฤมล ฉิมงาม. (2558). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้เทคนิคการแก้ปัญหาของโพลยาผสานกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

น้ำอ้อย ไกรภูมิ. (2561). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

นูรมา อาลี. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปรีญานันต์ นวลจันทร์. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ปวีณา อนุวัตร์. (2559). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5R ที่มีต่อความเข้าใจคำศัพท์ชีววิทยาและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย].

พจนา มะกรูดอินทร์. (2555). *การเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E's of Inquiry Approach)*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มลฑลี วรานนท์จิราโชติ. (2565). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของผลการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษ เรื่องการเขียนเชิงไวยากรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ PPP ร่วมกับเทคนิคเพื่อนช่วยเพื่อนกับการจัดการเรียนรู้แบบ PPP* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). แบบจำลองกับการศึกษาวิทยาศาสตร์. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร.*, *38*(4), 134-159. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:138053.

วนัสนันท์ ชูรัตน์. (2564). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยใช้รูปแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับอินโฟกราฟิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). *ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สราวุธ แท่นจินดารัตน์. (2559). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะโควาเลนต์และความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2550). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html.

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

สิทธิชัย วิชัยดิษฐ. (2559). การวิเคราะห์ธรรมชาติของเนื้อหาชีววิทยาด้วยคำถาม 3 ข้อเพื่อการออกแบบการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา: กรณีตัวอย่าง เรื่อง เซลล์ประสาท. *วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต*, *10*(1), 103-117.

สุกรี แวอีแต. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดกระบี่* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

สุภัค เจียระกุล. (2554). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความฉลาดทางอารมณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

อนุพงศ์ ไพรศรี. (2563). การสร้างและใช้แบบจำลองในห้องเรียนวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *24*(1), 349-358.

อัญชัน เพ็งสุข. (2564). การพัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาของนักศึกษาวิชาชีพครู โดยใช้สถานการณ์จำลอง. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, *12*(3). 103-114. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/var/issue/view/17596.

อัญญาพร สุคนธพันธ์. (2559). *ผลของการเรียนรู้โดยใช้กรณีตัวอย่างเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในแก้ปัญหาและการประยุกต์ความรู้ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bybee, R. W., Powell, J. C., & Trowbridge, L.W. (2008). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy.* Ohio: Pearson Prentice Hall.

Gilbert, J.K. (2004). Model and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(2). 115-130.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.

Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of Learning in Science. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw–Hill Book Company.

Schwarz et al. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learner. *Journal of Research in Science*, 46, pp. 632-654.

Weir (1974). Problem Solving is Everybody's Problem. *Science Teacher. 41*, 4 (April): 16-18.

ภาคผนวก

This is Mendeley biography

ภาคผนวก ก

ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. นางสาวฉัตรธิดา ชัยโพธิ์ศรี	ครูชำนาญการพิเศษ สอนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี (วท.ม. ชีววิทยา)
2. นางกาญจนา เหลาหอม	ครูชำนาญการพิเศษ สอนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี (วท.ม. ชีววิทยา)
3. นางสาวกันธิชา เพชรดี	ครูชำนาญการพิเศษ สอนกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี (กศ.บ. วิทยาศาสตร์-เคมี)

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ข

คุณภาพเครื่องมือวิจัย

- ตารางค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล
- ตารางค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
- ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล
- ผลการวิเคราะห์ความยากง่าย อำนาจจำแนกของของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC=$\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
			1	2	3		
1. สมบัติของน้ำ	1	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	5	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. คาร์โบไฮเดรต	6	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
	7	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	8	ด้านการนำไปใช้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	9	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	10	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	11	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	0	+1	0.67	นำไปใช้ได้
3. โปรตีน	12	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	13	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	14	ด้านการนำไปใช้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	15	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC=$\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
			1	2	3		
4. ลิพิด	16	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	17	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	18	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	19	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	20	ด้านการนำไปใช้	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
5. กรดนิวคลีอิก	21	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	22	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	23	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	24	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	25	ด้านการนำไปใช้	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6. เอนไซม์	26	ด้านความจำ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	27	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	28	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	29	ด้านความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	30	ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง สารชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สถานการณ์	ข้อที่	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC=$\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
			1	2	3		
1. น้ำ	1	การระบุปัญหา	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
2. คาร์โบ-ไฮเดรต	1	การระบุปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
3. โปรตีน	1	การระบุปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	+1	0	0.67	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

สถานการณ์	ข้อที่	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ผู้เชี่ยวชาญ			IOC=$\frac{\sum R}{N}$	หมายเหตุ
			1	2	3		
4. ลิพิด	1	การระบุปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
5. กรดนิวคลีอิก	1	การระบุปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	0	+1	0.67	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
6. เอนไซม์	1	การระบุปัญหา	0	+1	+1	0.67	นำไปใช้ได้
	2	การระบุสาเหตุของปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	3	แนวทางแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้
	4	ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1.00	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

ข้อที่	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	0.65	0.43	16	0.55	0.34
2	0.65	0.53	17	0.65	0.35
3	0.60	0.22	18	0.60	0.21
4	0.60	0.24	19	0.70	0.28
5	0.55	0.51	20	0.65	0.25
6	0.60	0.36	21	0.65	0.34
7	0.60	0.50	22	0.60	0.28
8	0.65	0.38	23	0.60	0.39
9	0.45	0.23	24	0.65	0.21
10	0.55	0.55	25	0.50	0.20
11	0.65	0.47	26	0.65	0.38
12	0.70	0.33	27	0.75	0.40
13	0.50	0.43	28	0.65	0.33
14	0.45	0.28	29	0.60	0.28
15	0.65	0.25	30	0.70	0.34

ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล เท่ากับ 0.69

ตารางที่ 4 แสดงค่าความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ข้อที่	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)
1	0.70	0.33	13	0.67	0.20
2	0.62	0.30	14	0.63	0.20
3	0.67	0.27	15	0.50	0.20
4	0.65	0.30	16	0.53	0.25
5	0.65	0.23	17	0.65	0.23
6	0.67	0.27	18	0.53	0.25
7	0.67	0.27	19	0.67	0.27
8	0.67	0.27	20	0.50	0.20
9	0.65	0.23	21	0.50	0.30
10	0.50	0.30	22	0.53	0.25
11	0.65	0.23	23	0.55	0.20
12	0.45	0.40	24	0.62	0.23

ค่าความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เท่ากับ 0.86

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ค

- คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล
- คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 5 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	หลังเรียน	หลังเรียน 2 สัปดาห์
1	18	22
2	15	15
3	6	15
4	15	14
5	17	20
6	14	13
7	14	12
8	18	12
9	17	15
10	15	20
11	16	21
12	20	23
13	21	23
14	17	17
15	16	13
16	17	22
17	18	22
18	15	12
19	23	23
20	18	10
21	16	19
22	17	18
23	12	11
24	14	16
25	5	10

