

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวรติมา บุญแนน

วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2568

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวรติมา บุญแนน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2568

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ใบอนุมัติวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ นางสาวรติมา บุญแนน แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

.....
(อาจารย์อนุสรณ์ ถูสินแก่น)
คณบดีคณะครุศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษกนก ดวงชาทม)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
วันที่.....เดือน.....ปี.....

เรื่อง	:	การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	:	นางสาวรติมา บุญแนน
ปริญญา	:	ครุศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้
ปีที่สำเร็จการศึกษา	:	2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง ในอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2567 จำนวน 31 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ จำนวน 5 แผนจัดการเรียนรู้ รวม 15 ชั่วโมง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.54–4.60, $S.D.$ =0.58-0.59) 2) แบบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.33-0.80 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.73 และ ค่าความเชื่อมั่น (KR-20) เท่ากับ 0.85 และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อมีค่า IOC ระหว่าง 0.67-1.00 ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.37-0.80 มีค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.22-0.52 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.96 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ ค่า Normalized gain <g>และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติการทดสอบที (One-Sample t-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) การศึกษาการคิดวิเคราะห์โดยศึกษาความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์รายบุคคลด้วย สถิติ Normalized gain <g> นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 6.45 และระดับปานกลางคิดเป็นร้อยละ 93.55 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์แยกเป็นรายด้าน พบว่า ในด้านทักษะการจำแนก มีค่าความก้าวหน้า เท่ากับ 0.81 อยู่ในระดับสูง (<g> มากกว่า 0.70) ด้านทักษะการจัดหมวดหมู่ เท่ากับ 0.62 ด้านทักษะการเชื่อมโยง เท่ากับ 0.50 ด้านทักษะการสรุปความ เท่ากับ 0.35 ด้านทักษะการประยุกต์ เท่ากับ 0.35 อยู่ในระดับปานกลาง (<g> ระหว่าง 0.30-0.70) 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.08 ($\overline{X}$ =31.23, $S.D.$ =2.247) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติ One-Sample t-test พบว่าผลการทดสอบทีมีค่า 7.994 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, การคิดวิเคราะห์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Title : The Effects of Model-Based Learning on Analytical Thinking Ability and Academic Achievement in Cells and Cell Function of Grade 10 Students
Author : Miss Ratima Boonnan
Degree : Master of Education (Science Education)
Rajabhat MahaSarakham University
Advisor : Assistant Professor Dr.Panwilai Dokmai
Year : 2025

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to examine the analytical thinking of Grade 10 students in Model-Based Learning; and 2) to compare the post-learning achievement on the topic of cells and cell function of Grade 10 students in model-based approach with the 70 percent criterion. The sample group consisted of 31 Grade 10 students in the Mathematics-Science program at a very large school in Yang Talat District, Kalasin Province, in the 2024 academic year, obtained through cluster random sampling. The research instruments included: 1) 5 Model-Based Learning lesson plans on the topic of cells and cell function, totaling 15 hours with appropriateness at the highest level ($\overline{X}$ =4.54-4.60, $S.D.$ =0.58-0.59); 2) the 30 items, 4-choice multiple-choice analytical thinking test with Item-Objective Congruence Index (IOC) between 0.67-1.00, item difficulty (p) between 0.33-0.80, discrimination (r) between 0.20-0.73, and reliability (KR-20) of 0.85; and 3) a learning achievement test, a 4-choice multiple-choice test with 40 items, with IOC between 0.67-1.00, item difficulty (p) between 0.37-0.80, discrimination (B) between 0.22-0.52, and reliability of 0.96. Data were analyzed using mean, standard deviation, percentage, Normalized gain <g>, and One-Sample t-test for hypothesis testing.

The research findings revealed: 1) The study of analytical thinking by examining individual analytical thinking progress using Normalized gain <g> showed that students with high analytical thinking progress accounted for 6.45 percent, and those with moderate progress accounted for 93.55 percent. The results of analyzing by aspect revealed: Comparing with the progression of 0.81, which is at a high level (<g> greater than 0.70); Classifying with the progression of 0.62; Analyzing Errors with the progression of 0.50; Inductive Reasoning with the progression of 0.35; and Deductive Reasoning with the progression of 0.35. These are at a moderate level (<g> between 0.30-0.70) 2) Students had an average learning achievement in the topic of cells and cell function of 78.08 percent ($\overline{X}$ =31.23, $S.D.$ =2.247), which was higher than the set criterion of 70

percent. The results of data analysis of One-Sample t-test showed the t-test value of 7.994, with a statistically significant difference at the .05 level.

Keywords: Model-Based Learning, Analytical Thinking, Academic Achievement.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

_____ Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ แนะนำ และให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ ด้วยความเอาใจใส่ ห่วงใย และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณวิไล ดอกไม้ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อินสำราญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร รองศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต.ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง และนางประภัสศรี ภิรมย์ ที่ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัยและได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณคณะครูและนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ที่ให้กำลังใจส่งเสริมและช่วยให้ข้อมูลในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวผู้เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุน ในการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งบุคคลอื่นที่เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวมาทั้งหมดซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแก่ครอบครัว ตลอดจนครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยให้ประสบผลสำเร็จ และดลบันดาลให้พบแต่ความสุขตลอดไป

นางสาวรติมา บุญแนน

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 4
1.3 สมมติฐานการวิจัย 4
1.4 ขอบเขตการวิจัย 4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 8
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 8
2.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 11
2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 19
2.4 การคิดวิเคราะห์ 29
2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 44
2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือ 53
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58
2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย 63
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 64
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 64
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 64
3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ 65
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 79
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 80
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย 80

หัวเรื่อง หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 84
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 84
4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 84
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 84
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 90
5.1 วัตถุประสงค์การวิจัย 90
5.2 สรุป 90
5.3 อภิปรายผล 91
5.4 ข้อเสนอแนะ 95
บรรณานุกรม 96
ภาคผนวก 104
ภาคผนวก ก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย 105
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย 127
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 132
ภาคผนวก ง ผลการทดสอบเครื่องมือ 160
ภาคผนวก จ หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ 164
การเผยแพร่ผลงานวิจัย 169
ประวัติผู้วิจัย 170

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ผลการเรียนรู้ที่ 10-15 และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 13
2.2 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว31241 16
2.3 บทบาทของครูในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน 26
3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ การวัดผล การคิดวิเคราะห์ และเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 66
3.2 จำนวนข้อคำถามที่สร้างและใช้จริง 73
3.3 การวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เพื่อทำการสร้างแบบทดสอบ 75
3.4 แบบแผนการทดลองรูปแบบการวิจัยใช้การเก็บข้อมูลกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) 79
4.1 ความก้าวหน้าผลการคิดวิเคราะห์รายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 85
4.2 ความก้าวหน้าผลการศึกษาการคิดวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบรายด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 87
4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 89
ค.1 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย 133
ค.2 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย 135
ค.3 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย 138
ค.4 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย 140
ค.5 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย 143
ค.6 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 145
ค.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยไม่อิงเนื้อหาจากบทเรียน จำนวน 50 ข้อ 147
ค.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดการคิดวิเคราะห์โดยไม่อิงเนื้อหาจากบทเรียนที่ใช้จริง จำนวน 30 ข้อ 149
ค.9 คะแนนการทำแบบวัดการคิดวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (KR-20) 150
ค.10 ข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น (KR-20) จากแบบวัดการคิดวิเคราะห์ 151
ค.11 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 1 เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 153

ตารางที่ หน้า

ค.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ 155
ค.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ 157
ค.14 ค่าความเชื่อมั่น (r_{cc}) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 158
ง.1 คะแนนแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 161
ง.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 162

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย 63
4.1 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายบุคคล 86
4.2 ดัชนีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นรายบุคคล 87
4.3 คะแนนร้อยละของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบรายด้าน 88
4.4 ดัชนีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นรายด้าน 88

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคสมัยที่เทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญ การคิดวิเคราะห์กลายเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับนักเรียน นักเรียนที่มีทักษะการคิดวิเคราะห์จะสามารถวิเคราะห์ข้อมูล แยกแยะข้อเท็จจริง ความคิดเห็น และอคติ ตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 นักเรียนต้องได้รับการพัฒนาทางด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคมสติปัญญา มีวินัย มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ปรับปรุงพุทธศักราช 2560) จึงได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของนักเรียนว่าต้องมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 2-6) นอกจากนี้แล้วการเปลี่ยนแปลงทางสังคมยังส่งผลต่อวัฒนธรรมการเรียนการสอนที่นักเรียนยุคใหม่ไวต่อข้อมูลข่าวสาร สามารถค้นคว้าและเข้าถึงความรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้สะดวกรวดเร็ว แต่การได้มาซึ่งข้อมูลเหล่านั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนต้องคิดวิเคราะห์ว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อตนเองอย่างแท้จริงหรือไม่ นักเรียนในศตวรรษที่ 21 จึงควรได้รับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็นและสอดคล้องกับธรรมชาติการเรียนรู้อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (ภาริณี สุวรรณศรี และประสาท เนืองเฉลิม, 2562, น. 20-25)

การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดที่ต้องใช้การวิเคราะห์เป็นหลักสำคัญในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของเหตุการณ์ใด ๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น หรือหาสาเหตุของสิ่งที่เกิดขึ้นต่อไป จะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผลเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการคิดวิเคราะห์มักจะอาศัยการคิดเชิงเหตุผลประกอบอยู่ด้วยเสมอ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น. 49) การคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการที่ใช้ปัญญาหรือใช้ความคิดนำพฤติกรรมผู้ที่คิดวิเคราะห์เป็นจึงสามารถใช้ปัญญานำชีวิตได้ในทุก ๆ สถานการณ์ การคิดวิเคราะห์จะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ เรื่องความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้องกับเทคนิคในการตั้งคำถามเพื่อใช้ในการคิดวิเคราะห์ (วนิช สุธารัตน์, 2547, น. 125-130) โดยการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Marzano (2001, อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, น. 59) แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ทักษะการจำแนก ทักษะการจัดหมวดหมู่ ทักษะการเชื่อมโยง ทักษะการสรุปความ และทักษะการประยุกต์ การที่นักเรียนสามารถนำความรู้มาคิดวิเคราะห์ได้จะช่วยให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีระบบ มีหลักการ และมีเหตุผล ผลงานที่ได้รับมีประสิทธิภาพ ยังช่วยให้ไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่าย ๆ ทั้งนี้ในการพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ ต้องใช้การวิเคราะห์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกตและช่วยให้หาเหตุผลที่สมเหตุสมผล (สุวิทย์ มูลคำ, 2556, น. 17) การวิเคราะห์ยังสามารถใช้ทั้งในระดับปัจเจกบุคคล ระดับองค์กร และระดับประเทศ โดยในแทบทุกสาขาวิชาจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้

ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2553, น. 9) การที่นักเรียนได้รับการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ตั้งแต่เยาว์วัยจะช่วยพัฒนาความคิดให้ก้าวหน้า ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม เป็นคนรอบคอบ ตัดสินใจได้ถูกต้อง สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, น. 4-5)

การคิดวิเคราะห์มีความสำคัญจำเป็นกับนักเรียนอย่างยิ่งดังที่กล่าวมาแล้ว แต่ผลศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไทยกลับพบว่า นักเรียนไทยมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับที่ต่ำมากแม้ว่าจะมีการประเมินผลการเรียนในโรงเรียนอย่างเข้มข้น สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ อยู่ในระดับที่ยังไม่น่าพอใจ (ดวงจันทร์ วรคามิน, ปังปอนด์ รักอำนวยกิจ และยศวีร์ สายฟ้า, 2559, น. 4-5) ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2567) กล่าวว่า “ผลคะแนนการวัดความรู้นักเรียนระดับนานาชาติ ที่เรียกว่า PISA (Programme for International Student Assessment) ที่พบว่าผลการประเมิน PISA 2022 คะแนนเฉลี่ยลดลงทั้งด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และการอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับ PISA 2018 ผลประเมินนี้เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษาที่ส่งสัญญาณให้ผู้เกี่ยวข้องร่วมมือกันหาแนวทางในการพัฒนาเพื่อเร่งยกระดับสมรรถนะนักเรียนไทยให้แข่งขันได้ในโลกอนาคต ซึ่งผลการวิเคราะห์ผลการประเมิน PISA เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำไปใช้วางแผนแนวทางดำเนินงานยกระดับคุณภาพของนักเรียนให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้” (ย่อหน้าที่ 3) และนอกจากนี้ผลการทดสอบระดับชาติ (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ยังพบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ คือนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย O-NET ปี 2565 เพียง 28.08 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2566, น. 1-11) ซึ่งผลการประเมินเหล่านี้บ่งชี้ถึงความเร่งด่วนของประเทศไทยในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการอ่าน การเขียน และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อความสามารถคิดแก้ปัญหาของนักเรียน สอดคล้องกับข้อมูลรายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาของโรงเรียนที่ใช้ทำวิจัยประจำปีการศึกษา 2564 ที่พบว่านักเรียนยังขาดทักษะการอ่าน การคิดวิเคราะห์ และการเขียน (โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร, 2564, น. 15) ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบ O-NET ที่พบว่าคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์ มีคะแนนผลการทดสอบที่ 25.26 คะแนน (โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร, 2564, น. 36) ทั้งนี้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เป็นระดับชั้นที่มีการเลื่อนจากมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งนักเรียนที่เลือกเรียนสายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำเป็นต้องเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่แตกแขนงแยกย่อยไปอีก ได้แก่ วิชาชีววิทยา วิชาฟิสิกส์ และวิชาเคมี เพื่อฝึกนักเรียนให้มีการคิดวิเคราะห์ในขั้นที่สูงขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องหาวิธีแก้ไขโดยการหาวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญและฝึกให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ ซึ่งปัจจุบันแบบจำลองได้เข้ามามีบทบาทด้านการศึกษาในรูปของสื่อทางการศึกษาที่ใช้ในการอธิบายความรู้ ทฤษฎี ที่เป็นรูปธรรม เพื่อที่จะให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ได้โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นรายวิชาที่มีการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เนื่องจากเนื้อหาของบางบทเรียนมีลักษณะที่เป็นปรากฏการณ์ และสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ทันที ในรายวิชาชีววิทยาจึงได้มีการนำแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ อย่างเช่น แบบจำลองสายใยอาหาร ตารางพันเนตต์ แบบจำลองลักษณะของดีเอ็นเอ

แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการอธิบายที่จะต้องสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้ (Gilbert, 2011, pp. 9-26) ประกอบด้วย 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Models) เช่น แบบจำลองลักษณะทางกายภาพของดีเอ็นเอ แบบจำลองดินน้ำมันแสดงระบบย่อยอาหาร เป็นต้น แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) เช่น การบรรยายเกี่ยวกับโครงสร้างของ ดีเอ็นเอ การบรรยายโดยเปรียบเทียบจงอยปากของนกฟินช์กับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับประทานอาหารต่าง ๆ เช่น ช้อน ส้อม ตะเกียบ เป็นต้น แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Models) เช่น การใช้สัญลักษณ์และสมการมาช่วยในการคำนวณความถี่แอลลีล เป็นต้น แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models) เช่น ภาพแสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอภาพแสดงทางเดินอาหารของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น และ แบบจำลองเชิงท่าทาง (Gestural Models) เช่น การใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบเพอริสตัลซิส เป็นต้น (Bryce, et al., 2016, pp. 35-42) แบบจำลองมีความสำคัญทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ และทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการ “การสร้างแบบจำลอง” ถูกกำหนดให้เป็นหนึ่งในองค์ประกอบของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ (Schwarz and White, 2005, pp. 165-205) ดังนั้น การที่ครูชีววิทยาเข้าใจถึงความสำคัญและแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง และควรนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับรูปแบบการสอนของตนเอง (พรรณวิไล ชมชิด, 2552, น. 33-34)