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คนที่	หลังเรียน	หลังเรียน 2 สัปดาห์
26	13	12
27	15	15
28	18	15
29	13	17
30	13	15
31	12	11
32	16	15
33	20	20
34	14	15
35	15	19
36	14	13
37	10	11
38	12	12

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ตารางที่ 6 คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1	59	60
2	48	52
3	54	58
4	50	54
5	52	55
6	54	60
7	50	64
8	44	53
9	48	54
10	44	46
11	46	60
12	52	56
13	46	54
14	44	52
15	62	63
16	46	48
17	50	58
18	44	62
19	60	64
20	52	56
21	52	58
22	45	54
23	54	62
24	50	56
25	46	50

ตารางที่ 6 (ต่อ)

คนที่	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
26	50	55
27	54	58
28	54	56
29	56	58
30	45	58
31	45	52
32	45	60
33	50	62
34	55	56
35	44	46
36	54	58
37	46	59
38	54	62

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ง

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง
- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารชีวโมเลกุล

แผนการจัดการเรียนรู้

แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

รหัสวิชา ว 31251 รายวิชา ชีววิทยา 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เวลา 18 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมบัติของน้ำ เวลา 3 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

น้ำเป็นสารประกอบที่พบมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต น้ำมีบทบาทสำคัญในการรักษาดุลยภาพของร่างกาย เช่น น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี เป็นตัวกลางของการเกิดปฏิกิริยาเคมีของกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกาย การลำเลียงสาร การย่อยอาหาร การหมุนเวียนเลือด การขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย รวมถึงการรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิ และความเป็นกรด-เบส ของเลือดและของเหลวต่าง ๆ ในร่างกาย

น้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจน มีสูตรเคมีเป็น H_2O อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ แต่อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะอยู่บริเวณอะตอมของออกซิเจนมากกว่าอะตอมของไฮโดรเจน จึงทำให้โมเลกุลของน้ำเป็นโมเลกุลมีขั้ว (polar molecule) โมเลกุลของน้ำยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนของน้ำโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของออกซิเจนของน้ำอีกโมเลกุลหนึ่ง

สิ่งมีชีวิตมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนธาตุอื่น ๆ มีปริมาณที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไอออน เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ถึงแม้สิ่งมีชีวิตต้องการธาตุบางชนิดในปริมาณเล็กน้อย แต่ถ้าได้รับปริมาณไม่เพียงพอหรือมีการสูญเสียไปอาจทำให้การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ผิดปกติได้

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สิ่งมีชีวิตประกอบด้วย ธาตุและสารประกอบในร่างกายของสิ่งมีชีวิตมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากที่สุด น้ำประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน มีสมบัติในการเป็นตัวทำละลายที่ดีเก็บความร้อนได้ดีและมีความจุความร้อนสูงซึ่งช่วยรักษาดุลยภาพของเซลล์ได้

ธาตุที่สิ่งมีชีวิตต้องการจะอยู่ในรูปของไอออนในมนุษย์และสัตว์ธาตุจะช่วยให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปตามปกตินอกจากนี้ในกระดูก ฟัน และกล้ามเนื้อจะมีธาตุเป็นองค์ประกอบด้วย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.ด้านความรู้ (Knowledge)

1.1 อธิบายเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบได้

1.2 บอกความสำคัญของธาตุชนิดต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิตได้

1.3 ยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ได้

1.4 อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำ บอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้

2. ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

2.1 การสังเกต

2.2 การลงความเห็นจากข้อมูล

2.3 สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบได้

2.4 สืบค้นข้อมูล โครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำได้

2.5 สร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำได้

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

2.6 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ

2.7 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย
3. ใฝ่เรียนรู้

4. มุ่งมั่นในการทำงาน

5. อยู่อย่างพอเพียง

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร : การนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

2. ความสามารถในการคิด : มีการวางแผนการปฏิบัติงาน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา : การจัดกระทำกับข้อมูล การอภิปรายและการนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต : มีการวางแผนการปฏิบัติงาน

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี : การจัดกระทำกับข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ภาระ/ชิ้นงาน/ร่องรอย/หลักฐานการเรียนรู้

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำ

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1

2. powerpoint หน่วย 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานสิ่งมีชีวิต

3. วัสดุอุปกรณ์

กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การสืบค้นข้อมูล ดังนี้

1.1.1 ร่างกายของนักเรียนมีสารเคมีเป็นองค์ประกอบหรือไม่ (สิ่งมีชีวิตมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก อะตอมของธาตุต่าง ๆ อะตอมยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีเกิดเป็นโมเลกุลเซลล์ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิตเกิดจากโมเลกุลชนิดต่าง ๆ จำนวนมากมารวมตัวกัน)

1.1.2 สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของร่างกายสิ่งมีชีวิต ได้แก่สารชนิดใดบ้าง (สาร อนินทรีย์และสารอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลิอิก และน้ำ ซึ่งสารเหล่านี้มีความสำคัญต่อร่างกาย)

1.1.3 สารใดพบมากที่สุดในร่างกายมนุษย์ (น้ำ)

1.2 ครูนำน้ำแข็งและน้ำมาให้นักเรียนสังเกต

1.2.1 ครูใช้คำถามปลายเปิดว่า นักเรียนคิดว่าสิ่งที่เห็นมีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร โครงสร้างภายนอกและภายในแตกต่างกันอย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหาความรู้ (Exploration)

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาคำตอบว่า โครงสร้างโมเลกุลของน้ำในน้ำแข็งและน้ำเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำแสดงการเกิดโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ รวมทั้งการเขียนสัญลักษณ์แทนขั้วบวกและขั้วลบ

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึง โครงสร้างโมเลกุลของน้ำ การเกิดโมเลกุลที่มีขั้วของน้ำ (เกิดจากอะตอมออกซิเจนในโมเลกุลของน้ำยังมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดเหลืออีก 4 ตัว ซึ่งไม่ได้ยึดเหนี่ยวกับอะตอมของธาตุอื่น ทำให้อะตอมของออกซิเจนแสดงประจุลบ ส่วนอะตอมของไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอม แสดงประจุบวก ซึ่งเขียนสัญลักษณ์แทนขั้วบวกและขั้วลบได้)

3.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสมบัติอื่นๆ ของน้ำ จากแบบจำลองโครงสร้างของน้ำที่สร้างขึ้น

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลโครงสร้างโมเลกุลของน้ำเกี่ยวข้องกับสมบัติการละลายของน้ำอย่างไร

4.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแก้แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำเพื่ออธิบายสมบัติการละลายของน้ำ

5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 ครูสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียน ตลอดจนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 1 บอกความสำคัญของธาตุชนิดต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิต ข้อที่ 3 บอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

5.2 การตอบคำถามในใบกิจกรรม วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 4 อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลสมบัติของน้ำ

5.3 ชิ้นงาน วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบ และข้อที่ 5 สืบค้นข้อมูล โครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำ

การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
1. ด้านความรู้ (K) 1.1 อธิบายเกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบได้ 1.2 บอกความสำคัญของธาตุชนิดต่างๆ ต่อสิ่งมีชีวิตได้ 1.3 ยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ได้ 1.4 อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำ บอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้	ตรวจชิ้นงานแบบจำลอง	แบบประเมินชิ้นงานแบบจำลอง	นักเรียนสามารถทำชิ้นงานแบบจำลองได้ระดับคุณภาพดี
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P) 2.1 การสังเกต 2.2 การลงความเห็นจากข้อมูล 2.3 สืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับอะตอม ธาตุและสารประกอบได้ 2.4 สืบค้นข้อมูล โครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำได้	การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	นักเรียนมีผลการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี
สิ่งที่ต้องการวัด	**วิธีวัด**	**เครื่องมือวัด**	**เกณฑ์การวัด**
2.5 สร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำ 2.6 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2.7 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ			
3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) 1. ซื่อสัตย์สุจริต 2. มีวินัย 3. ใฝ่เรียนรู้	การสังเกตคุณลักษณะ	แบบสังเกตคุณลักษณะ	นักเรียนมีผลการประเมินคุณลักษณะอัน

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
4. มุ่งมั่นในการทำงาน 5. อยู่อย่างพอเพียง	อันพึง ประสงค์	อันพึง ประสงค์	พึงประสงค์อยู่ ในระดับดี

บันทึกผลหลังกระบวนการจัดการเรียนรู้

1. สรุปผลการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1.1 ด้านความรู้

.....

.....

1.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

1.3 ด้านเจตคติ

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

.....

.....

(ลงชื่อ) .....ผู้สอน

(นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง)

วัน.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง สมบัติของน้ำ

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล สมบัติของน้ำและบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

วัสดุอุปกรณ์

1. ฝาขวดน้ำสีน้ำเงิน จำนวน 10 ฝา
2. ฝาขวดน้ำสีขาว จำนวน 5 ฝา
3. เชือก จำนวน 1 เส้น

วิธีการศึกษา

1. นักเรียนออกแบบวาดรูปโครงสร้างของน้ำพร้อมชี้ส่วนประกอบ รวมทั้งการเขียนสัญลักษณ์แทนขั้วบวกและขั้วลบ
2. สร้างแบบจำลองโครงสร้างของน้ำจากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

แบบร่างการจัดเรียงอิเล็กตรอนของน้ำ
แบบร่างโครงสร้างของน้ำที่ยึดกัน 5 โมเลกุล

แบบร่างแสดงการละลาย เมื่อเจอไอออนบวกและไอออนลบ

คำถาม

1. โครงสร้างในโมเลกุลของน้ำ และระหว่างโมเลกุลของน้ำ ประกอบด้วยพันธะใด

.....

.....

2. ลักษณะความเป็นขั้วของโมเลกุลของน้ำเป็นอย่างไร ทำไมจึงเป็นเช่นนั้นจงอธิบาย

.....

.....

3. สารทุกชนิดละลายน้ำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงยกตัวอย่าง

.....

.....

มหาวิทยาลัย สุโขทัยธรรมาธิราช

รหัสวิชา ว 31251 รายวิชา ชีววิทยา 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต เวลา 18 ชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง คาร์โบไฮเดรต เวลา 3 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารหลักที่ให้พลังงานกับสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน พบได้ทั่วไป เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส และไกลโคเจน โดยส่วนใหญ่จะพบแป้งและเซลลูโลสในพืช ส่วนไกลโคเจนพบในเซลล์ตับและกล้ามเนื้อของสัตว์

คาร์โบไฮเดรตแบ่งตามขนาดของโมเลกุลได้เป็น มอโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide) ไดแซ็กคาไรด์ (disaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide)

มอโนแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลเล็กที่สุด มีรสหวาน ละลายได้ในน้ำ โมเลกุลของมอโนแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยอะตอมของธาตุคาร์บอนตั้งแต่ 3-7 อะตอม

ไดแซ็กคาไรด์ประกอบด้วยมอโนแซ็กคาไรด์ 2 โมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่าพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ไดแซ็กคาไรด์ที่พบมาก ได้แก่ ซูโครส (sucrose) มอลโทส (maltose) และแล็กโทส (lactose)

พอลิแซ็กคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ เกิดจากมอโนแซ็กคาไรด์หลายโมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว พอลิแซ็กคาไรด์แตกต่างกันที่ชนิด จำนวน และรูปแบบการเชื่อมต่อของมอโนแซ็กคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบ บางชนิดเป็นสายโซ่ยาวตรง เช่น อะไมโลส เซลลูโลส บางชนิดมีกิ่งก้านแยกออกไป เช่น อะไมโลเพกทิน ไกลโคเจน

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย ธาตุคาร์บอนไฮโดรเจน และออกซิเจน แบ่งตามขนาดโมเลกุลออกได้เป็น3 กลุ่ม คือ มอโนแซ็กคาไรด์ไดแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1.ด้านความรู้ (Knowledge)

1.1 อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้

1.2 อธิบายความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้

1.3 ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตได้

2. ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

2.1 การสังเกต

2.2 การทดลอง

2.3 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

2.4 สืบค้นข้อมูลโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต

2.5 สร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสได้

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

2.6 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ

2.7 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย
3. ใฝ่เรียนรู้
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. อยู่อย่างพอเพียง

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร : การนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

2. ความสามารถในการคิด : มีการวางแผนการปฏิบัติงาน

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา : การจัดกระทำกับข้อมูล การอภิปรายและการนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต : มีการวางแผนการปฏิบัติงาน

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี : การจัดกระทำกับข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลอย่างเป็นระบบ

ภาระ/ชิ้นงาน/ร่องรอย/หลักฐานการเรียนรู้

แบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคส

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1
2. powerpoint หน่วย 2 เคมีที่เป็นพื้นฐานสิ่งมีชีวิต
3. อุปกรณ์การทดลอง

กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1.1 ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่การสืบค้นข้อมูล ดังนี้

1.1.1 สารอินทรีย์แตกต่างจากสารอนินทรีย์อย่างไร (สารอินทรีย์เป็นสารที่มีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก)

1.1.2 สารชนิดใดบ้างที่เป็นสารอินทรีย์ (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลิอิก)

1.2 นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างอาหารที่มีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต

1.3 ครูให้สถานการณ์ “คนทั่วไปเมื่ออดอาหาร น้ำตาลในเลือดลดลง ร่างกายจะมีกลไกเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในร่างกายโดยผ่านทางระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน เช่น ใช้ glycogen ที่สะสมอยู่ที่ตับ ใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมไว้แทน แต่นายมาริโอ้เป็นผู้ป่วยเบาหวานที่น้ำตาลไม่ได้ต่ำโดยธรรมชาติแต่เกิดจากยาเบาหวานนั้น กลไกช่วยเหลือของร่างกายอาจไม่เพียงพอจนทำให้มีอันตรายถึงหมดสติได้ ซึ่งนายมาริโอ้ได้ออกกำลังกายอย่างหนัก จึงทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ”

จากสถานการณ์ ถ้านักเรียนเป็นนายมาริโอ้ซึ่งต้องการน้ำตาลในทันที โดยที่บ้านของนักเรียนมีน้ำตาลอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครส นักเรียนจะเลือกรับประทานน้ำตาลชนิดใด เพราะเหตุใด

1.3.1 นักเรียนคิดว่าน้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครสมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2. ขั้นสำรวจและค้นหาความรู้ (Exploration)

2.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันหาคำตอบว่า น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครสมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันอย่างไร ประกอบไปด้วยอะตอมของธาตุใดบ้าง

2.2 นักเรียนแต่กลุ่มออกแบบ และสร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส

2.2.1 โครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมีรูปร่างเป็นอย่างไร

2.2.2 น้ำตาลกลูโคสประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันใดบ้าง มีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร

2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอชิ้นงานหน้าชั้นเรียน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปจากทำแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส

3.1.1 น้ำตาลกลูโคส แตกต่างกับน้ำตาลซูโครสอย่างไร (น้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือมอโนแซ็กคาไรด์ ส่วนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่หรือไดแซ็กคาไรด์)

3.1.2 เมื่อพิจารณาที่หมู่ฟังก์ชัน มอโนแซ็กคาไรด์จะแบ่งได้กี่ประเภท อะไรบ้าง (แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ มอโนแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลกลุ่มแอลดีไฮด์ ได้แก่ ไรโบส กลูโคส และกาแล็กโทส มอโน-แซ็กคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอนิล กลุ่มคีโตน ได้แก่ ไรบูโลส และฟรักโทส)

3.1.3 มอโนแซ็กคาไรด์จะมีรูปร่างเป็นอย่างไร (รูปแบบวง เฮกโซสมีคาร์บอน 6 อะตอม อาจมีโครงสร้างเป็นวง 6 เหลี่ยม เช่น กลูโคส หรืออาจมีโครงสร้างเป็นวง 5 เหลี่ยม เช่น ฟรักโทส)

3.1.4 คาร์โบไฮเดรตมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร (เป็นแหล่งของพลังงานในเซลล์ เช่น กลูโคส, เป็นอาหารสะสมของพืชและสัตว์ เช่น แป้ง และไกลโคเจน, เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เช่น เซลลูโลส เพปทิโดไกลแคน)

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทำกิจกรรมและซักถามข้อสงสัย

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลโครงสร้างโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตประเภทอื่นๆ

4.1.1 ครูใช้คำถาม ข้าวเหนียวกับข้าวเจ้าแตกต่างกันอย่างไร (สัดส่วนอะไมโลสและอะไมโล-เพกทินแตกต่างกัน ข้าวเหนียว มีอะไมโลเพกทินมากกว่าอะไมโลส ส่วนข้าวเจ้ามีอะไมโลสมากกว่า จึงทำให้ข้าวเหนียวมีความเหนียวมากกว่าข้าวเจ้ามาก)

4.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปรับแก้แบบจำลองโครงสร้างน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

5.1 ครูสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียน ตลอดจนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต และข้อที่ 3 ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต

5.2 การตอบคำถามในใบกิจกรรม วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

5.3 ชิ้นงาน วัดในจุดประสงค์ข้อที่ 4 สืบค้นข้อมูลโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต

การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (K) 1.1 อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตได้ 1.2 อธิบายความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิตได้ 1.3 ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตได้	ตรวจชิ้นงานแบบจำลอง	แบบประเมินชิ้นงานแบบจำลอง	นักเรียนสามารถทำชิ้นงานแบบจำลองได้ระดับคุณภาพดี
ด้านทักษะกระบวนการ (P) 2.1 การสังเกต 2.2 การทดลอง 2.3 การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป 2.4 สืบค้นข้อมูลโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต	การสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม	นักเรียนมีผลการประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี
2.5 สร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสได้ 2.6 การสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ 2.7 ความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ			

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) 1. ซื่อสัตย์สุจริต 2. มีวินัย 3. ใฝ่เรียนรู้ 4. มุ่งมั่นในการทำงาน 5. อยู่อย่างพอเพียง	การสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	แบบสังเกตคุณลักษณะอันพึงประสงค์	นักเรียนมีผลการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์อยู่ในระดับดี

บันทึกผลหลังกระบวนการจัดการเรียนรู้

1. สรุปผลการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1.1 ด้านความรู้

.....

.....

1.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

1.3 ด้านเจตคติ

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

.....

.....

(ลงชื่อ) .....ผู้สอน

(นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง)

วัน.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง คาร์โบไฮเดรต

จุดประสงค์

1. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้จิ้มฟัน
2. ดินน้ำมัน

วิธีการศึกษา

1. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ “คนทั่วไปเมื่ออดอาหาร น้ำตาลในเลือดลดลง ร่างกายจะมีกลไกเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในร่างกายโดยผ่านทางระบบประสาทอัตโนมัติและฮอร์โมน เช่น ใช้ glycogen ที่สะสมอยู่ที่ตับ ใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมไว้แทน แต่นายมาริโอ้เป็นผู้ป่วยเบาหวานที่น้ำตาลไม่ได้ต่ำโดยธรรมชาติแต่เกิดจากยาเบาหวานนั้น กลไกช่วยเหลือของร่างกายอาจไม่เพียงพอจนทำให้มีอันตรายถึงหมดสติได้ ซึ่งนายมาริโอ้ได้ออกกำลังกายอย่างหนัก จึงทำให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดต่ำ”

2. นักเรียนตอบปัญหาจากสถานการณ์ ถ้านักเรียนเป็นนายมาริโอ้ซึ่งต้องการน้ำตาลในทันทีโดยที่บ้านของนักเรียนมีน้ำตาลอยู่ 2 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส และน้ำตาลซูโครส นักเรียนจะเลือกรับประทานน้ำตาลชนิดใด เพราะเหตุใด

3. นักเรียนออกแบบวาดรูปโครงสร้างชนิดของน้ำตาลที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือก พร้อมชี้ส่วนประกอบ ชนิด และจำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิด

2. สร้างแบบจำลองโครงสร้างของน้ำตาลจากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

แบบร่างโครงสร้างของน้ำตาล (พร้อมชี้ส่วนประกอบ)
แบบร่างการปรับโครงสร้างของน้ำตาล (พร้อมชี้ส่วนประกอบ)

คำถาม

1. นักเรียนจะเลือกรับประทานน้ำตาลชนิดใด เพราะเหตุใด

.....

.....

2. โครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส แตกต่างกับน้ำตาลซูโครสอย่างไร

.....

.....

.....

3. สูตรโมเลกุล และหมู่ฟังก์ชันของคาร์โบไฮเดรต คือ

.....

.....

4. โอลิโกแซ็กคาไรด์เกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

5. พันธะเคมีในน้ำตาลโมเลกุลคู่ คือ พันธะชนิดใด

.....

.....