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างแบบจำลองขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอน อย่างมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียนเพื่อพัฒนาความคิด (Jong, et al., 2015, pp. 986-1018) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหตุการณ์หรือการทดลองที่เกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นนามธรรม เข้ากับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยเริ่มจากให้นักเรียนเขียนความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับ จากนั้นนักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใด และลงมือสร้างแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นอาจอยู่ในรูปแบบของ ภาพวาด คำพูดลักษณะท่าทางหรือสัญลักษณ์ จากนั้นนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และประเมินแบบจำลอง หากไม่สามารถอธิบายได้นักเรียนก็จำเป็นต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รวมไปถึงการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley, et al., 2004, pp. 23-41) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพในการพัฒนาการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา โดยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในระบบชีวภาพผ่านการสร้างแบบจำลองเชิงรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Coll, France and Taylor, 2005, pp. 183-198) เป็นกระบวนการที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ส่วนประกอบต่าง ๆ และเชื่อมโยงเป็นระบบที่ซับซ้อนขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้แบบจำลองยังส่งผลต่อการพัฒนามโนภาพและความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิด (Martínez, 2016, pp. 261-264) ซึ่งเป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลในสมอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ช่วยให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ฐาปนีย์ แสนใจ, ยุวดี อินสำราญ และเนตรชนก จันทร์สว่าง, 2566, น. 181-190, นิตยา ทันใจ, วิษณุ สุทธิวรรณ และธัญวรัตน์ ปิ่นทอง, 2564, น. 31-47) และยังพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (พิเชษฐ โพธิ์สะ และวิษณุ สุทธิวรรณ, 2567, น. 142-154) นอกจากนี้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ฐาปนีย์ แสนใจ และคณะ, 2566, น. 181-190, นิตยา ทันใจ และคณะ, 2564, น. 31-47, พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้, 2566, น. 465-480)

ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์จึงควรส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ตลอดจนเกิดความสนในในรายวิชาชีววิทยา และเกิดทักษะต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนให้มีความพร้อมที่จะนำความรู้ไปพัฒนาตนเองและประเทศชาติต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 7 ห้อง รวม 270 คน

1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 31 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

1.4.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.4.2.1 ตัวแปรต้น

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.4.2.2 ตัวแปรตาม

1) การคิดวิเคราะห์

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.4.3 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาการวิจัย รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ สาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 15 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1.4.3.1 โครงสร้างของเซลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.3.2 หน้าที่ของออแกเนลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.3.3 การลำเลียงสารของเซลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.3.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.3.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวน 3 ชั่วโมง

1.4.4 ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567

1.4.5 ขอบเขตด้านสถานที่

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

แบบจำลอง คือ สิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ แนวคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้และแบบจำลองนั้นต้องมีหลักฐานสนับสนุนที่มาจากมาเก็บรวบรวมข้อมูลทางทฤษฎี ที่ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจและสามารถพัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองเชิงรูปธรรม แบบจำลองเชิงภาษา และแบบจำลองเชิงภาพ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำทฤษฎีหรือปรากฏการณ์มาสร้างเป็นแบบจำลองในขณะการจัดการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้เกิดกระบวนการทำความเข้าใจและอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยผ่านการฝึกพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบ

มีเหตุผล และเชื่อมโยงไปสู่อธิบาย ทดสอบ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to Task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้นักเรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation Initial Model) ครูมอบหมายให้นักเรียนนำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้น แสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร ด้วยแบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and Evaluation) นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นเสนอต่อชั้นเรียน ขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผลถึงปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และประเมินแบบจำลองของตนเองว่ามีข้อดี ข้อเสีย หรือมีจุดบกพร่องในเรื่องใดบ้าง

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ครูจับกลุ่มให้กับนักเรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงความสอดคล้องของแบบจำลองกับเนื้อหาได้หรือไม่ได้ ขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอนนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้นักเรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่านแบบจำลองเชิงภาพ (Verbal Models)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการได้รับมวลประสบการณ์จากการเรียนรู้ และการทำกิจกรรมต่าง ๆ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ต้องอาศัยความพยายามของนักเรียน ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และทางสติปัญญา เพื่อแสดงออกถึงความรู้ความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของ Bloom ทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า

การคิดวิเคราะห์ (Analysis Thinking) หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผล เกี่ยวกับการจำแนก แยกแยะ องค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบ เหล่านั้นเพื่อการตัดสินใจหรือสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยวัดจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบด้วยแบบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งครอบคลุม ความสามารถของนักเรียน 5 ด้าน ดังนี้

1. ทักษะด้านการจำแนก คือ ความสามารถในการระบุความเหมือนและความต่างของข้อมูลได้อย่างมีหลักเกณฑ์

2. ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่ คือ ความสามารถในการเรียงลำดับและจัดประเภทของข้อมูลที่มีความคล้ายกันเข้าด้วยกัน

3. ทักษะด้านการเชื่อมโยง คือ ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

4. ทักษะด้านการสรุปความ คือ ความสามารถในการสรุปข้อมูลต่าง ๆ จับประเด็นจากสิ่งที่กำหนดให้ได้

5. ทักษะด้านการประยุกต์ คือ ความสามารถในการนำความรู้ หลักการและทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้โดยอาศัยขอบเขตความรู้ทั้ง 3 ประการ คือ ด้านข้อมูล ด้านกระบวนการคิด และด้านกระบวนการปฏิบัติ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเนื้อหาชีววิทยาหรือวิชาอื่น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และทักษะในด้านต่าง ๆ จากการสร้างแบบจำลอง

1.6.2 เป็นแนวทางสำหรับผู้สอนและนักเรียนในการพัฒนาแบบจำลองในรูปแบบที่หลากหลายโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองและความสามารถในการคิดวิเคราะห์

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามหัวข้อดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4. การคิดวิเคราะห์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. การหาคุณภาพของเครื่องมือ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
8. กรอบแนวคิดการวิจัย

2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้ดำเนินการทบทวนหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยดังกล่าว และข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร ให้มีความเหมาะสมและชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพนักเรียน และกระบวนการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษา โดยมีรายละเอียดวิสัยทัศน์ หลักการ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของนักเรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4-7)

2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลกยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้ง เจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิตโดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4)

2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมีหลักการ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4)

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลา และการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษา สำหรับ การศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 5)

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

2.1.4 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 6-7)

2.1.4.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล

และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2.1.4.2 ความสามารถในการคิด เป็นการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

2.1.4.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

2.1.4.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสารการทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.1.5 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุขในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 7)

2.1.5.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2.1.5.2 ซื่อสัตย์สุจริต
2.1.5.3 มีวินัย
2.1.5.4 ใฝ่เรียนรู้
2.1.5.5 อยู่อย่างพอเพียง
2.1.5.6 มุ่งมั่นในการทำงาน
2.1.5.7 รักความเป็นไทย
2.1.5.8 มีจิตสาธารณะ

2.2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตร ทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกันตั้งแต่ชั้นประถมศึกษา ปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระ ในแต่ละระดับชั้น ให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 1)

2.2.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3)

2.2.1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2.2.1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

2.2.1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี

2.2.1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

2.2.1.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

2.2.1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.2.1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2.2.2 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ได้แยกสาระการเรียนรู้ออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ สาระการเรียนรู้พื้นฐาน 4 สาระ และส่วนที่ 2 คือ สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม อีก 4 สาระ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 4-5) ดังนี้

2.2.2.1 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

2.2.2.2 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระ ชีววิทยา

สาระ เคมี

สาระ ฟิสิกส์

สาระ โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ

2.2.3 รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม รายวิชาชีววิทยา ข้อที่ 1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการเรียนรู้ที่ 10-15 ประกอบด้วยผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 137-138) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการเรียนรู้ที่ 10-15 และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	10. บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาดโดยประมาณ และวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง	- กล้องจุลทรรศน์เป็นเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าและรายละเอียดโครงสร้างของเซลล์ - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงประกอบ และกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโออาศัยเลนส์ในการทำให้เกิดภาพขยาย - กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้เกิดภาพขยายโดยอาศัยเลนส์แม่เหล็กไฟฟ้ารวมลำอิเล็กตรอน ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ชนิดส่องผ่านและชนิดส่องกราด - ตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงต้องมีวิธีการเตรียมที่ถูกต้องและเหมาะสมกับชนิดของสิ่งมีชีวิต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการศึกษา - กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดซับซ้อน และราคาค่อนข้างสูง จึงควรใช้อย่างถูกวิธีมีการเก็บและดูแลรักษาที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้งานได้นาน
ม.4	11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ 13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	- เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วย ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส - ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิดคือเยื่อหุ้มเซลล์แต่ในแบคทีเรียสาหร่าย ฟังไจและพืชจะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง - โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ประกอบด้วยโมเลกุลของฟอสโฟลิพิดเรียงเป็นสองชั้น และมีโปรตีนแทรกหรืออยู่ที่ผิวทั้งสองด้านของฟอสโฟลิพิด

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		- ไซโทพลาซึมอยู่ภายในเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบด้วยไซโทซอลและออร์แกเนลล์ - นิวเคลียสเป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของเซลล์ยูคาริโอต ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม ซึ่งภายในมี DNA RNA และโปรตีนบางชนิด
ม.4	14. อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอทีฟทรานสปอร์ต 15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	- สารต่าง ๆ มีการเคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์อยู่ตลอดเวลาโดยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอกทีฟทรานสปอร์ต กระบวนการเอกโซไซโทซิส กระบวนการเอนโดไซโทซิส - แก๊สต่าง ๆ เข้าหรือออกจากเซลล์โดยการแพร่ ส่วนน้ำเข้าหรือออกจากเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยออสโมซิส - ไอออนและสารบางอย่างที่ไม่สามารถลำเลียงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงได้จำเป็นต้องอาศัยโปรตีนที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวพาสารนั้นเข้าและออกจากเซลล์เรียกว่า การแพร่แบบฟาซิลิเทต - แอกทีฟทรานสปอร์ต เป็นการลำเลียงสารจากบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นสูง - สารบางอย่างที่ไม่สามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือลำเลียงผ่านโปรตีนที่เป็นตัวพาได้จะถูกลำเลียงออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส - สารที่มีขนาดใหญ่จะสามารถลำเลียงเข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิสซึ่งแบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่ พิโนไซโทซิส ฟาโกไซโทซิส และการนำสารเข้าสู่เซลล์โดยอาศัยตัวรับ

2.2.4 หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

งานวิจัยนี้ได้จัดทำ โดยใช้หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 1 โดยมีคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ดังนี้

2.2.5 คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว31241

ศึกษาคุณสมบัติของสิ่งมีชีวิต ความหมายและขอบข่ายของชีววิทยา ชีววิทยากับการดำรงชีวิตและจริยธรรม วิธีการทางวิทยาศาสตร์ กล้องจุลทรรศน์ สารเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เซลล์และทฤษฎีเซลล์ โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน การศึกษาดุลยภาพของเซลล์ การแบ่งเซลล์ พลังงานในสิ่งมีชีวิต และการหายใจระดับเซลล์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ ทดลองกระบวนการสืบเสาะหาความรู้การสำรวจตรวจสอบ การสังเกต การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย อธิบายสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ คิดเป็นเหตุและผลอย่างเป็นระบบ ค้นคว้าหาความรู้ที่หลากหลายโดยใช้เทคโนโลยีใน และค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถตัดสินใจมีนิสัยใฝ่รู้ใฝ่เรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและดำรงชีวิตอย่างพอเพียง มีจิตวิทยาศาสตร์และจิตอาสามีจริยธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

2.2.6 ผลการเรียนรู้รายวิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 1 รหัสวิชา ว31241

2.2.6.1 อธิบาย และสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิต ที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้

2.2.6.2 อภิปราย และบอกความสำคัญของการระบุปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐาน และวิธีการตรวจสอบสมมติฐาน รวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

2.2.6.3 สืบค้นข้อมูล อธิบายเกี่ยวกับสมบัติของน้ำ และบอกความสำคัญของน้ำที่มีต่อสิ่งมีชีวิต และยกตัวอย่างธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อร่างกายสิ่งมีชีวิต

2.2.6.4 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต รวมทั้งความสำคัญของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.6.5 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีน และความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.6.6 สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของลิพิด และความสำคัญของลิพิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.6.7 อธิบายโครงสร้างของกรดนิวคลิอิกและระบุชนิดของกรดนิวคลิอิก และความสำคัญของกรดนิวคลิอิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

2.2.6.8 สืบค้นข้อมูล และอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

2.2.6.9 อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

2.2.6.10 บอกวิธีการ และเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิต เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง วัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้อง บอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง

2.2.6.11 อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

2.2.6.12 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์

2.2.6.13 อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส

2.2.6.14 อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต

2.2.6.15 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพ การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส

2.2.6.16 สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส จากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส

2.2.6.17 อธิบาย เปรียบเทียบ และสรุปขั้นตอน การหายใจระดับเซลล์ในภาวะที่มีออกซิเจนเพียงพอ และภาวะที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอ

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ข้อที่ 1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ 5แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว31241

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
3	เซลล์และการทำงานของเซลล์			25	30
	แผน 21 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์)	11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม เซลล์ทั่ว ๆ ไป มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันส่วนมาก มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ในการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของโครงสร้างของเซลล์ที่มีหน้าที่ต่างกัน	3	3

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
	แผน 22 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ออร์แกเนลล์ และนิวเคลียส)	12. สืบค้นข้อมูลอธิบายและระบุชนิดและหน้าที่ออร์แกเนลล์ 13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม เซลล์ทั่ว ๆ ไป มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันส่วนมาก มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ในการศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของโครงสร้างของเซลล์ที่มีหน้าที่ต่างกัน	3	3
	แผน 23 การลำเลียงสารเข้า-ออกเซลล์	14. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต	เซลล์มีการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์โดยมีการควบคุมทั้งชนิดและปริมาณสารที่ผ่านเข้าออกเยื่อหุ้มเซลล์ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านในการลำเลียงสารโดยสมบัติของสารและสมบัติของโครงสร้างต่าง ๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์มีความสัมพันธ์	3	3
		15. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และ	กับวิธีการลำเลียงสาร เช่น การแพร่แบบธรรมดา ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต แอคทีฟรานสปอร์ต เอกโซไซโทซิส และเอนโดไซโทซิส		