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ชื่อ_____ชั้น_____เลขที่___

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้วตอบคำถาม

สถานการณ์ เรื่อง เกลือ

สมหญิงไปซื้อเกลือมาจากตลาด พอกลับมาถึงบ้านได้นำเกลือวางตั้งทิ้งไว้ในห้องครัว หลังจากเวลาผ่านไป 1 เดือน พบว่าเกลือเม็ดที่ซื้อมากลายเป็นน้ำเกลือ

1. นักเรียนคิดว่าจากสถานการณ์ ปัญหาคืออะไร (การระบุปัญหา)

.....

.....

.....

2. จากปัญหา นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุมาจากอะไร (การระบุสาเหตุของปัญหา)

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างไร (แนวทางแก้ปัญหา)

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะเอาความรู้ที่ได้มาใช้เก็บรักษาเกลือที่บ้านอย่างไร (ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา)

.....

.....

.....

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
การระบุปัญหา	สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจนว่าเกลือกลายเป็นน้ำเกลือ	สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	ไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้
การระบุสาเหตุของปัญหา	สามารถระบุสาเหตุว่าเกลือละลายไปกับน้ำและอุณหภูมิสูง	สามารถระบุสาเหตุว่าเกลือละลายไปกับน้ำ	ไม่สามารถระบุสาเหตุที่เป็นไปได้จากปัญหา
แนวทางแก้ปัญหา	สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาโดยเก็บเกลือให้ห่างจากความร้อนและน้ำ เช่น การเก็บใส่กระปุก วางไว้ในที่แห้ง อุณหภูมิต่ำ	สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาโดยเก็บเกลือให้ห่างจากความร้อนและน้ำได้	ไม่สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ได้
ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	สามารถตรวจสอบอธิบายถึงความสัมพันธ์โครงสร้างของโมเลกุลน้ำกับเกลือและการละลายได้	สามารถตรวจสอบอธิบายถึงการละลายได้	ไม่สามารถตรวจสอบอธิบายความถูกต้องของผลลัพธ์ได้

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ชื่อ_____ชั้น_____เลขที่____

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้วตอบคำถาม

สถานการณ์ เรื่อง ไวรัสโคโรนา (COVID-19)

ครอบครัวของเด็กชายเบลกำลังเผชิญกับสถานการณ์ไวรัสโคโรนา (COVID-19) ซึ่งระบาดไปทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทย ทำให้เด็กชายเบลต้องอยู่บ้านและเรียนออนไลน์ เป็นเวลา 1 เดือน เด็กชายเบลทราบข้อมูลของไวรัสโคโรนาว่า ไวรัสสามารถแพร่กระจายโดยอาศัยเสมหะ น้ำมูก และละอองฝอยเป็นสื่อกลางในการเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ผ่านทางดวงตา จมูก หรือปาก ผ่านการสัมผัสจากมือเป็นส่วนใหญ่ แม่ของเด็กชายเบลจึงให้เด็กชายเบลล้างมือด้วยสบู่บ่อยๆ เพื่อป้องกันไวรัส หลังจากเด็กชายเบลอยู่บ้านมา 1 สัปดาห์ สบู่ก็หมดและขาดตลาด

1. ปัญหาของเด็กชายเบล คืออะไร (การระบุปัญหา)

.....

.....

.....

2. จากปัญหานักเรียนคิดว่ามีสาเหตุมาจากอะไร (การระบุสาเหตุของปัญหา)

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะมีวิธีแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างไร (แนวทางแก้ปัญหา)

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะมีวิธีการตรวจสอบอย่างไรว่าวิธีที่เลือก สามารถแก้ปัญหาได้ (ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา)

.....

.....

.....

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
การระบุปัญหา	สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง ชัดเจนว่าไม่มีสบู่ล้างมือ	สามารถระบุปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น	ไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้
การระบุสาเหตุของปัญหา	สามารถระบุสาเหตุว่าสบู่ขาดตลาด ไม่เพียงพอต่อผู้บริโภค	สามารถระบุสาเหตุได้แต่ไม่ตรงประเด็น	ไม่สามารถระบุสาเหตุที่เป็นไปได้จากปัญหาได้
แนวทางแก้ปัญหา	สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาหาสารทำความสะอาดที่สามารถทดแทนสบู่ได้ เช่น น้ำยาล้างจาน เจล แอลกอฮอล์	สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาหาสารทำความสะอาดที่สามารถทดแทนสบู่ได้แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างได้	ไม่สามารถเสนอวิธีการแนวทางในการแก้ปัญหาได้
ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	สามารถตรวจสอบอธิบายถึงสมบัติสบู่และสารทดแทนต่อการกำจัดเชื้อไวรัส	สามารถตรวจสอบอธิบายถึงสมบัติสบู่ได้	ไม่สามารถตรวจสอบอธิบายความถูกต้องของผลลัพธ์ได้

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง สารชีวโมเลกุล

1. ข้อใดเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต

ก. C,H,N

ข. C,O,H

ค. C,O,N

ง. C,H,O,S

(หัวข้อที่ 1. ด้านความจำ)

2. ธาตุที่มีสัญลักษณ์นิวเคลียร์ในข้อใด มีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน

$^{7}_{3}A$ $^{14}_{7}B$ $^{32}_{16}C$ $^{39}_{19}D$

ก. A กับ B

ข. B กับ C

ค. C กับ B

ง. A กับ D

(หัวข้อที่ 1. ด้านความเข้าใจ)

3. ข้อใดกล่าวถึงสมบัติและหน้าที่ของน้ำได้ถูกต้อง

ก. น้ำเป็น Hydrophilic ทำให้สามารถเป็นตัวทำละลายได้ดี

ข. น้ำเป็น Hydrophobic ทำให้สารละลายสามารถแตกตัวได้ดีในน้ำ

ค. น้ำสามารถแตกตัวได้รวดเร็วจึงมีคุณสมบัติรักษาสมดุลอุณหภูมิร่างกาย

ง. น้ำสามารถแตกตัวให้ไอออนได้เป็น H+ และ OH- ปรับสมดุลกรดเบสของร่างกาย

(หัวข้อที่ 1. ด้านความเข้าใจ)

4. ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

ก. อะตอมของโมเลกุลน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วโดย H ทั้ง 2 เป็นประจุลบ

ข. อะตอมของ H และ O ยึดเหนี่ยวกันด้วย Hydrogen bond ระหว่าง H และ O ของน้ำ

ค. น้ำเกิดจากการยึดเหนี่ยวของ Hydrogen bond ระหว่างอะตอมของ O กับ H ของโมเลกุลน้ำ

ง. อะตอมของ H มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 2 อิเล็กตรอน และ O มีเวเลนซ์อิเล็กตรอน 6 อิเล็กตรอน

(หัวข้อที่ 1. ด้านความเข้าใจ)

5. อะตอมของธาตุ H และ O ภายในโมเลกุลของน้ำ ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะอะไร

ก. พันธะไอออนิก

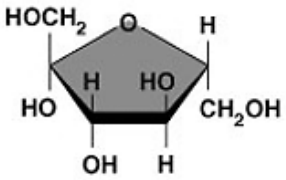
ข. พันธะโลหะ

ค. พันธะโคเวเลนต์

ง. พันธะไฮโดรเจน

(หัวข้อที่ 1. ด้านความจำ)