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		การลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส			
	แผน 24 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ลักษณะ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส ซึ่งเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกายโครโมโซมภายในนิวเคลียสมีขนาดเท่าเดิม และการแบ่งนิวเคลียสแบบไอซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์โครโมโซมในเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่ง และก่อให้เกิดเป็นวัฏจักรเซลล์ หลังจากแบ่งนิวเคลียสและจะเกิดกระบวนการแบ่งไซโทพลาสซึมต่อทันที	3	3
	แผน 25 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่ง	เซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีการแบ่งนิวเคลียส 2 ลักษณะ คือ การแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิสซึ่งเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกายโครโมโซมภายในนิวเคลียสมีขนาดเท่าเดิมและการแบ่งนิวเคลียสแบบไอซิสเป็นการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์โครโมโซมในเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่ง และก่อให้เกิดเป็นวัฏจักรเซลล์หลังจาก	3	4

(ต่อ)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
		นิวเคลียสแบบไมโทซิสและแบบไมโอซิส	แบ่งนิวเคลียสและจะเกิดกระบวนการแบ่งไซโทพลาสซึมต่อทันที		

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 1 ซึ่งมีสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ได้แก่ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์) โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ออร์แกเนลล์ และนิวเคลียส) การลำเลียงสารเข้า-ออกเซลล์ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีจำนวนแผนการจัดการเรียนรู้ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 ชั่วโมง

2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.3.1 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Cartier, et al. (2001, pp. 1-7) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดของแนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยต้องได้รับการยอมรับและมีหลักฐานในการสนับสนุนแนวคิด

Halloun (2006, pp. 185-235) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แผนที่ที่นำไปสู่รูปแบบเฉพาะที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงซึ่งมีความน่าเชื่อถือ

Windschitl and Thompson (2006, pp. 783-835) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนที่สามารถแสดงถึงมุมมองของปรากฏการณ์บนโลก

Coll and Lajium (2011, pp. 3-21) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่แสดงถึงรูปแบบเฉพาะของโลกแห่งความเป็นจริง

Gilbert (2011, pp. 9-26) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการอธิบายซึ่งจะต้องสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้

Bryce, et al. (2016, pp. 35-42) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายหรือทำนายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

Gilbert and Justi (2016, pp. 17-40) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงคำอธิบายของบางสิ่งที่มีความซับซ้อน

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2553, น. 2-15) ให้ความหมายของแบบจำลองว่า เป็นแนวทางของระบบที่ใช้ยึดถือในการทำงาน เช่น กฎเกณฑ์หรือวิธีการดำเนินงาน เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการทำงานได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557, น. 86-99) ให้ความหมายของแบบจำลองว่า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิดกระบวนการ หรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

ชัยวิชิต เชียรชนะ (2560, น. 1-11) ให้ความหมายของแบบจำลองว่า เป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ ตัวแปร หลักการ แนวคิด ฟังก์ชัน ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใด ๆ สามารถเรียกแทนได้อย่างหลากหลาย เช่น โมเดล รูปแบบ แบบจำลอง ตัวแบบ โดยแปลมาจากคำศัพท์ภาษาอังกฤษเพียงหนึ่งคำคือ Model

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองคือสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนในการอธิบายหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ แนวคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่เชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้ นอกจากนี้แบบจำลองยังต้องมีหลักฐานสนับสนุนจากข้อมูลทางทฤษฎี ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้

2.3.2 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

Harrison and Treagust (1996, pp. 509-534) ได้กล่าวถึงประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ของการใช้แบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Model) คือ แบบจำลองที่สะท้อนถึงลักษณะภายนอกของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลองขนาดของอาคาร แบบจำลองรถยนต์เพื่อใช้ในการโฆษณา

2. แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบ (Analogical Models) คือ แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยจะมีลักษณะเหมือนแบบจุดต่อจุด เป้าหมายหลักเพื่อให้เห็นลักษณะสำคัญชัดเจนมากกว่าขนาดจริงของสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น แบบจำลองกายวิภาคศาสตร์ของมนุษย์

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) คือ แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางมโนทัศน์ขององค์ประกอบและกระบวนการทางกายภาพมักแสดง ให้เห็นเป็นสมการ เช่น กฎที่ข้อสองของนิวตัน สามารถเขียนเป็นสมการคือ F = ma

4. แบบจำลองทางเคมี (Chemical Model) คือ แบบจำลองที่แสดงถึงสูตรทางเคมี และสมการทางเคมีมักเป็นรูปของสัญลักษณ์ สูตร สมการ เช่น CO_2

5. แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Model) คือ แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎี เพื่อใช้ในการบรรยายหรืออธิบาย เช่น แบบจำลองทิศ ของเส้นแรงแม่เหล็ก

6. แบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) คือแบบจำลองที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดัน

7. แบบจำลองแบบแผนที่ หรือแผนผัง (Map and Diagram Model) คือ แบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทางมีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น แผนผังแสดงกระบวนการหายใจระดับเซลล์ แผนที่แสดงสภาพภูมิอากาศ

Harrison and Treagust (2000, pp. 1011-1026) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองตามการนำไปใช้ให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นโดยแบบแบบจำลองออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. แบบจำลองที่ใช้ในวิทยาศาสตร์และการสอน (Scientific and Teaching Model)

1.1 แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Model) ใช้เพื่ออธิบายสี รูปร่างภายนอก และโครงสร้างภายนอกของสิ่งที่ต้องการอธิบาย แบบจำลองประเภทนี้ไม่แสดงถึงโครงสร้างและการใช้งานภายใน

1.2 แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการเรียนการสอน โดยครูมักนำไปใช้ในการอธิบายในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง เช่น โครงสร้างอะตอม

1.3 แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Model) เป็นสัญลักษณ์ใช้อธิบายในทางเคมีโดยอาจเป็นสูตร หรือสมการก็ได้ เช่น CO_2 ที่เป็นสัญลักษณ์แสดงถึง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นแบบจำลองในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ หรือกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ มักใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรม

1.5 แบบจำลองเชิงทฤษฎี (Theoretical Model) เป็นแบบจำลองที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายทฤษฎีที่ค้นพบ เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น แบบจำลองทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

2. แบบจำลองที่ใช้อธิบายแนวคิดและกระบวนการ (Models Depicting Multiple Concepts and/or Processes)

2.1 แผนที่ แผนผัง และตาราง (Maps, Diagrams and Tables) เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงถึงรูปแบบ กระบวนการและความสัมพันธ์ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ได้ง่ายขึ้น เช่น ตารางธาตุ แผนผังวิวัฒนาการ แผนภาพแสดงระบบหมุนเวียนเลือด ห่วงโซ่อาหาร สิ่งสำคัญของการใช้แบบจำลองประเภทนี้ คือนักเรียนสามารถแปลความได้หลากหลาย เนื่องจากเป็น 2 มิติ เช่น นักเรียนบางคนเข้าใจว่าคลอรีน มีอะตอมเป็นสีเขียว

2.2 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์และกระบวนการ (Concept-Process Model) เป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการอธิบายมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มักแสดงออกมาในรูปของกระบวนการมากกว่าเป็นวัตถุ เช่น สมดุลเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์

2.3 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นแบบจำลองที่สามารถเคลื่อนไหวได้ส่วนใหญ่มักอาศัยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย เช่น การจำลองการทำงานของเครื่องบิน

3. แบบจำลองส่วนบุคคล ทฤษฎี และกระบวนการ (Personal Model of Reality, Theories and Processes)

3.1 แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองที่บุคคลสร้างขึ้นในระหว่างการทำความเข้าใจเพื่อให้เกิดกระบวนการทางปัญญา โดยนักเรียนแต่ละบุคคลอาจมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน

3.2 แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Model) เป็นแบบจำลองที่นักเรียนสังเคราะห์ขึ้นภายใต้ความเข้าใจของตนเองและจากการสอนด้วยแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครู เช่น นักเรียนเชื่อว่าระดับชั้นพลังงานของอิเล็กตรอนช่วยปกป้องอะตอมซึ่งมีหน้าที่คล้ายกับเปลือกหอย

Gilbert (2011, pp. 9-26) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองตามการเป็นตัวแทนของลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง ดังนี้

1. แบบจำลองรูปธรรม (Concreate Model) เป็นการใช้วัตถุ 3 มิติและทำด้วยวัสดุคงทน เช่น แบบจำลอง DNA

2. แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Model) เป็นการพูดหรือการเขียนประกอบการอธิบายเกี่ยวกับลักษณะและความสัมพันธ์ของสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น คำอธิบาย (Description) เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

3. แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Model) การใช้ชุดของตัวเลขหรือตัวอักษรที่แสดงข้อตกลงทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ เช่น การคำนวณอัตราส่วนของ A T C G ใน DNA

4. แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Model) เป็นการใช้กราฟ แผนภาพที่เป็น 2 มิติ และภาพเคลื่อนไหวอธิบายสิ่งที่ต้องการอธิบาย เช่น แผนภาพแสดงโครงสร้างของ DNA

5. แบบจำลองท่าทาง (Gestural Model) การใช้ร่างกายหรือส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น การใช้นิ้วมือในการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA

Nicolaou and Constantinou (2014, pp. 52-73) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นแบบจำลองที่ได้จากกระบวนการทางปัญญาของบุคคลได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ใหม่ แบบจำลองประเภทนี้จะมีการปรับเปลี่ยนโดยการพิจารณาสถานการณ์เดิมกับสถานการณ์หรือกระบวนการใหม่

2. แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Models) เป็นแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนามโนทัศน์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ แบบจำลองประเภทนี้สร้างขึ้นในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ และนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างคำทำนาย

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Models) เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดที่ได้รับการแปลความหมาย มักจะอยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์และเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาความรู้หรือการทดสอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

Jong, et al. (2015, pp. 986-1018) จำแนกประเภทของแบบจำลองตามการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Models) หมายถึง แบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการอธิบาย

2. แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) เป็นคำอธิบายของนักเรียนในปรากฏการณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง

3. แบบจำลองที่แสดงออก (Express Models) ประกอบไปด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Models) และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models)

Bryce, et al. (2016, pp. 35-42) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองทางชีววิทยาตามการนำไปใช้ในการเรียนรู้ชีววิทยาออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Models) เช่น แบบจำลองลักษณะทางกายภาพของดีเอ็นเอ แบบจำลองดินน้ำมันแสดงระบบย่อยอาหาร เป็นต้น

2. แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) เช่น การบรรยายเกี่ยวกับโครงสร้างของ ดีเอ็นเอ การบรรยายโดยเปรียบเทียบจงอยปากของนกฟินช์กับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับประทานอาหารต่าง ๆ เช่น ช้อน ส้อม ตะเกียบ เป็นต้น

3. แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic Models) เช่น การใช้สัญลักษณ์และสมการมาช่วยในการคำนวณความถี่แอลลีล เป็นต้น

4. แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models) เช่น ภาพแสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอ ภาพแสดงทางเดินอาหารของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

5. แบบจำลองเชิงท่าทาง (Gestural Models) เช่น การใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบเพอริสตัลซิส เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับประเภทของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลายตามการนำไปใช้งาน แต่ทุกแบบจำลองมีหน้าที่เป็นตัวแทนของคำอธิบาย ความคิด ทฤษฎี และความรู้ ซึ่งสามารถแสดงออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ประเภทของแบบจำลองตาม Bryce, et al. (2016) โดยเลือก 3 ประเภทจากทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองเชิงรูปธรรม แบบจำลองเชิงภาษา และแบบจำลองเชิงภาพ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะใช้ในการวิจัย ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับเซลล์และการทำงานของเซลล์ ใช้เวลาไม่นานในการสร้างและเอื้อต่อการให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการสร้างแบบจำลอง แบบจำลองเหล่านี้เหมาะสมกับการสอนรายวิชาชีววิทยาเพื่อใช้ในการอธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับเซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยเปลี่ยนจากแนวคิดนามธรรมมาเป็นรูปธรรม

2.3.3 ความสำคัญและประโยชน์ของแบบจำลอง

Schwarz, et al. (2009, อ้างถึงใน พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์, 2556, น. 53) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่เกิดจากการให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองทำให้เกิดความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างและสื่อสารความเข้าใจ

3. การสร้างแบบจำลองช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจในเนื้อหาสาระ วิธีการการให้เหตุผลและการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์

พรรณวิไล ชมชิด (2552, น. 33-34) ได้ระบุความสำคัญของแบบจำลองในวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง (Model) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจนและสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นหรืออีกนัยหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร (Communication Tools)

2. แบบจำลองช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสังเกตปรากฏการณ์ที่เป็นอันตราย เสี่ยงต่อความปลอดภัย ที่ไม่สามารถสังเกตโดยตรงได้ เช่น แบบจำลองแสดงปฏิกิริยาลูกโซ่ของระเบิดนิวเคลียร์

3. แบบจำลองเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้ครูเข้าถึงวิธีการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557, น. 86-99) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ว่าแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น รวมถึงนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและช่วยทำให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

จุฑามาศ กันทะวัง (2563, น. 21) ได้กล่าวว่าแบบจำลองมีความสำคัญในการเป็นตัวช่วยในการอธิบายความคิดแนวคิด หรือปรากฏการณ์ ทำให้เกิดการส่งเสริมและกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ การสร้างคำอธิบาย การวิเคราะห์ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจและสามารถพัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น รวมถึงสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับสาขาวิชาอื่น

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การสร้างแบบจำลองเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น การที่ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาเข้าใจถึงความสำคัญและแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับตนเอง

2.3.4 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Vygotsky (1987) (อ้างถึงใน Chiu, Chou and Liu, 2002, pp. 688-712) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ เป็นทฤษฎีที่มีการสร้างโมเดลขึ้นในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความคิดของนักเรียนโดยในการเรียนการสอนนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นด้วยทั้งระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน

Buckley, et al. (2004, pp. 23-41) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ โดยผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองนั้นอย่างต่อเนื่อง

Jong, et al. (2015, pp. 986-1018) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้โดยมีการสร้างแบบจำลองขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอน โดยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน เพื่อพัฒนาความคิด

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำทฤษฎีหรือปรากฏการณ์มาสร้างเป็นโมเดลในขณะการจัดการเรียนการสอน จะช่วยให้เกิดกระบวนการทำความเข้าใจและอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยผ่านการฝึกพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และเชื่อมโยงไปสู่อธิบาย ทดสอบ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckley (2000, pp. 891-894) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน จากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ และนำมาเขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept Mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ ที่คล้ายคลึงกับที่นักเรียนทราบจากนั้นตรวจตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

3. ขั้นนำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. ขั้นขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายความคิดให้กว้างขึ้น

Buckley, et al. (2004, pp. 23-41) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ออกเป็นลำดับขั้นตอนไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to Task) โดยนักเรียนเขียนความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับ

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation Initial Model) นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ขึ้นมา

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and Evaluation) นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และประเมินแบบจำลอง

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง

4.1. ขั้นปฏิเสธแบบจำลอง (Revision) นักเรียนปฏิเสธแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างเหมาะสม

4.2. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) นักเรียนทำการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Louca and Zacharia (2012, pp. 471–492) เสนอแนวทางในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ดังนี้

1. กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมสร้างแบบจำลอง โดยสร้างระบบการสังเกตและเก็บรวบรวมประสบการณ์พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์รวมถึงชี้แนะแนวทางการสำรวจตรวจสอบแบบจำลอง การเก็บรวบรวมหลักฐานการทดลองและการสังเกต

2. การสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกตและประสบการณ์ของนักเรียน นักเรียนบูรณาการความรู้ พฤติกรรม และกลไกที่เกี่ยวกับการเกิดปรากฏการณ์ร่วมกับการสร้างแนวคิดใหม่ที่เป็นตัวแทนทางความคิด เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา

3. การประเมินแบบจำลอง เป็นการพิจารณาการอธิบายหรือทำนายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ เพื่อระบุความสัมพันธ์ของสถานการณ์และประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยสามารถอธิบายคุณสมบัติและพฤติกรรมของปรากฏการณ์ตามจุดประสงค์ที่กำหนด รวมถึงตระหนักถึงข้อจำกัดของแบบจำลอง

4. การแก้ไขแบบจำลองและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองเดิมหรือเพิ่มเติมแบบจำลองใหม่ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่ามีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทั้งหมด 4-5 ขั้นตอน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดของ Buckley, et al. (2004, pp. 23-41) เนื่องจากมีความสอดคล้องกับเนื้อหาที่ทำการวิจัยในครั้งนี้ โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to Task) 2) ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation Initial Model) 3) ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and Evaluation) 4) ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) และ 5) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration)

2.3.6 แนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลอง

Justi (2009, p. 38) กล่าวว่า จากผลการวิเคราะห์พบว่า PCK (ความรู้เชิงศาสตร์เกี่ยวกับการสอน) ของครูที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการกิจกรรมที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น สามารถสนับสนุนการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ ดังที่แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 บทบาทของครูในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	ทักษะที่นักเรียนต้องพัฒนาขณะการสร้างแบบจำลอง	บทบาทของครูในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน
1	- สังเกตคุณสมบัติที่สำคัญของระบบที่กำลังศึกษา - เลือกใช้ความรู้เดิม (ในโครงสร้างทางปัญญา) - ระบุคุณสมบัติของระบบหรือความรู้เดิมเกี่ยวกับหัวข้อที่ศึกษาซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลอง	- ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือระบบที่กำหนด - กระตุ้นให้นักเรียนระลึกถึงความรู้หรือแบบจำลองเดิม และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้นกับระบบที่กำลังศึกษา

(ต่อ)

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง	ทักษะที่นักเรียนต้องพัฒนาขณะการสร้างแบบจำลอง	บทบาทของครูในการสนับสนุนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน
	- เข้าใจวิธีการเชื่อมโยงข้อมูลและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล - เชื่อมโยงแนวคิด ข้อมูล และแบบจำลองเพื่อสร้างความรู้ใหม่ โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับแบบจำลอง	
2	- ใช้และตีความรูปแบบการนำเสนอที่หลากหลาย - ถ่ายทอดแนวคิดได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง	- สนับสนุนให้นักเรียนสื่อสารแบบจำลองของตนอย่างชัดเจน (โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับแนวคิดที่สะท้อนอยู่ในแบบจำลองและรูปแบบการนำเสนอที่ใช้)
3	- วางแผนและดำเนินการทดลองที่เหมาะสม ระบุตัวแปรสำคัญ และเลือกขั้นตอนที่เหมาะสม - ใช้เครื่องมือในการวัดและคำนวณ	- ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการทดลองทางความคิด เพื่อ สำรวจสมมติฐาน ทฤษฎี หรือความเป็นไปได้ต่าง ๆ - ช่วยนักเรียนวิเคราะห์ผลของการทดลองทางความคิด
4	- วิเคราะห์ว่าแบบจำลองบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ และอย่างไร - สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับบริบทใหม่	- ช่วยนักเรียนระบุความไม่สอดคล้องระหว่างแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับหลักฐานปัจจุบันหรือความรู้เดิม - ส่งเสริมนักเรียนในการตั้งคำถามเพิ่มเติมที่อาจนำไปสู่การทดสอบแบบจำลองในบริบทอื่น

หมายเหตุ. ปรับปรุงจาก “Learning How to Model in Science Classroom: Key Teacher's Role in Supporting the Development of Students' Modelling Skills” by Justi, R. (2009). *Educación Química,* 20(1), 32-40.

พรรณวิไล ชมชิด (2552, น. 75) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจ เกี่ยวกับแบบจำลองนั้นนั้นเพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลองครูมีบทบาทสำคัญในฐานะห้องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ดังนี้

1. การสร้างบรรยากาศให้เกิดการคิดเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคลและการแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2. แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลายและเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุดรวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนออภิปรายเปรียบเทียบและวิพากษ์แบบจำลองนั้น

3. ชี้ให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัดเนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริงและไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูจึงควรให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอภิปรายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นและให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้นนั้นไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557, น. 93) กล่าวว่า ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทสำคัญที่จะต้องวางแผนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีบทบาทขณะจัดการเรียนการสอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมา โดยสื่อสารได้หลากหลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด เป็นต้น

2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลไปเชื่อมต่อในกระบวนการจัดการเรียนการสอนขั้นต่อไป อาจทำโดยการสัมภาษณ์สั้น ๆ หรือมีการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์แนวคิดในส่วนต่าง ๆ หรือมีการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและมีการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูปแสดงความสัมพันธ์บางสิ่งทางคณิตศาสตร์

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู โดยแสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจแบบจำลองแนวคิดของตน

7. ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาไม่ว่าจะเป็นคำตอบที่ถูกหรือผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมถึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนได้อธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและคำตอบด้วยภาษาของนักเรียนเอง

8. กระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวนักเรียนเองฝึกสร้างสมมุติฐานค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนเข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนถึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์อย่างไร นักเรียนคิดว่า

ควรมีอะไรหรือไม่ที่จะเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองนี้ แม้กระทั่งนักเรียนอาจตอบคำถามนี้ได้ เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมตรง..... เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย..... ได้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าเพื่อให้นักเรียนคิดแบบนักวิทยาศาสตร์และเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ครูควรใช้การสอนที่เน้นการสร้างแบบจำลอง โดยครูมีบทบาทอำนวยความสะดวกสร้างบรรยากาศให้เกิดการสร้างและแลกเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง แนะนำทักษะการใช้และเลือกแบบจำลอง รวมถึงการอภิปรายและวิพากษ์ ที่สำคัญคือชี้ให้เห็นธรรมชาติและข้อจำกัดของแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนหาหลักฐานสนับสนุนและระบุสิ่งที่แบบจำลองอธิบายไม่ได้

2.4 การคิดวิเคราะห์

2.4.1 ความหมายการคิดวิเคราะห์

Bloom (1959, p. 45) กล่าวถึง การคิดวิเคราะห์ว่า การแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราว หรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไรบ้าง อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นอย่างนั้นต้องอาศัยหลักการอะไร

Good (1973, pp. 26-28) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นการคิดอย่างรอบคอบเกี่ยวกับหลักการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการทางตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล

ราชบัณฑิตสถาน (2546, น. 251) ได้ให้ความหมายของการคิดเคราะห์ ว่าการคิดวิเคราะห์เป็นคำกริยา หมายถึง ใคร่ครวญ แยกแยะออกเป็นส่วน ๆ เพื่อศึกษาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้

ชาตรี สำราญ (2548, น. 40-41) กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่า การคิดวิเคราะห์ คือ การรู้จักคิดพิจารณา ค้นหาใคร่ครวญ รู้จักประเมิน โดยใช้ความเป็นเหตุผลเป็นหลักในการหาความสัมพันธ์เชื่อมโยง รวบรวมเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ และอย่างสมเหตุสมผลก่อนที่จะตัดสินใจ

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553, น. 24) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, น. 54-55) กล่าวถึง การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดและจำแนก แยกแยะข้อมูลองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เรื่องราว เหตุการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อค้นหาความจริง แก่นแท้ องค์ประกอบ ความสำคัญหรือหลักการของเรื่องนั้น ๆ สามารถอธิบายตีความสิ่งที่เห็น ทั้งที่อาจแฝงซ่อนอยู่ภายในสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อะไรเป็นสาเหตุ ส่งผลกระทบต่อกันอย่างไร อาศัยหลักการใดจึงจะได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์ สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 49) กล่าวถึง การคิดวิเคราะห์ว่า การคิดที่ใช้การวิเคราะห์เป็นหลักสำคัญการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบของเหตุการณ์ใด ๆ และหา

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น หรือหาสาเหตุของสิ่งที่เกิดขึ้นต่อไป จะต้องใช้ความเป็นเหตุเป็นผลเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการคิดวิเคราะห์มักจะอาศัยการคิดเชิงเหตุผลประกอบอยู่ด้วยเสมอ เป็นการตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับความสงสัยใคร่รู้ของผู้ถามเพื่อพบสิ่งใดหรือเหตุการณ์ใด

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น รวมไปถึงการหาความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อะไรเป็นสาเหตุ ส่งผลกระทบต่อกันอย่างไร อาศัยหลักการใด จึงจะได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ การทำนายหรือคาดการณ์ สิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

2.4.2 แนวคิดที่เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์

2.4.2.1 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Bloom

Bloom (1979, pp. 201-207) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษา (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการรู้คิด ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัยของบุคคลส่งผลต่อความสามารถทางการคิดที่ Bloom จำแนกไว้เป็น 6 ระดับ คำถามในแต่ละระดับมีความซับซ้อนแตกต่างกัน ได้แก่

ระดับที่ 1 ระดับความรู้ความจำแยกเป็นความรู้ในเนื้อหา เช่น ความรู้ในคำที่ใช้และความรู้ในข้อเท็จจริงเฉพาะ ความรู้ในวิธีดำเนินการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้ม และลำดับขั้นความรู้เกี่ยวกับการจัดจำแนกประเภท ความรู้ เกี่ยวกับเกณฑ์ต่าง ๆ และความรู้เกี่ยวกับวิธีการ ความรู้รวบยอดในเนื้อหา เช่น ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาการและการขยายความ และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ เป็นการแปลความ การตีความ และการขยายความ

ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้หรือการประยุกต์ใช้

ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ เป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการต่าง ๆ

ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ เป็นการสังเคราะห์ การสื่อความหมาย การสังเคราะห์แผนงานและการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

ระดับที่ 6 ระดับการประเมินค่า เป็นการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริง ภายในและการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก

การที่บุคคลจะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ จะต้องสามารถวิเคราะห์เข้าใจในสถานการณ์ใหม่หรือข้อความจริงใหม่ได้ ดังนั้นการจะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ในระดับใดหรือหลายระดับนั้น ขึ้นอยู่กับเนื้อหาสาระที่เป็นองค์ความรู้ อาจต้องผสานข้อมูลความรู้ ในลักษณะรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจัดจำพวก การแปล การตีความ การประยุกต์ การวิเคราะห์ ส่วนย่อย และความสัมพันธ์เพื่อการสร้างความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้สู่การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายการศึกษาของ Bloom โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความสามารถในการวิเคราะห์จะส่งผลให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ สถานการณ์ใหม่ ในเชิงสร้างสรรค์ เพราะเป็นการพัฒนาความสามารถในระดับการมีเหตุผลและเป็นการเรียนรู้ที่คงทนของแต่ละบุคคลแม้จะจำรายละเอียดของ

ความรู้ไม่ได้ นักเรียนจึงต้องเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์ และภายใต้สภาวะใดที่ต้องนำความสามารถด้านการวิเคราะห์มาใช้การคิดวิเคราะห์มี 3 ลักษณะ คือ

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of Element) หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดได้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทมากที่สุด สิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผล ซึ่งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญนี้จะประกอบไปด้วย "การวิเคราะห์ชนิด" เป็นการวินิจฉัยว่า สิ่งนั้นหรือเหตุการณ์นั้น จัดเป็นชนิดหรือลักษณะใด เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น "วิเคราะห์สิ่งสำคัญ" เป็นการวินิจฉัยว่าสิ่งใดสำคัญหรือไม่สำคัญ การค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่นหรือจุดด้อยของสิ่งต่าง ๆ และ "วิเคราะห์ เลศนัย" เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งแอบแฝงหรืออยู่ เบื้องหลังของสิ่งที่เห็นอาจไม่ได้บ่งบอกตรง ๆ แต่มีร่องรอยของความเป็นจริงซ้อนอยู่

2. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) หมายถึง การค้นหาความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้น ๆ มีความเกี่ยวพัน สอดคล้องหรือ ขัดแย้งกันอย่างไร ได้แก่ วิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ วิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ วิเคราะห์จุดประสงค์ของความสัมพันธ์ วิเคราะห์สาเหตุของ ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์ในรูปอุปมาอุปไมย

3. การคิดวิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational Principles) หมายถึง การค้นหาโครงสร้างระบบ และสิ่งของเรื่องราวและการทำงานต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้น รวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นได้เนื่องด้วยอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลัก เป็นแกนกลางมีหลักการอย่างไร มีเทคนิคหรือยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดถือหลักการใด การวิเคราะห์หลักการเป็นการวิเคราะห์ที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุด การจะวิเคราะห์ได้ดี จะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถสรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วย "วิเคราะห์โครงสร้าง" เป็นการค้นหาโครงสร้างของสิ่ง "วิเคราะห์หลักการ" เป็นการแยกแยะเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ แล้วสรุปหลักการเป็นคำตอบได้

2.4.2.2 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano

ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano (2001, pp. 11-12) นักวิจัยทางการศึกษาได้พัฒนาข้อจำกัดของวัตถุประสงค์ของ Bloom ที่ได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายรูปแบบทักษะการคิด จะผนวกกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มากขึ้นที่ส่งผลกับการคิดของนักเรียนซึ่งทั้งหมดสำคัญสำหรับการคิดและการเรียนรู้ อธิบายว่า รูปแบบพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตนหรือระบบตนเอง (Self-System) เป็นความเชื่อเกี่ยวกับความสำคัญของความรู้ประสิทธิภาพ และความรู้สึกที่เกี่ยวพันกับความรู้ระบบบูรณาการหรือระบบอภิปัญญา (Metacognitive System) เป็นการมีเป้าหมายการเรียนรู้ มีการนำความรู้ไปใช้ด้วยความชัดเจนและถูกต้อง ระบบสติปัญญาหรือระบบความรู้ (Cognitive System) ประกอบด้วยการเรียกใช้ความรู้โดยการทบทวนทวนซ้ำ การนำไปปฏิบัติ ความเข้าใจใน ความรู้การสังเคราะห์หรือเลือกใช้ความรู้ การวิเคราะห์โดยสามารถจับคู่ความสัมพันธ์ แยกแยะเป็นหมวดหมู่ หรือวิเคราะห์ข้อผิดพลาด การกำหนดกฎเกณฑ์ทั่วไปและเฉพาะเจาะจงได้ และการนำความรู้ไปใช้ในการตัดสินใน การแก้ปัญหาและทำการสำรวจสืบค้นจากการทดลอง พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนตามทฤษฎีการคิดของ Marzano นั้น เมื่อพบ