6. โครงสร้างในภาพคือน้ำตาลในข้อใด



ก. hexose

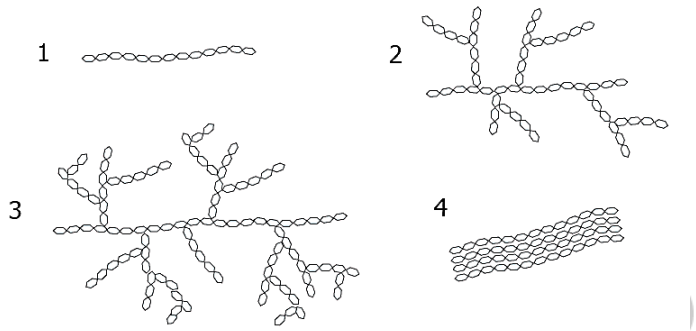
ข. lactose

ค. pentose

ง. Glucose

(หัวข้อที่ 2. ด้านความเข้าใจ)

7. พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดใดบ้างที่พบในพืช



ก. 1 และ 2

ข. 1 2 และ 3

ค. 2 3 และ 4

ง. 1 2 และ 4

(หัวข้อที่ 2. ด้านความจำ)

8. ถ้านักเรียนเกิดอาการใจสั่นอ่อนเพลีย จากน้ำตาลในเลือดต่ำต้องการน้ำตาลในทันทีนักเรียนจะเลือกรับประทานน้ำตาลในข้อใด

ก. Glucose

ข. Sucrose

ค. Moltose

ง. Glycogen

(หัวข้อที่ 2. ด้านการนำไปใช้)

9. ผลการทดสอบด้วยเบเนดิกต์และสารละลาย $CuSO_4$ ใน NaOH ของสารบางชนิด

สารที่ทดสอบ	สารละลายเบเนดิกต์	สารละลาย $CuSO_4$ ใน NaOH
A	ไม่เปลี่ยนแปลง	สารละลายสีม่วง
B	ตะกอนสีแดงอิฐ	ไม่เปลี่ยนแปลง

สาร A และ B ได้แก่ข้อใด ตามลำดับ

ก. ไข่ขาวต้ม, น้ำแป้ง

ข. ตับไก่ดิบ, กลูโคส

ค. นมสด, ซูโครส

ง. น้ำแป้ง, ฟรุกโทส

(หัวข้อที่ 2. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

10. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. เซลลูโลสเป็นสารอินทรีย์ที่พบได้มากในสัตว์

ข. ไกลโคเจนเป็นสารอินทรีย์ที่พบได้มากในผนังเซลล์พืช

ค. อะไมโลเพกทินเป็นสารอินทรีย์ที่โครงสร้างมีการแตกแขนง

ง. อะไมโลสเป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วยกลูโคสเรียงต่อกันพบในสัตว์

(หัวข้อที่ 2. ด้านความเข้าใจ)

11. จากแผนภาพ A B C คือสารใด

แป้ง $\longrightarrow$ ซูโครส $\xrightarrow{A}$ B + C

ก. อะไมเลส กลูโคส กลูโคส

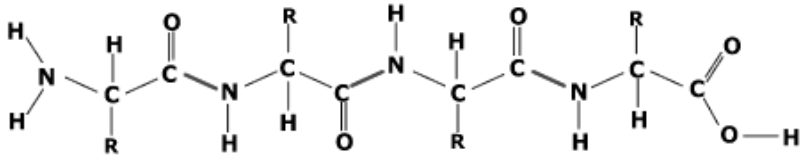
ข. ซูเครส กลูโคส ฟรักโทส

ค. อะไมเลส ฟรักโทส กาแลกโทส

ง. ซูเครส กลูโคส กาแลกโทส

(หัวข้อที่ 3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

12. จากภาพกรดอะมิโนจำนวนกี่โมเลกุล



ก. 2 โมเลกุล

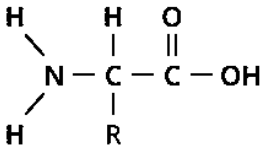
ข. 3 โมเลกุล

ค. 4 โมเลกุล

ง. 5 โมเลกุล

(หัวข้อที่ 3. ด้านความเข้าใจ)

13. จากภาพเป็นองค์ประกอบหลักของสารใด และมีหมู่ฟังก์ชันกี่หมู่ ตามลำดับ



ก. ถั่ว , 2 หมู่

ข. น้ำมันพืช , 4 หมู่

ค. ขนมปัง , 2 หมู่

ง. เนื้อหมู , 4 หมู่

(หัวข้อที่ 3. ด้านความเข้าใจ)

14. เมื่อนักเรียนรับประทานคอลลาเจนชนิดเม็ดไดเปปไทด์หรือไตรเปปไทด์ กับการรับประทานกระดูกอ่อนเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ก. ได้กรดอะมิโนเช่นเดียวกันเพียงแต่การย่อยกระดูกอ่อนจะใช้เวลานานกว่า

ข. ทั้งคู่ให้ผลเหมือนกันคือผลจากการย่อยจะให้กรดไขมันและสารพวกสเตอรอล

ค. กระดูกอ่อนเมื่อย่อยเสร็จจะให้กรดอะมิโน ส่วนไดเปปไทด์ให้กรดไขมันจำเป็น

ง. ไตรเปปไทด์ดูดซึมได้ทันทีโดยไม่ต้องย่อย แต่กระดูกอ่อนต้องย่อยก่อนจึงจะดูดซึมได้

(หัวข้อที่ 3. ด้านการนำไปใช้)

15. ข้อใดไม่ใช่บทบาทและหน้าที่ของโปรตีน

ก. ช่วยในการเจริญเติบโต

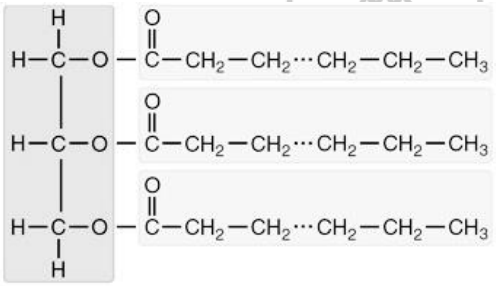
ข. เป็นแหล่งของพลังงานในเซลล์

ค. เป็นโครงสร้างของเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์

ง. ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาเคมีในเซลล์

(หัวข้อที่ 3. ด้านความจำ)

16. เมื่อกรดไขมันทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์จนเกิดโครงสร้างดังภาพ จะสูญเสียน้ำกี่โมเลกุล และใช้กรดไขมันกี่โมเลกุล