เจอกับสถานการณ์หรือภาระงานใหม่ระบบแห่งตนจะตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อระบบแห่งตนรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ ระบบบูรณาการจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้นั้น โดยการออกแบบกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อการบรรลุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้ และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำกับข้อมูลที่จำเป็นในลักษณะของการวิเคราะห์ ดังนั้น ปริมาณความรู้ของนักเรียนแต่ละคนจึงมีผลต่อความสำเร็จอย่างสูงในการเรียนรู้เรื่องใหม่

ความรู้ใหม่สามารถต่อยอดจากความรู้เดิมได้อย่างกว้างขวาง พัฒนารูปแบบจุดมุ่งหมายทางการศึกษารูปแบบใหม่ (The New Taxonomy of Educational Objectives) ประกอบด้วยความรู้ 3 ประเภท และกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ (Marzano, 2001, pp. 30-58) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลเน้นการจัดระบบความคิดเห็นจากข้อมูลง่ายสู่ข้อมูลยากเป็นระดับความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ลำดับของเหตุการณ์ สมเหตุสมผล เฉพาะเรื่อง และหลักการ

2. กระบวนการเน้นกระบวนการเพื่อการเรียนรู้จากทักษะสู่กระบวนการอัตโนมัติอันเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่สั่งสมไว้

3. ทักษะเน้นการเรียนรู้ที่ใช้ระบบโครงสร้างกล้ามเนื้อ จากทักษะง่ายสู่กระบวนการที่ซับซ้อนขึ้น โดยมีกระบวนการจัดกระทำกับข้อมูล 6 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 ขั้นรวบรวม เป็นการคิดทบทวนความรู้เดิมรับข้อมูลใหม่ และเก็บเป็นคลังข้อมูลไว้เป็นการถ่ายโยงความรู้จากความจำถาวรสู่ความจำ นำไปใช้ในการปฏิบัติการโดยไม่จำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างความรู้นั้น

ระดับที่ 2 ขั้นเข้าใจ เป็นการเข้าใจสาระที่เรียนรู้สู่การเรียนรู้ใหม่ในรูปแบบการใช้สัญลักษณ์ เป็นการสังเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของความรู้นั้นโดยเข้าใจประเด็นความสำคัญ

ระดับที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ เป็นการจำแนกความเหมือนและความต่างอย่างมีหลักการการจัดหมวดหมู่ ที่สัมพันธ์กับความรู้ การสรุปอย่างสมเหตุสมผลโดยสามารถบ่งชี้ ข้อผิดพลาดได้การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ฐานความรู้ และการคาดการณ์ผลที่ตามมาบนพื้นฐานของข้อมูล

ระดับที่ 4 ขั้นใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ไม่มีคำตอบชัดเจน การแก้ไขปัญหาที่ยุ่งยาก การอธิบายปรากฏการณ์ที่แตกต่าง และการพิจารณาหลักฐานสู่การสรุปการณ์ที่มีความซับซ้อน การตั้งข้อสมมติฐานและการทดสอบ สมมติฐานนั้น บนพื้นฐานของความรู้

ระดับที่ 5 ขั้นบูรณาการความรู้ เป็นการจัดระบบความคิดเพื่อบรรลุ เป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด การกำกับติดตามการเรียนรู้ และการจัดขอบเขตการเรียนรู้

ระดับที่ 6 ขั้นจัดระบบแห่งตน เป็นการสร้างระดับแรงจูงใจต่อ สภาวการณ์เรียนรู้และภาระงานที่ได้รับมอบหมายในการเรียนรู้ รวมทั้งความตระหนักใน ความสามารถของการเรียนรู้ที่ตนมี

ตามแนวคิดของ Marzano (2001, อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, น. 59) กล่าวว่าการวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่

1. ทักษะการจำแนก สามารถระบุความเหมือนและความต่างของข้อมูลได้อย่างมีหลักเกณฑ์

2. ทักษะการจัดหมวดหมู่ สามารถเรียงลำดับและจัดประเภทของข้อมูลที่มีความคล้ายกันเข้าด้วยกัน

3. ทักษะการเชื่อมโยง สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

4. ทักษะการสรุปความ สามารถสรุปข้อมูลต่าง ๆ จับประเด็นจากสิ่งที่กำหนดให้ได้

5. ทักษะการประยุกต์ เป็นความสามารถในการนำความรู้หลักการและทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ กะประมาณ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้โดยอาศัยขอบเขตความรู้ทั้ง 3 ประการคือ ด้านข้อมูล ด้านกระบวนการคิด และด้านกระบวนการปฏิบัติ

2.4.2.3 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Sternberg and Williams

Sternberg and Williams (2002, p. 130) เสนอว่าสมรรถภาพสมองประกอบด้วยความสามารถ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ 2) ความสามารถด้านการคิดสร้างสรรค์ และ 3) ความสามารถด้านการปฏิบัติ ความสามารถทั้ง 3 ด้านดังกล่าว เป็นผลมาจากกระบวนการของสมรรถภาพสมอง 3 กระบวนการที่ขึ้นตรงต่อกันและกัน ดังนี้

1. กระบวนการด้านการคิด (Componential Sub Theory) เป็นกระบวนการด้านการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 กระบวนการย่อย ได้แก่

1.1 การคิดขั้นสูง (Meta Components) เป็นกระบวนการในการวางแผนเพื่อการตัดสินใจว่าจะทำอะไร จะกำกับติดตามในสิ่งที่ทำอย่างไรในขณะที่กำลังทำสิ่งนั้น และจะประเมินสิ่งที่กระทำอย่างไร หลังจากได้กระทำไปแล้ว

1.2 การปฏิบัติ (Performance Components) เป็นกระบวนการในการนำสิ่งที่ได้วางแผนไว้แล้วไปสู่การปฏิบัติจริง

1.3 การแสวงหาความรู้ (Knowledge Acquisition Components) เป็นกระบวนการในการเรียนรู้วิธีการในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ซึ่งได้มาจากประสบการณ์ในการปฏิบัติ และการวิเคราะห์ว่า วิธีใดมีความเหมาะสมที่จะเก็บไว้ใช้วิธีใดควรตัดทิ้ง

2. กระบวนการด้านประสบการณ์ (Experiential Sub Theory) Sternberg เชื่อว่าประสบการณ์มีผลต่อเชาวน์ปัญญาของคน กระบวนการด้านประสบการณ์ประกอบด้วย 2 กระบวนการย่อย ได้แก่

2.1 การแก้ปัญหาใหม่ ๆ (Solving Relatively Novel Problems) เมื่อประสบปัญหาใหม่ บุคคลก็จะหาแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหาใหม่นั้น ๆ

2.2 ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยอัตโนมัติ (Autoimmunization) เมื่อมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาใดใดบ่อย ๆ บุคคลก็จะแก้ปัญหานั้นได้โดยอัตโนมัติ

2.3 กระบวนการทั้งหมดดังกล่าวนำไปสู่ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ (Creative Abilities) ซึ่งประกอบด้วยการสร้าง การค้นพบ การประดิษฐ์ จินตนาการและการสำรวจ จำแนกการคิดวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีเชาว์ปัญญาสามหลักออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย

2.3.1 การวิเคราะห์ทางภาษา (Analytical Verbal) เป็นความสามารถในการระบุคำที่ไม่มีความหมาย โดยพิจารณาจากความหมายในบริบทของประโยคที่กำหนดให้

2.3.2 การวิเคราะห์ทางปริมาณ (Analytical Quantitative) เป็นความสามารถในการระบุตัวเลขในลำดับต่อไปของอนุกรม จากการวิเคราะห์กฎเกณฑ์ของชุดอนุกรมตัวเลขที่กำหนดให้

2.3.3 การวิเคราะห์ทางรูปภาพ (Analytical Figural) เป็นความสามารถในการระบุภาพที่หายไป จากระบบของภาพที่กำหนดให้

2.3.4 การวิเคราะห์ทางการแก้ปัญหา (Analytical Problem) เป็นการแก้ปัญหาที่ต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ข้อดีข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหาที่กำหนดให้

จากการศึกษาทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการคิดวิเคราะห์เป็น ทักษะที่มีสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ สอดแทรกอยู่ในหลาย ๆ เรื่อง เช่น การเรียน การทำงานหรือการจับจ่ายใช้สอย จำเป็นต้องใช้หลักการ เปรียบเทียบความสำคัญ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ รวมไปถึงการประยุกต์ใช้ของสิ่งต่าง ๆ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิด วิเคราะห์ที่ดี ย่อมจะส่งผลให้นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของสังคมหรือ การศึกษาในศตวรรษที่ 21

2.4.3 องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์เป็นกระบวนการ ที่ใช้ความคิดนำพฤติกรรม ทำให้ผู้คิดวิเคราะห์ เป็นสามารถใช้ชีวิตได้ในทุกสถานการณ์เป็นคนมีเหตุผลในการคิดวิเคราะห์จะต้องอาศัยองค์ประกอบ ในการคิดหลายอย่างดังที่มีผู้กล่าวไว้คือ

Bloom (1956, pp. 201-207, อ้างถึงใน สมยา ทาเกตุ, 2552, น. 45-47) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วยทักษะสำคัญ ๆ 3 ด้าน ดังนี้

1. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดจำเป็น สิ่งใดสำคัญ สิ่งใดมีบทบาทมากที่สุด

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งของต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กัน สัมพันธ์กันอย่างไร สัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด สอดคล้อง หรือขัดแย้งกัน

3. วิเคราะห์เชิงหลักการ (Analysis of Organizational) หมายถึง การค้นหาโครงสร้าง ระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่าง ๆ ว่า สิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพเช่นนั้นเนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการถือว่ามีความสำคัญที่สุด การที่จะวิเคราะห์เชิงหลักการได้ดี จะต้องมีความรู้ความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดีเสียก่อน เพราะผลจากความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะทำให้สามารถ สรุปเป็นหลักการได้ ประกอบด้วยการวิเคราะห์โครงสร้าง และการวิเคราะห์หลักการ

ตามแนวคิดของ Marzano (2001, อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, น. 59) กล่าวว่า การวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่

1. ทักษะการจำแนก สามารถระบุความเหมือนและความต่างของข้อมูลได้อย่างมีหลักเกณฑ์

2. ทักษะการจัดหมวดหมู่ สามารถเรียงลำดับและจัดประเภทของข้อมูลที่มีความคล้ายกันเข้าด้วยกัน

3. ทักษะการเชื่อมโยง สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ว่าสัมพันธ์กันอย่างไร

4. ทักษะการสรุปความ สามารถสรุปข้อมูลต่าง ๆ จับประเด็นจากสิ่งที่กำหนดให้ได้

5. ทักษะการประยุกต์ เป็นความสามารถในการนำความรู้หลักการและทฤษฎีมาใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ สามารถคาดการณ์ กะประมาณ พยากรณ์ ขยายความ คาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้โดยอาศัยขอบเขตความรู้ทั้ง 3 ประการคือ ด้านข้อมูล ด้านกระบวนการคิด และด้านกระบวนการปฏิบัติ

บุญชม ศรีสะอาด (2541, น. 22) ได้กล่าวไว้ ทำนองเดียวกันว่า องค์ประกอบของความสามารถการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใด อะไรสำคัญที่สุด หรือจำเป็น หรือมีบทบาทที่สุด

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่า ความสัมพันธ์ย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือ เหตุการณ์นั้นเกี่ยวกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร?

3. การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุสิ่งของเรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้ เนื่องด้วยอะไร ยึดอะไร เป็นหลัก เป็นแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง ยึดหลักการใด มีเทคนิคอย่างไร หรือยึดคติใด

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553, น. 40-41) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ไว้ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความสามารถในการตีความ หมายถึงความสามารถในการทำความเข้าใจและให้เหตุผลต่อสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ โดยพยายามแปลความหมายที่อาจไม่ได้ปรากฏชัดเจนในเบื้องต้น การวิเคราะห์ที่ดีต้องเริ่มจากการทำความเข้าใจข้อมูลที่ได้รับ และการตีความนี้จะขึ้นอยู่กับความรู้ ประสบการณ์ และค่านิยมของแต่ละบุคคล ซึ่งย่อมแตกต่างกันไป

2. ความรู้และความเข้าใจในเรื่องที่วิเคราะห์ หมายถึง การวิเคราะห์ที่มีคุณภาพจำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เพื่อช่วยกำหนดขอบเขตของการวิเคราะห์ สามารถจำแนกองค์ประกอบย่อย ๆ ได้อย่างชัดเจน รวมถึงเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นต่าง ๆ และสามารถชี้ให้เห็นถึงสาเหตุและผลที่ตามมาได้ หากปราศจากความรู้ ความสามารถในการวิเคราะห์ก็จะถูกจำกัดลง

3. ความเป็นคนช่างสังเกต นักคิดเชิงวิเคราะห์ควรมีนิสัยช่างสังเกต ช่างสงสัย และช่างตั้งคำถาม เพราะการตั้งคำถามเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการค้นหาความจริงและทำให้เข้าใจสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง โดยสามารถใช้หลัก 5W 1H ได้แก่ ใคร (Who) ทำอะไร (What) ที่ไหน (Where) เมื่อไร (When) ทำไม (Why) และอย่างไร (How) เพื่อสร้างคำถามที่ครอบคลุมและตรงประเด็น แม้ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกคำถามในทุกกรณี แต่การมีแนวทางนี้จะช่วยให้การวิเคราะห์เป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงเชิงเหตุผล นักวิเคราะห์ควรมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ อย่างมีเหตุมีผล เช่น การหาสาเหตุของเหตุการณ์หนึ่ง ๆ การเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การระบุองค์ประกอบของสถานการณ์ และการพิจารณาผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจากทางเลือกหรือการกระทำใด ๆ การเชื่อมโยงเชิงเหตุผลนี้จะทำให้การวิเคราะห์ลึกซึ้ง และเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจหรือแก้ไขปัญหา

สุวิทย์ มูลคำ (2553, น. 17) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ที่สำคัญ มี 3 ประการดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. หลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ที่ใช้จำแนกสิ่งที่เหมือนหรือต่างกัน เกณฑ์ในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอาจอยู่ในลักษณะของความสัมพันธ์ที่คล้ายกันหรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

3. การค้นหาความจริงหรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ ตามหลักเกณฑ์แล้วรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป ดังนั้นนักคิดวิเคราะห์จึงต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการใช้เหตุผลจำแนกแยกแยะได้ว่าสิ่งใดจริง สิ่งใดเท็จ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ทำให้มีฐานข้อมูลที่จะนำไปใช้ตัดสินใจในการแก้ปัญหา ประเมินและ ตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์นั้นประกอบไปด้วย 1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญหรือเนื้อหาของสิ่งต่าง ๆ 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ ของสิ่งของต่าง ๆ ว่ามีอะไรสัมพันธ์กันหรือมีความสอดคล้องกันอย่างไร และ 3) วิเคราะห์โครงสร้างระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่าง ๆ ว่า สิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพเช่นนั้นเนื่องจากอะไร มีอะไรเป็นแกนหลัก มีหลักการถือว่ามีความสำคัญที่สุด

2.4.4 กระบวนการคิดวิเคราะห์

วนิช สุธารัตน์ (2547, น. 125-130) กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นกระบวนการที่ใช้ปัญญาหรือใช้ความคิดนำพฤติกรรมผู้ที่คิดวิเคราะห์เป็นจึงสามารถใช้ปัญญานำชีวิตได้ในทุก ๆ สถานการณ์ การคิดวิเคราะห์จะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 เรื่อง คือ เรื่องความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้องกับเทคนิคในการตั้งคำถามเพื่อใช้ในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างถูกต้องประกอบด้วย รายละเอียด ดังนี้

1. วัตถุประสงค์และเป้าหมายของการให้เหตุผล ซึ่งต้องมีความชัดเจน เหตุผลต้อง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ นอกจากนี้เป็นหมายจะต้องมีความสำคัญและมองเห็นว่าสามารถจะหา ให้สำเร็จได้จริง

2. ความคิดเห็นหรือกรอบความจริงที่นำมาอ้าง เมื่อมีการให้เหตุผลต้องมีความ คิดเห็น หรือกรอบของความจริงที่นำมาสนับสนุน ถ้าสิ่งที่นำมาอ้างมีข้อบกพร่อง ความคิดเห็นที่ แคบเฉพาะตัว ทำให้การให้เหตุผลทำได้ในขอบเขตอันจำกัดและมักไม่ถูกต้อง

3. ความถูกต้องของสิ่งที่อ้างอิง การอ้างอิงข้อมูล ข่าวสาร เหตุการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ มีหลักการอยู่ว่า สิ่งที่น่ามาอ้างจะต้องมีความชัดเจน มีความสอดคล้องและมีความถูกต้องแน่นอน ถ้าข้อมูล

ข่าวสาร ไม่มีความถูกต้อง มีการบิดเบือนหรือนำเสนอเพียงบางส่วนจะก่อให้เกิดความ ได้เปรียบเสียเปรียบหรือสร้างความเสียหายต่อบุคคล องค์กรหรือสังคมได้

4. การสร้างความคิดหรือความคิดรวบยอด ลักษณะของความคิดรวบยอดที่จะต้องมีความกระจ่าง มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์มีความลึกซึ้ง และมีความเป็นกลางไม่โน้มเอียงไปทางใดทางหนึ่ง

5. ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลกับสมมติฐานความบกพร่องในการให้เหตุผล สามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อบุคคลไปยึดติดในสมมติฐานที่ตั้งขึ้น ดังนั้นสมมติฐานที่ดีจะต้องมีความ ชัดเจน สามารถตัดสินได้และมีเสถียรภาพ

6. การลงความเห็น จะทำได้เมื่อมีหลักฐานบ่งบอกอย่างชัดเจนจะต้องตรวจสอบ ความเห็นที่เกิดขึ้นจากข้อมูลอื่น ๆ หรือบุคคลอื่น ๆ และจะต้องมีความชัดเจนว่า การลงความเห็น นั้นสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อไหน และมีอะไรเป็นตัวชี้นำอยู่บ้าง ซึ่งอาจทำให้การลงความเห็นผิดพลาด

7. การนำไปใช้ เมื่อมีข้อสรุปแล้วจะต้องมีการนำไปใช้หรือมีผลสืบเนื่องจะต้องมี ความคิดเห็นประกอบว่าข้อสรุปที่เกิดขึ้นนั้น สามารถนำไปใช้ได้มากน้อยเพียงใด ควรจะนำไปใช้ ลักษณะใดจึงจะถูกต้อง เทคนิคการตั้งคำถามเพื่อการคิดวิเคราะห์

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, น. 55) กล่าวถึง กระบวนการคิดวิเคราะห์มีต่าง ๆ ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่จะวิเคราะห์ว่าจะวิเคราะห์อะไร กำหนดขอบเขตและนิยามของ สิ่งที่จะคิดให้ชัดเจน เช่น จะวิเคราะห์ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อม หมายถึง ปัญหาเกี่ยวกับขยะที่เกิดขึ้นในโรงเรียนของเรา

2. กำหนดจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ว่าต้องการวิเคราะห์เพื่ออะไร เพื่อจัดอันดับ เพื่อหาเอกลักษณ์ เพื่อหาข้อสรุป เพื่อหาสาเหตุ เพื่อหาแนวทางแก้ไข

3. พิจารณาข้อมูลความรู้ ทฤษฎี หลักการ กฎเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ว่าจะใช้หลักใดเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และจะใช้หลักความรู้นั้น ควรใช้ใน การวิเคราะห์อย่างไร เช่น จะจำแนกหรือจัดหมวดหมู่ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในห้องเรียน ออกเป็น 2 กลุ่ม จะใช้เกณฑ์อะไรจำแนก เช่น เกณฑ์สิ่งมีชีวิตกับไม่มีชีวิต หรือเกณฑ์สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

4. สรุปและรายงานผลการวิเคราะห์ได้เป็นระบบระเบียบชัดเจน

สุวิทย์ มูลคำ (2556, น. 17) กล่าวถึง การคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย 3 ประการ ดังนี้

1. สิ่งที่กำหนดให้ เป็นสิ่งที่สำเร็จรูปที่กำหนดให้วิเคราะห์ เช่น วัตถุ สิ่งของ เรื่องราว ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. หลักการหรือกฎเกณฑ์ เป็นข้อกำหนดสำหรับใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน หลักเกณฑ์ในการหาลักษณะความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอาจจะเป็นลักษณะความสัมพันธ์ที่มีความคล้ายคลึงกันหรือขัดแย้งกัน เป็นต้น

3. การค้นหาความจริงหรือความสำคัญ เป็นการพิจารณาส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ตามหลักการหรือกฎเกณฑ์ แล้วทำการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

สรุปกระบวนการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วย กำหนดสิ่งที่จะวิเคราะห์ว่าจะวิเคราะห์อะไร กำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดหลักการหรือกฎเกณฑ์ พิจารณาแยกแยะ และสรุปคำตอบ ซึ่งการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุป

2.4.5 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์

Gagne (1970, อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2544, น. 16) กล่าวว่า การเรียนรู้ที่เป็นทักษะทางปัญญาประกอบด้วย 4 ทักษะย่อยซึ่งแต่ละระดับเป็นพื้นฐานของกันและกันตามลำดับซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ที่เป็นการเชื่อมโยงสิ่งเร้ากับการตอบสนองและความต่อเนื่องของการเรียนรู้ต่าง ๆ เป็นลูกโซ่ซึ่งทักษะย่อยแต่ละระดับ ได้แก่

1. การจำแนกแยกแยะ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุต่าง ๆ ที่รับรู้เข้ามาว่าเหมือนหรือไม่เหมือนกัน

2. การสร้างความคิดรวบยอด หมายถึง ความสามารถในการจัดกลุ่มวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ โดยระบุคุณสมบัติร่วมกันของวัตถุสิ่งนั้น ๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้กลุ่มวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นต่างจากกลุ่มวัตถุหรือสิ่งอื่น ๆ ในระดับรูปธรรม และระดับนามธรรมที่กำหนดขึ้นในสังคมหรือวัฒนธรรมต่าง ๆ

3. การสร้างกฎ หมายถึง ความสามารถในการนำความคิดรวบยอดต่าง ๆ มารวมเป็นกลุ่มตั้งเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น เพื่อให้สามารถสรุปอ้างอิง และตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

4. การสร้างกระบวนการหรือกฎขั้นสูง หมายถึง ความสามารถในการนำกฎหลาย ๆ ข้อที่สัมพันธ์กันมาประมวลเข้าด้วยกัน ซึ่งนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น

ประเวศ วะสี (2542, อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2548, น. 301-302) ได้กล่าวว่า ในการเรียนรู้ต้องให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกคิด ฝึกตั้งคำถาม เพราะคำถามเป็นเครื่องมือในการได้มาซึ่งความรู้ควรให้นักเรียนฝึกการ ถาม-ตอบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความกระจ่างในเรื่องที่ศึกษารวมทั้งได้ฝึกการใช้เหตุผล การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ ฝึกค้นหาคำตอบจากเรื่องที่เรียน

ไพรินทร์ เหมบุตร (2549, น. 3-4) ได้บอกวิธีการและขั้นตอนในการฝึกคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 6 ขั้น คือ

1. ศึกษาข้อมูลหรือสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์
2. กำหนดวัตถุประสงค์/เป้าหมายของการคิดวิเคราะห์
3. แยกแยะแจกแจงรายละเอียดสิ่งของที่ต้องการวิเคราะห์
4. ตรวจสอบโครงสร้างหรือความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบใหญ่และย่อย
5. นำเสนอข้อมูลการคิดวิเคราะห์
6. นำผลมาวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ตามเป้าหมาย

วีระ สุดสังข์ (2550, น. 26-28) กล่าวไว้ว่า วิธีการคิดสามารถฝึกสมองให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ให้พัฒนาขึ้น สามารถฝึกตามขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นการกำหนดวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อเป็นต้นเรื่องที่จะใช้วิเคราะห์

2. กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดประเด็นสงสัยจากปัญหาหรือสิ่งที่วิเคราะห์ อาจจะกำหนดเป็นคำถามหรือกำหนดวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริงสาเหตุหรือความสำคัญ

3. กำหนดหลักการหรือกฎเกณฑ์ เพื่อใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน

4. กำหนดการพิจารณาแยกแยะ เป็นการกำหนดการพินิจพิเคราะห์ แยกแยะ และกระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ โดยอาจใช้เทคนิคคำถาม 5 W 1 H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) และ How (อย่างไร)

5. สรุปคำตอบ เป็นการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือตอบปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้

สรุปว่าการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์จะต้องประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียน 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาข้อมูล 2) การกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ 3) การจำแนกแยกแยะรายละเอียด 4) การตรวจสอบความสัมพันธ์ของสิ่งที่จำแนก 5) การรวบรวมความสัมพันธ์ให้เป็นความคิดรวบยอด 6) การนำเสนอข้อมูลที่ได้มา และ 7) นำความคิดรวบยอดมารวมกันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์

2.4.6 ประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553, น. 9) กล่าวถึงประโยชน์ของการวิเคราะห์อย่างมากทั้งในระดับปัจเจกบุคคล ระดับองค์กร และระดับประเทศ โดยในแทบทุกสาขาวิชา จำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์เป็นเครื่องมือในการศึกษาหาความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งประโยชน์นั้นมีหลายประการดังนี้

1. การวิเคราะห์สถานการณ์ทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ในแง่มุมต่าง ๆ ช่วยให้เราเข้าใจสาเหตุที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่จะตามมา และสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อันนำไปสู่การแก้ไขปัญหา การเตรียม การป้องกัน การวางนโยบายและการวางกลยุทธ์เพื่อโอกาสที่ดีกว่าในอนาคต

2. การวิเคราะห์ข่าว ทำให้เราทราบเบื้องหน้าเบื้องหลังของ เหตุการณ์ประจำวันที่เกิดขึ้น ไม่เพียงรับรู้ว่าเกิดอะไรขึ้นเท่านั้น แต่ทราบว่าเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้จะส่งผลกระทบอย่างไรต่อไป และต้องนำไปสู่การป้องกันหรือการวางแผน อย่างไรต่อไป

3. การวิเคราะห์คนจะช่วยทำให้เราเข้าใจว่า เหตุใดคน ๆ นี้ จึงแสดงออกเช่นนี้ อะไรเป็นมูลเหตุจูงใจ สิ่งที่เขาแสดงออกจะส่งผล กระทบอย่างไรต่อตัวเองในอนาคต ถ้ามูลเหตุเปลี่ยนพฤติกรรมของเขาจะเปลี่ยนไปด้วยหรือไม่

4. การวิเคราะห์วัตถุสสารต่าง ๆ ทำให้เราทราบว่าสิ่งนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง แต่ละส่วนย่อยทำงานประสานเชื่อมโยงกันอย่างไร

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, น. 4-5) กล่าวถึงประโยชน์ว่าการมีความสามารถในการคิดจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์จะทำให้สามารถแก้ไขปัญหา รวมทั้งสามารถเลือกตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมและมีเหตุผล ในยุคข่าวสารเทคโนโลยีในปัจจุบันที่มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วมีการแข่งขันสูง การปูพื้นฐานการคิดและส่งเสริมการคิดให้แก่เด็กและเยาวชนจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง นับตั้งแต่ระดับอนุบาลไปจนถึงระดับสูง การได้รับการพัฒนาการคิดตั้งแต่เยาว์วัยจะช่วยพัฒนาความคิดให้ก้าวหน้า ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม เป็นคนรอบคอบ ตัดสินใจได้ถูกต้อง สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี เป็นบุคคลที่มีคุณภาพสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเป็นสุข ผลจากการฝึกให้คิดจะช่วยให้เกิดประโยชน์แก่เด็กและเยาวชน สรุปได้ดังนี้

1. สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีระบบมีหลักการและมีเหตุผล ผลงานที่ได้รับ มีประสิทธิภาพ
2. สามารถพิจารณาสิ่งต่าง ๆ และประเมินงานโดยใช้หลักเกณฑ์อย่างสมเหตุ สมผล
3. รู้จักประเมินตนเองและผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง

4. ได้เรียนรู้เนื้อหาได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่า มีความหมายและเป็นประโยชน์

5. ได้ฝึกทักษะการทำงาน การใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา

6. มีความรู้ความสามารถ มีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบขั้นตอนนับตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นคว้าความรู้ ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมายและลงข้อสรุป

7. ส่งเสริมความสามารถในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย

8. เกิดความสามารถในการคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างแจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้างขวาง คิดไกล และคิดอย่างลุ่มลึก ตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล

9. ทำให้เป็นผู้มีปัญญา มีคุณธรรมจริยธรรม ความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีความเมตตากรุณาและเป็นผู้มีประโยชน์ต่อสังคม

10. มีทักษะและมีความสามารถในการอ่าน เขียน พูด ฟัง และมีทักษะการสื่อสารกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

11. พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้อย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรรณี สินธพานนท์ (2555, น. 31) กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. ทำให้สามารถแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูล หรือจากความคิดเห็น มีความกระจ่างชัดเจน ทำให้มองเห็นแนวทางในการตัดสินใจที่จะทำงานหรือดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2. เป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ การแสวงหาความรู้ ทำให้รู้จักคิดจำแนกแยกแยะสิ่งที่เรียนรู้ จัดประเภทสิ่งต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถทำนายผล หรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงความเป็นจริง นำไปสู่การตัดสินใจอย่างเหมาะสม

3. ทำให้เป็นคนมีเหตุผล มีหลักการ ไม่กระทำสิ่งใด ๆ ตามใจตนเองอย่างเลื่อนลอยไร้ทิศทาง ไม่สรุปเรื่องราวต่าง ๆ ตามอารมณ์ หรือความรู้สึกตนเอง

4. ทำให้เป็นผู้ที่น่าเชื่อถือ ได้รับการยอมจากผู้อื่นในด้านการแสดงความคิดเห็น หรือการให้ข้อเสนอแนะอย่างมีเหตุผล

5. สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล ตามขั้นตอนถูกต้อง และสามารถปรับตนเองให้เข้ากับสถานการณ์ เหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคมโลกยุคปัจจุบันได้ ไม่คล้อยตามหรือหลงเชื่อบุคคลอื่นจนเกิดความผิดพลาดในกิจการต่าง ๆ