ก. น้ำ 1 โมเลกุล กรดไขมัน 1 โมเลกุล

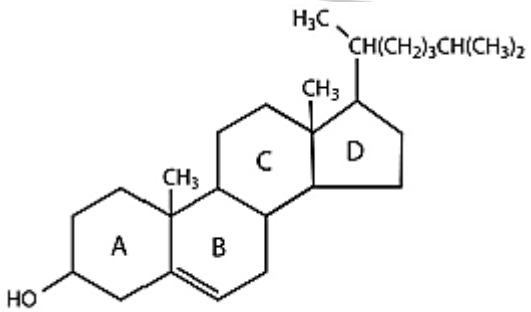
ข. น้ำ 1 โมเลกุล กรดไขมัน 3 โมเลกุล

ค. น้ำ 3 โมเลกุล กรดไขมัน 1 โมเลกุล

ง. น้ำ 3 โมเลกุล กรดไขมัน 3 โมเลกุล

(หัวข้อที่ 4. ด้านความเข้าใจ)

17. โครงสร้างในภาพเป็นลิพิดประเภทใด และชนิดใด ตามลำดับ



ก. ลิพิดธรรมดา, ฟอสโฟลิพิด

ข. ลิพิดเชิงประกอบ, ฟอสโฟลิพิด

ค. อนุพันธ์ลิพิด, คอเลสเตอรอล

ง. ลิพิดเชิงซ้อน, คอเลสเตอรอล

(หัวข้อที่ 4. ด้านความจำ)

18. “การรับประทานอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวหรือมีคอเลสเตอรอลมากเกินความต้องการของร่างกาย ไตรกลีเซอไรด์และคอเลสเตอรอลส่วนเกินที่อยู่ใน LDL จะมีการสะสมที่ผนังหลอดเลือดทำให้หลอดเลือดแข็งตัวหรือหลอดเลือดตีบ การรับประทนอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นไขมันดีที่มีประโยชน์ จะมี HDL ทำหน้าที่นำคอเลสเตอรอลส่วนเกินไปทำลายที่ตับ”

จากข้อความนักเรียนจะเลือกรับประทานอาหารชนิดใด

ก. น้ำมันมะกอก, ปลาทูน่า

ข. น้ำมันมะพร้าว, เมล็ดธัญพืช

ค. น้ำมันดอกคำฝอย, เนย

ง. น้ำมันปาล์ม, น้ำมันงา

(หัวข้อที่ 4. ด้านการนำไปใช้)

19. ข้อใดกล่าวไม่ถูกเกี่ยวกับลิพิดเชิงเดี่ยว

ก. เกิดจากกรดไขมันกับแอลกอฮอล์ ประเภทกลีเซอรอล

ข. ไตรกลีเซอไรด์จะมีกรดไขมันมาเกาะอยู่กับกลีเซอรอล 3 ตัว

ค. ไตรกลีเซอไรด์เป็นลิพิดที่พบมากที่สุดในสัตว์และพืชตามธรรมชาติ

ง. กรดไขมัน 2 ตัวที่มาเกาะอยู่กับกลีเซอรอลจะเรียกว่า ไดกลีเซอไรด์

(หัวข้อที่ 4. ด้านความเข้าใจ)

20. การสบู่สามารถทำความสะอาดได้ดี เพราะเหตุผลในข้อใด

ก. สบู่เมื่อโดนน้ำทำให้น้ำมันแตกตัวเป็นโมเลกุลขนาดเล็ก

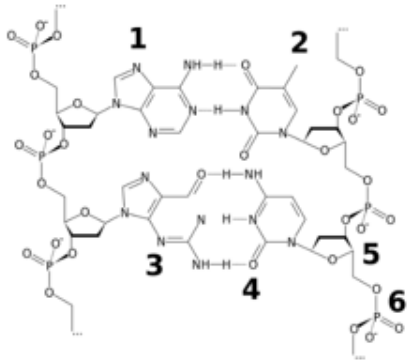
ข. สบู่นำด้านที่ไม่มีขั้วเข้าจับกับน้ำมันด้านที่มีขั้วอยู่ในน้ำ

ค. สบู่ทำให้โมเลกุลน้ำจับกับน้ำมันขนาดเล็กได้ดีขึ้น

ง. สบู่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วทำให้จับกับน้ำและน้ำมันได้ง่าย

(หัวข้อที่ 4. ด้านการนำไปใช้)

21. จากภาพ หมายเลข 1 และ 2 คือเบสคู่ใด



ก. เบส T จับกับเบส A

ข. เบส G จับกับเบส C

ค. เบส A จับกับเบส G

ง. เบส C จับกับเบส T

(หัวข้อที่ 5. ด้านความเข้าใจ)

22. ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบสในโมเลกุล DNA ในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์ต่างๆ

สิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน(C)	A : T	G : C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
เม่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	1.02
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	10.1	1.00
มนุษย์ (ไทมัส)	29.3	30.0	20.7	20.0	0.98	1.04

จากข้อมูลข้างต้นข้อใดแปลความได้ไม่ถูกต้อง

ก. เบส A มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส T

ข. เบส G มีปริมาณใกล้เคียงกับเบส C

ค. ปริมาณของ A + T จะเท่ากับปริมาณของเบส G + C

ง. ปริมาณของ A + G จะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของ T + C

(หัวข้อที่ 5. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

23. นิวคลีโอไทด์ของ DNA แต่ละชนิดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ก. น้ำตาลและชนิดของเบสเหมือนกัน แตกต่างกันที่หมู่ฟอสเฟต

ข. น้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตเหมือนกัน แตกต่างกันที่ชนิดของเบส

ค. ชนิดของเบสและหมู่ฟอสเฟตเหมือนกัน แตกต่างกันที่น้ำตาล

ง. ชนิดของเบสและหมู่ฟอสเฟต และน้ำตาลเหมือนกัน

(หัวข้อที่ 5. ด้านความเข้าใจ)

24. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับ DNA และ RNA

1. DNA มีน้ำตาลไรโบส
2. RNA ประกอบด้วยเบสคือ A , U , C , G
3. RNA มีน้ำตาลดีออกซีไรโบส
4. DNA ประกอบด้วยเบสคือ A , T , C , G

ก. 1, 2

ข. 1, 3

ค. 2, 3

ง. 2, 4

(หัวข้อที่ 5. ด้านความจำ)

25. “โรคเม็ดเลือดแดงรูปเคียว (Sickle-cell disease) เป็นโรคที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเบสบนสายนิวคลีโอไทด์เพียงหนึ่งตัวในดีเอ็นเอ คือ เกิดการแทนที่ของเบสจากเบส A เป็นเบส T ซึ่งเป็นการกลายพันธุ์ในระดับเล็ก เมื่อเกิดกระบวนการแปลรหัส ทำให้ได้รูปร่างของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ผิดปกติ”

จากข้อความข้อใดผิด

ก. เบส A กลายเป็นเบส T ทำให้ได้กรดอะมิโนชนิดเดิม

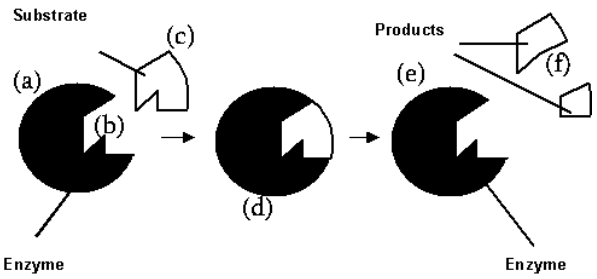
ข. เซลล์เม็ดเลือดแดงที่ผิดปกติเกิดจากเบสในนิวคลีโอไทด์เปลี่ยน

ค. กรดนิวคลีอิกทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนในเซลล์

ง. นิวคลีโอไทด์เป็นสารที่เกี่ยวกับถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรม

(หัวข้อที่ 5. ด้านการนำไปใช้)

26. จากภาพเป็นการทำงานแบบใด



ก. แบบแม่กุญแจลูกกุญแจ

ข. แบบยับยั้งทวนกลับ

ค. แบบยับยังถาวร

ง. แบบเหนี่ยวนำ

(หัวข้อที่ 6. ด้านความจำ)

27. ข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ มีโมเลกุลเล็กลงเสมอ

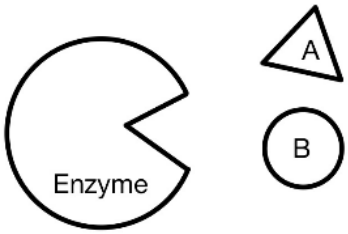
ข. เอนไซม์ทำให้ค่าพลังงานกระตุ้นลดลง จึงทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

ค. หลังจากปฏิกิริยาสิ้นสุดลง เอนไซม์จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปอย่างถาวร

ง. ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้มากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งเกิดขึ้นได้เร็วเสมอ

(หัวข้อที่ 6. ด้านความเข้าใจ)

28. จากรูปภาพ สารตั้งต้นชนิดใดสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับบริเวณเร่งได้ เพราะเหตุใด



ก. สารตั้งต้น A เนื่องจากเอนไซม์แต่ละชนิดสามารถทำปฏิกิริยาย้อนกลับได้

ข. สารตั้งต้น A เนื่องจากเอนไซม์แต่ละชนิดทำปฏิกิริยาจำเพาะกับสารตั้งต้นชนิดเดียว

ค. สารตั้งต้น B เนื่องจากเอนไซม์มีบริเวณเร่งสามารถปรับโครงสร้างเข้ากับสารตั้งต้นได้

ง. สารตั้งต้นทั้ง A และ B เนื่องจากเอนไซม์ทุกชนิดเป็นโปรตีนสามารถทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นได้ทุกชนิด

(หัวข้อที่ 6. ด้านความเข้าใจ)

29. การทดลองใช้เอนไซม์ในการย่อยสารชนิดหนึ่งที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ผลดังตาราง

หลอดทดลองที่	อุณหภูมิ	เวลาที่ใช้ย่อยสลายสาร(นาที)
1	20 °C	15
2	30 °C	6
3	40 °C	3
4	50 °C	ไม่เปลี่ยนแปลง

การทดลองนี้สรุปได้อย่างไร

ก. เอนไซม์ย่อยสลายได้เร็วที่สุดที่อุณหภูมิ 20 °C

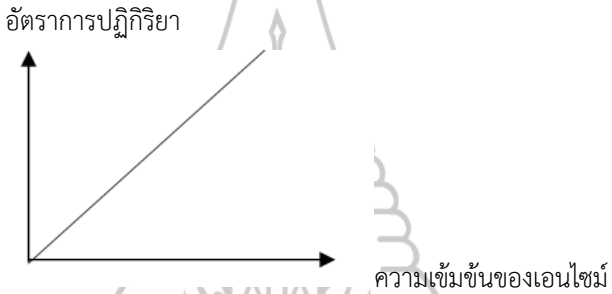
ข. เอนไซม์สลายตัวที่อุณหภูมิ 30 °C

ค. เอนไซม์ทำงานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 40 °C

ง. เอนไซม์ย่อยสลายได้ช้าที่สุดที่อุณหภูมิ 50 °C

(หัวข้อที่ 6. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

30. ถ้าปริมาณของสารตั้งต้นคงที่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้กราฟดังภาพ นักเรียนจะสรุปผลตามข้อใด



ก. ความเข้มข้นของเอนไซม์ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ข. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ โดยปริมาณของสารตั้งต้นคงที่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง

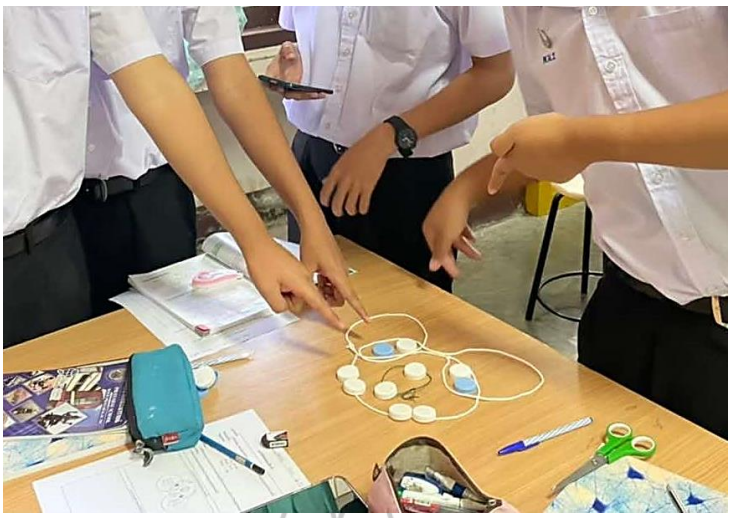
ค. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ โดยปริมาณของสารตั้งต้นคงที่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น

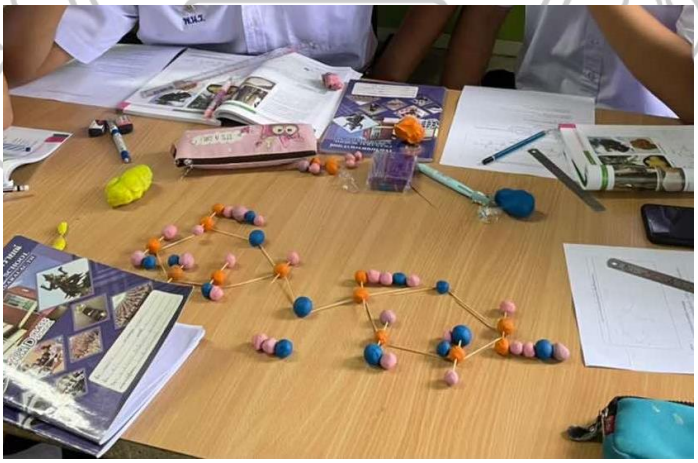
ง. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ โดยปริมาณของสารตั้งต้นคงที่ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งจะคงที่

(หัวข้อที่ 6. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เรื่อง สารชีวโมเลกุล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4





ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวชนิศกาญจน์ มั่นคง
วัน เดือน ปี เกิด	8 มีนาคม 2534
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2557
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนพระนารายณ์ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี
ตำแหน่ง	ครู

มหาวิทยาลัย
สุโขทัยธรรมาธิราช