6. ทำให้เป็นผู้ที่มีทักษะในการลำดับเหตุการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ หลอมรวมได้ใจความเพื่อนำเสนอความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลไปยังบุคคลและองค์กรต่าง ๆ ได้

7. ทำให้สามารถประมวลข้อคิดหรือความคิดเห็นของบุคคลที่หลากหลายมาสัมพันธ์กัน เพื่อนำมาสรุปเป็นแนวคิดใหม่นำไปใช้ในการพัฒนาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพของงาน

8. ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถตรวจสอบความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ได้ตรงประเด็น

สุวิทย์ มูลคำ (2556, น. 39) กล่าวถึงประโยชน์ของการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1. ช่วยให้เรารู้ข้อเท็จจริง รู้เหตุผลเบื้องหลังของสิ่งที่เกิดขึ้น เข้าใจความเป็นมาเป็นไปของเหตุการณ์ต่าง ๆ รู้ว่าเรื่องนั้นมีองค์ประกอบอะไรบ้าง

2. ช่วยให้เราสำรวจความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่ปรากฏและไม่ด่วนสรุปตามอารมณ์

3. ช่วยให้เราไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่าย ๆ แต่สื่อสารตามความเป็นจริง

4. ช่วยในการพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ ที่ถูกบิดเบือนไปจากความประทับใจในครั้งแรก ทำให้เรามองอย่างครบถ้วนในแง่มุมอื่น ๆ ที่มีอยู่

5. ช่วยพัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต การหาความแตกต่างของสิ่งที่ปรากฏพิจารณาตามความสมเหตุสมผลของสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตัดสินสรุปสิ่งใดลงไป

6. ช่วยให้เราหาเหตุผลที่สมเหตุสมผลให้กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้น

สรุปได้ว่าประโยชน์ของการคิดเคราะห์ คือสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีระบบมีหลักการและมีเหตุผล ผลงานที่ได้รับมีประสิทธิภาพ ยังช่วยให้เราไม่ด่วนสรุปสิ่งใดง่าย ๆ ในการพิจารณาสาระสำคัญอื่น ๆ ก็ยังต้องใช้การวิเคราะห์ด้วย พัฒนาความเป็นคนช่างสังเกต และช่วยเราหาเหตุผลที่สมเหตุสมผล

2.4.7 การวัดและประเมินการคิดวิเคราะห์

Watson and Glaser (1964, pp. 25-26) ได้พัฒนาแบบประเมินการคิดวิเคราะห์โดยฉบับล่าสุดในปี ค.ศ. 1980 เป็นแบบทดสอบที่เป็นแบบฝึกให้มีการประยุกต์ใช้ความสามารถ โดยในแบบทดสอบประกอบด้วยปัญหา ข้อความ การตีความหมาย ซึ่งมีการออกแบบให้วัดในสิ่งที่แตกต่างในแบบทดสอบ 5 ฉบับดังนี้

1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริง หรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปของเหตุการณ์ 3-5 ข้อสรุป หลังจากนั้นให้ผู้ตอบพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นอย่างไร โดยเลือกจาก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ หรือน่าจะเป็นเท็จ

2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจัดจำแนกว่า ข้อความใดควรเป็นข้อตกลงเบื้องต้น และข้อความใดไม่เป็นลักษณะของส่วนย่อย ๆ นี้ โดยมีการกำหนดสถานการณ์มาให้จากนั้นมีข้อความตามมาเป็นสถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องเลือกตัดสินข้อความ โดยพิจารณาในแต่ละข้อว่าข้อใดบ้างที่เป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ที่กำหนด

3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) หมายถึงการวัดความสามารถของการหาข้อสรุปที่สมเหตุ สมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยนำหลักตรรกศาสตร์มาใช้ในลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้ เช่น มีการกำหนดสถานการณ์มา 1 ย่อหน้า และให้ข้อสรุปมาสถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาโดยเลือกว่า ข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือเป็นไปไม่ได้จากเหตุการณ์ที่กำหนดให้

4. ความสามารถในการตีความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถของการทุ่มเทน้ำหนักข้อมูล หรือหลักฐานเพื่อพิจารณาตัดสินความน่าจะเป็นของข้อสรุปนั้น ลักษณะของ

แบบทดสอบย่อยนี้ มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ โดยมีข้อสรุปของสถานการณ์มาอย่างละ 2-3 ข้อ ซึ่งผู้ตอบต้องตัดสินเลือกข้อสรุปภายใต้สถานการณ์เหล่านั้นว่ามีความน่าเชื่อถือหรือไม่

5. ความสามารถในการประเมินการอ้างเหตุผล (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการให้เหตุผลว่า สิ่งใดสมเหตุสมผล ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดคำตอบพร้อมเหตุผลกำกับจากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่ และให้เหตุผลประกอบ

Hake (1998, pp. 64-74) นักฟิสิกส์แห่ง University of Indiana ได้เสนอวิธีการประเมินผลการเรียนรู้จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยคำนึงถึง Floor and Ceiling Effect (โอกาสได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่า 0 เปอร์เซ็นต์และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุด ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) เรียกว่า Normalized Gain (Normalized เป็นคำที่มาจากคำศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ซึ่งหมายถึงการทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยมีค่าเป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน) โดยหาได้จาก อัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) หารด้วยผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum Possible Gain) โดยค่า Normalized Gain ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ “High Gain” ค่า $\langle g \rangle \geq 0.7$ “Medium Gain” ค่า $0.7 \leq \langle g \rangle \geq 0.3$ และ “Low Gain” ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle > 0.3$ Normalized Gain แบ่งเป็น Class Normalized Gain, Single Student Normalized Gain, Single Test Item Normalized Gain และ Conceptual Dimensional Normalized Gain

Heong, et al. (2011, pp. 121-125) ได้กล่าวถึงการวัดการคิดวิเคราะห์ขั้นสูงตามแนวคิดของ Marzano โดยใช้แบบสอบถามที่ดัดแปลงจาก Rubrics for Specific Task or Situation (1992) ซึ่งประกอบด้วย 44 รายการ โดยครอบคลุม 13 ทักษะการคิดขั้นสูงของ Marzano มีระดับการให้คะแนน 3 ระดับ ได้แก่ ต่ำ ปานกลาง และสูง

Sari and Nada (2022, pp. 46-54) ได้ทำการศึกษาเครื่องมือประเมินตามทฤษฎีของ Marzano เพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ โดยการใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) โดยพัฒนามาจากข้อคำถาม 29 ข้อ

สุวิทย์ มูลคำ (2553, น. 157) ได้กล่าวถึงแนวทางในการประเมินผลการคิด ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 แนวทางดังนี้

1. การประเมินผลด้วยการใช้แบบทดสอบ

1.1 การใช้แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่มีผู้สร้างไว้แล้ว สำหรับใช้วัดความสามารถในการคิดสามารจัดเป็น 2 ประเภทได้แก่ แบบทดสอบการคิดทั่วไป และแบบทดสอบการคิดเฉพาะด้าน

1.2 การสร้างแบบวัดการคิดขึ้นใช้เอง บางครั้งแบบทดสอบที่มีอยู่ก็อาจจะไม่สอดคล้องกับเป้าหมายกับทุกชิ้นงาน ทำให้ต้องสร้างแบบทดสอบการคิดขึ้นใช้เอง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการในการวัด

2. การประเมินผลตามสภาพจริง เป็นการประเมินผลที่ครูผู้สอนทำหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้พร้อมทั้งประเมินผลควบคู่กับการจัดกิจกรรมไปด้วย

ปรีดาวรรณ อ่อนนางใย (2555, น. 37) ได้กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ต้องอาศัยการพิจารณาอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผลเกี่ยวกับการจำแนก แยกแยะ องค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อการตัดสินใจหรือสรุปอย่างสมเหตุสมผล

สมถวิล วิจิตรวรรณา, สุภมาส อังศุโชติ, รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, สุนิสา จุ้ยม่วงศรี และชูศักดิ์ ศิริรุ่งพันธ์ (2556, น. 4-20) กล่าวว่า การทดสอบทักษะความคิดวิเคราะห์ ดังกล่าว สามารถใช้ได้ทั้งแบบทดสอบเลือกตอบและแบบสอบเขียนตอบดังนี้

1. แบบเลือกตอบ คือแบบทดสอบที่มีคำตอบให้ผู้เลือกมี 3 ลักษณะคือแบบทดสอบ หลายตัวเลือก แบบทดสอบถูกผิด แบบทดสอบจับคู่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 แบบทดสอบหลายตัวเลือก คือแบบทดสอบที่ประกอบด้วยส่วนของคำถามและคำตอบหลายคำตอบ โดยมีข้อถูกเพียงข้อเดียว คำตอบที่เหลือคือตัวลวง

1.2 แบบทดสอบถูกผิด คือแบบทดสอบที่กำหนดให้ตอบโดยพิจารณาข้อความว่าถูก หรือผิด เป็นแบบวัดด้านความรู้ความจำ เป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก

1.3 แบบทดสอบจับคู่ เป็นแบบทดสอบที่ประกอบไปด้วยชุดคำถามที่มีตัวเลือกชุด หนึ่งร่วมกัน

2. แบบทดสอบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบเขียนตอบด้วยภาษาตนเอง มีลักษณะแบบทดสอบเติมคำ แบบอัตนัยหรือความเรียง

ไพฑูรย์ สินลารัตน์ และคณะ (2560, น. 42-55) กล่าวถึงแนวทางในการประเมินการคิดวิเคราะห์สามารถทำได้หลายแนว ได้แก่

1. ประเมินการคิดวิเคราะห์อยู่ในการเรียนการสอนปกติและงานการจัดกิจกรรม เช่น การประเมินโดยดูจากการทำงานของนักเรียน ใช้การประเมินตามสภาพจริง โดยการสอนและการประเมินจัดไปพร้อมกัน นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์จะจำแนกงานที่ได้รับเป็นงานย่อยและจัดหมวดหมู่ในงานที่จำแนกได้ หรือนำข้อมูลมาจัดกลุ่มหาความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุป และประยุกต์ใช้ได้ ประเมินจากกิจกรรมซึ่งจะช่วยให้นักเรียนรู้ว่าตนเองมีความสามารถอะไรและต้องพัฒนาสิ่งใด

2. ประเมินการคิดวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบประเมินการคิดวิเคราะห์โดยเฉพาะการประเมินแบบนี้ต้องสร้างแบบวัดขึ้นมาโดยเฉพาะ

2.1 หลักการและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิด

2.2 การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิด

2.3 การเขียนข้อคำถามแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

2.4 ประเมินจากแบบทดสอบมาตรฐาน

3. ประเมินการคิดวิเคราะห์จากการบูรณาการตัวชี้วัดของการคิดวิเคราะห์ร่วมกับการประเมินผลในวิชาอื่น ลักษณะเครื่องมือประเมินต้องมีตัวชี้วัดหรือวัตถุประสงค์การประเมินพฤติกรรม ด้านการคิดวิเคราะห์อยู่ในวัตถุประสงค์ของแต่ละวิชาด้วย

จากการศึกษาการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์เป็นการวัดทักษะความคิดที่ซับซ้อน มุ่งวัดในด้านของทักษะการคิดเฉพาะแบบ โดยเป็นความสามารถ

จำแนกแยกแยะรายละเอียดหรือองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ ได้ ซึ่งแบบวัดการคิดวิเคราะห์นั้นสามารถวัดได้จากแบบวัดมาตรฐานหรือวัดจากการประเมินตามสภาพจริงก็ได้ตามความเหมาะสมในที่นี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดของ Marzano เป็นแบบวัดสำหรับวัดความสามารถทางการคิดที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ เป็นแบบวัดที่ครอบคลุมความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่ ทักษะด้านการจำแนก ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่ ทักษะด้านการเชื่อมโยง ทักษะด้านการสรุปความ และทักษะด้านการประยุกต์ โดยสร้างเป็นแบบทดสอบปรนัยหลายตัวเลือก (Multiple Choice) มี 4 ตัวเลือก ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนคือตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน และจัดกลุ่มระดับความก้าวหน้าของการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือวัดความก้าวหน้าของการคิดวิเคราะห์ด้วยวิธี Normalized Gain ของ Hake

2.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.5.1 ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Eysenck, et al. (1972, อ้างถึงใน ปริยทิพย์ บุญคง, 2546, น. 7) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ หมายถึงขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำ ที่ต้องอาศัยทั้งความสามารถทั้งทางร่างกายและทางสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปของเกรดจากโรงเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อน และระยะเวลานานพอสมควร หรืออาจได้จากการวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

Good (1973, p. 1) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยได้จากการทดสอบจากครูผู้สอน

ปราณี กองจินดา (2549, น. 42) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2549, น. 16) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการเรียนรู้ที่แต่ละคนได้ศึกษาเรียนรู้มาแล้วในอดีตหรือในปัจจุบัน โดยเป็นผลจากการประเมินความรู้ทางด้านเนื้อหาวิชาการเป็นหลัก เน้นความตรงเชิงเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นสำคัญ

ชวาล แพรัตกุล (2552, น. 13) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสำเร็จในด้านความรู้ทักษะ และสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของสมอง นั่นคือสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนควรจะประกอบด้วยสิ่งสำคัญอย่างน้อย 3 สิ่ง คือ ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 165) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เป็นผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือคุณภาพของความรู้ ความสามารถ พฤติกรรม หรือลักษณะทางจิตใจ ถ้าการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในทิศทางที่พึงประสงค์ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร อันเป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดขึ้น

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลจากการได้รับมวลประสบการณ์จากการเรียนรู้ การฝึกอบรม หรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยความพยายามของแต่ละบุคคล ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และทางสติปัญญา เพื่อบ่งบอกความรู้ความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.5.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2547, น. 96) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ทำให้ทราบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนว่ามีการพัฒนาตรงตามจุดประสงค์ของการเรียนรู้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด ด้วยวิธีการทดสอบที่มีความถูกต้อง เที่ยงตรง และมีคุณภาพการสร้างอย่างถูกต้องตามหลักวิชา

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2553, น. 209) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and Pencil Test) กับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

สมบูรณ์ ตันยะ (2555, น. 143) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้สำหรับวัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนว่ามีความรู้ ความสามารถในเรื่องที่เรียนรู้มาแล้ว หรือได้รับการฝึกฝนอบรมมาแล้วมากน้อยเพียงใด

สมนึก ภัททิยธนี (2556, น. 63-72) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดสมรรถภาพของสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการตรวจสอบในด้านความรู้ ความสามารถ และทักษะด้านต่าง ๆ ของนักเรียนแต่ละบุคคล ที่ผ่านกระบวนการเรียน การอบรม หรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงผลของการทำกิจกรรมนั้น ๆ ว่านักเรียนมีความสามารถมากน้อยเพียงใด

2.5.3 กรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Floplains and Antes (1990, อ้างถึงใน อนุวัติ คูณแก้ว, 2558, น. 73) ได้กล่าวว่า การสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมและถูกต้องตามหลักวิชานั้น มีหลักการสร้างข้อสอบดังนี้

1. ควรเขียนข้อสอบในระหว่างหรือเพิ่งเสร็จสิ้นการเรียนการสอนในเรื่องนั้น ๆ เพราะจะทำให้ผู้เขียนข้อสอบยังจำและเข้าใจในเนื้อหานั้นดีอยู่
2. ข้อสอบต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา และตารางวิเคราะห์หลักสูตร
3. ข้อสอบต้องถามในเรื่องที่มีความสำคัญ ไม่ถามในรายละเอียดปลีกย่อย หรือเรื่องที่ไม่ใช่แก่นสาระของเนื้อหา
4. ข้อสอบต้องถามให้ผู้สอบ ตอบโดยการสะท้อนถึงความรู้ที่ได้จากการศึกษา

5. การเลือกประเภทของข้อสอบต้องคำนึงว่า ข้อสอบจะทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ (Needed Data) ข้อสอบที่นำมาสอบต้องตรง (Straightforwardly) กับสิ่งที่จะวัดให้มากที่สุด

6. ควรมีการศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ เช่น จากข้อสอบมาตรฐาน คำสั่งต้องกะทัดรัด ชัดเจน ว่าจะให้ผู้สอบทำอะไร ตอบอย่างไร ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และ ถูกต้อง ไม่ควรลอกข้อความโดยตรงจากหนังสือมาสร้างเป็นข้อสอบ เพราะจะทำให้ผู้สอบตอบได้ง่าย

7. หลีกเลี่ยงข้อสอบข้อใดข้อหนึ่งไปแนะคำตอบอีกข้อหนึ่ง

8. ควรมีการตรวจสอบ และวิจารณ์ข้อสอบ โดยผู้สอนในรายวิชาหรือระดับชั้นเดียวกัน เพื่อปรับปรุงข้อสอบให้ดีขึ้น

Gronlund (1993, อ้างถึงใน พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2553, น. 100) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพนั้นจะต้องอาศัยหลักการสร้างที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

1. ต้องนิยามพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่ต้องการจะวัดให้ชัดเจน โดยกำหนดในรูปของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนหรือรายวิชาด้วยคำที่เฉพาะเจาะจง สามารถวัด และสังเกตได้

2. ควรสร้างแบบทดสอบวัดให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ทั้งหมด ทั้งในระดับความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น

3. แบบทดสอบที่สร้างขึ้นควรจะวัดพฤติกรรม หรือผลการเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะต้องกำหนดตัวชี้วัด และขอบเขตของการเรียนรู้ที่จะวัด แล้วจึงเขียนข้อสอบตามตัวชี้วัดจากขอบเขตที่กำหนดไว้

4. แบบทดสอบที่สร้างขึ้นควรประกอบด้วยข้อสอบชนิดต่าง ๆ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับการวัดพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ให้มากที่สุด

5. ควรสร้างแบบทดสอบโดยคำนึงถึงแผนหรือวัตถุประสงค์ของการนำผลการทดสอบไปใช้ประโยชน์ จะได้เขียนข้อสอบให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และทันใช้ตามแผนกำหนดไว้ เช่น การใช้แบบทดสอบก่อนการเรียนการสอน (Pretest) เพื่อตรวจสอบพื้นฐานความรู้ของนักเรียน การใช้แบบทดสอบระหว่างการเรียนการสอน (Formative Test) เพื่อการปรับปรุงการเรียนการสอน และการใช้แบบทดสอบหลังการเรียนการสอน (Summative Test) เพื่อตัดสินผลการเรียน

6. แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะต้องทำให้การตรวจให้คะแนนไม่มีความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Measurement Errors) ซึ่งไม่ว่าจะนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนในเวลาที่แตกต่างกันจะต้องได้ผลการวัดเหมือนเดิม

บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 54-57) ได้กล่าวว่า ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แนวความคิดในการวัดที่นิยมกัน ได้แก่ การเขียนข้อสอบวัดตามการจัดประเภทจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธพิสัย (Cognitive) ของ Bloom และคณะ ซึ่งจำแนกจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ ความรู้-ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และการประเมินค่า (Evaluation) ความหมายของแต่ละประเภท และการจำแนกเป็นประเภทย่อยลงไป ซึ่งเป็นแนวในการสร้างข้อสอบวัดด้านย่อย ๆ เหล่านั้น ดังนี้

1. ความรู้ เป็นความสามารถทางสมองในอันที่จะทรงไว้หรือรักษาไว้ ซึ่งเป็นเรื่องราวต่าง ๆ ที่บุคคลได้รับรู้เข้าไว้ในสมอง การวัดว่าบุคคลมีความสามารถในการจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากน้อยเพียงใดนั้น วัดได้จากความสามารถในการระลึกออกของบุคคลนั้น

1.1 ความรู้ในเนื้อเรื่อง จำแนกได้เป็น 2 ข้อย่อย คือ

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม ได้แก่ พวกความหมาย และคำจำกัดความของสิ่งต่าง ๆ

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริง ได้แก่ พวกกฎ สูตร ทฤษฎี และข้อเท็จจริงต่าง ๆ

1.2 ความรู้ในวิธีดำเนินการ จำแนกได้เป็น 5 ข้อย่อย คือ

1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน ได้แก่ สิ่งที่เป็นแบบฟอร์มหรือระเบียบในการปฏิบัติซึ่งเป็นสิ่งที่ยอมรับของคนส่วนใหญ่ ผู้ใดไม่ปฏิบัติตามก็ไม่ถือว่าเป็นความผิดเพียงแต่อาจถูกเพ่งเล็งบ้าง

1.2.2 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับ เป็นความรู้ในเรื่องของลำดับขั้นตอนและแนวโน้มในการกระทำ หรือการเกิดขึ้นของสิ่งของ เรื่องราว และปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท เป็นความรู้ในเรื่องการแยกพวกตามความเหมือนและความต่างกันตามคุณลักษณะ คุณสมบัติ และหน้าที่ของสิ่งของเรื่องราวและปรากฏการณ์ต่าง ๆ

1.2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ เป็นความรู้ในสิ่งที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัยและตรวจสอบข้อเท็จจริงต่าง ๆ

1.2.5 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ เป็นความรู้วิธีการในอันที่จะให้ได้มาของผลลัพธ์ที่ต้องการว่าต้องใช้เทคนิควิธีอย่างใดบ้าง

1.3 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง จำแนกได้เป็น 2 ข้อย่อย คือ

1.3.1 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและอ้างสรุปครอบคลุม หลักวิชาเป็นใจความสำคัญของเรื่องนั้น ส่วนการอ้างสรุปครอบคลุมเป็นการนำหลักที่ได้ไปอธิบายเรื่องอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

1.3.2 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง เป็นความสามารถในการนำหลาย ๆ หลักวิชาซึ่งอยู่ในสกุลเดียวกันมาสัมพันธ์กัน จนได้เป็นโครงสร้างของเนื้อความใหญ่ในเรื่องนั้น ๆ

2. ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการจับใจความของท้องเรื่อง ได้แก่ การแปลความ ตีความ และขยายความในเรื่องนั้น ผู้ที่มีความเข้าใจจะต้องรู้ความหมายและรายละเอียดย่อย ๆ ของเรื่องนั้น รู้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ย่อย ๆ เหล่านั้น สามารถอธิบายสิ่งนั้นด้วยภาษาตนเองได้ พฤติกรรมนี้จำแนกได้เป็น 3 ข้อย่อย คือ

2.1 การแปลความ เป็นความสามารถในการบอกความหมายตามนัยของเรื่องราวหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ

2.2 การตีความ เป็นการถอดความหมายจากหลาย ๆ ความหมายตามนัยของเรื่องราวที่ปรากฏนั้นว่า จากการที่หลาย ๆ ส่วนในเรื่องราวหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ เป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง แสดงว่าเรื่องราวหรือปรากฏการณ์นั้นเป็นอย่างไร

2.3 การขยายความ เป็นการคาดคะเนหรือพยากรณ์ไปสู่กาลข้างหน้า (หรือถอยหลัง) โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่เป็นอยู่

3. การนำไปใช้ เป็นความสามารถในการนำความรู้ ทฤษฎี หลักการ ข้อเท็จจริง ไปแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้น ความสามารถในการนำไปใช้เป็นการแก้ปัญหาซึ่งเป็นเรื่องราวหรือเหตุการณ์ ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น สามารถนำสิ่งที่เป็นประสบการณ์ไปแก้ปัญหานั้น ๆ ได้สำเร็จ

4. การวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวใด ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นประกอบกันอยู่เช่นไร แต่ละอันคืออะไร มีความเกี่ยวพันกันอย่างไร อันใดสำคัญมากน้อย พฤติกรรมนี้จะจำแนกได้เป็น 3 ข้อย่อย คือ

4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เรียกได้ว่าเป็นการแยกแยะหาหัวใจของเรื่อง

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ

4.3 การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักการของความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญในเรื่องราวหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด

5. การสังเคราะห์ เป็นความสามารถในการประกอบส่วนย่อย ๆ ให้เข้ากันได้อย่างเป็นเรื่องราวโดยการจัดระบบโครงสร้างเสียใหม่ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งกว่าเดิม พฤติกรรมนี้แยกได้เป็น 3 ข้อย่อย คือ

5.1 การสังเคราะห์ข้อความ เป็นความสามารถในการเรียบเรียงถ้อยคำให้ผูกพันกันเป็นเรื่องราวใดเรื่องราวหนึ่งได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราว ซึ่งการผูกเรื่องราวนี้ต้องอาศัยข้อมูลหลายอย่างมาสนับสนุน ทั้งยังอาจยกตัวอย่างประกอบ ใส่ความคิดเห็นส่วนตัว เพื่อช่วยให้ข้อความที่เขียนกระจ่างชัดได้ความหมายตามต้องการ

5.2 การสังเคราะห์แผนงาน เป็นความสามารถในการสร้างโครงการหรือแผนงานในด้านต่าง ๆ โดยนำข้อมูลเรื่องราวที่กำหนดให้ มาหาวิธีว่าจะทำอย่างไรจึงจะทำให้เรื่องที่ต้องอาศัยข้อมูลเหล่านี้สามารถดำเนินการไปสู่เป้าหมายได้สำเร็จ

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการจัดระบบของข้อเท็จจริงหรือส่วนประกอบเสียใหม่ ให้สำเร็จเป็นชิ้นเป็นอันให้ได้ประโยชน์หรือมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม

6. การประเมินค่า เป็นความสามารถในการตัดสิน ตีราคา โดยอาศัยเกณฑ์ (Criteria) และมาตรฐาน (Standard) ที่วางไว้ พฤติกรรมด้านการประเมินค่าจำแนกได้เป็น 2 ข้อย่อยคือ

6.1 ประเมินโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายใน เป็นการวินิจฉัยตีราคา ตามลักษณะ ข้อเท็จจริงที่เป็นเนื้อหาของสิ่งนั้น ๆ

6.2 ประเมินโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก เป็นการวินิจฉัยหรือตีราคาโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ภายนอก

จากกรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่า แนวความคิดในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นิยมใช้คือแนวความคิดของ Bloom และคณะ โดยเขียนข้อสอบวัดตามการจัดประเภทจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธพิสัย (Cognitive) ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า และในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นจะต้องสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ทั้งหมดทั้งในระดับความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และระดับที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งแบบทดสอบต้องถามเฉพาะเรื่องที่มีความสำคัญ

มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ตัวชี้วัด และขอบเขตของการเรียนรู้ที่จะวัด ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดของ Bloom มาใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ซึ่งข้อสอบจะครอบคลุมจุดประสงค์ด้านพุทธพิสัย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ และการนำไปใช้

2.5.4 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ชวาล แพรัตกุล (2552, น. 61) กล่าวว่า แบบทดสอบที่ใช้วัดปริมาณความรู้ความสามารถ ทักษะด้านวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาในอดีตว่ารับรู้ไว้มากเพียงใดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เฉพาะคราวเพื่อใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์ และความสามารถทางวิชาการของนักเรียนมีใช้กันทั่วไปใน โรงเรียน แบบทดสอบประเภทนี้สอบเสร็จก็ทิ้ง หรือนำกลับมาเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงโดยไม่มีวิธีการ อะไรเป็นหลัก ไม่มีการวิเคราะห์ว่าข้อสอบดีเลวประการใด

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardizes Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการหรือวิธีการที่ซับซ้อนมากกว่าแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เมื่อสร้างเสร็จก็มีการนำไป ทดลองสอบแล้วนำผลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติหลายครั้งหลายหนเพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพดี มีความเป็นมาตรฐาน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, น. 96) กล่าวว่า โดยทั่วไปแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้ทั่วไปในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

1.1 แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้แล้วให้ผู้ตอบเขียนโดยแสดงความรู้ ความคิด เจตคติได้อย่างเต็มที่

1.2 แบบทดสอบปรนัยหรือแบบตอบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดให้เขียนตอบสั้น ๆ หรือให้เลือกคำตอบแบบจำกัดคำตอบ โดยผู้ตอบไม่ได้แสดงความรู้ หรือความคิดได้อย่างอิสระ แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งเป็น 4 แบบ ได้แก่ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบเลือกตอบ

2. แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ทั่วไป สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์ปรับปรุงจนมีคุณภาพดี มีมาตรฐานทั้งในวิธีการดำเนินการสอนและวิธีการให้คะแนนและแปลความหมายข้อมูล

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 167-169) แบบสอบผลสัมฤทธิ์สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่สำคัญดังนี้

1. จำแนกตามผู้สร้าง แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 แบบสอบมาตรฐาน

1.2 แบบสอบที่ผู้สอนสร้างขึ้น

2. จำแนกตามเนื้อหาวิชา อาจจำแนกแบบสอบตามชื่อเนื้อหาวิชา เช่น แบบสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ เป็นต้น

3. จำแนกตามการใช้ ได้แก่ แบบสอบความพร้อม แบบสอบวินิจฉัย แบบสอบสมรรถภาพ และแบบสอบเชิงสำรวจ

4. จำแนกตามการแปลผล ได้แก่ แบบสอบอิงกลุ่ม และแบบสอบอิงเกณฑ์

5. จำแนกตามรูปแบบการตอบ

5.1 แบบสอบประเภทเสนอคำตอบ เช่น แบบสอบความเรียง แบบสอบแบบตอบสั้น และแบบสอบแบบเติมคำ

5.2 แบบสอบประเภทเลือกคำตอบ เช่น แบบสอบแบบถูก-ผิด แบบสอบแบบจับคู่ และแบบสอบแบบหลายตัวเลือก

จากการศึกษาประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งออกได้เป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างเองและแบบทดสอบมาตรฐาน โดยแบบทดสอบจะมีทั้งอัตนัยและปรนัย ซึ่งการเลือกใช้แบบทดสอบนั้นขึ้นอยู่กับว่าผู้สอนต้องการวัดนักเรียนอย่างไร หรือต้องการวัดคุณลักษณะของนักเรียนแบบใด

2.5.5 การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2548, น. 61) ได้สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับประถมศึกษาได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผนสร้างข้อสอบ

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสอบวัด
2. ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบอิงวัตถุ
3. วิเคราะห์เนื้อหาสาระวิชาและพฤติกรรมที่จะสอบวัด
4. จัดทำตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและแผนผังการสร้างข้อสอบ
5. กำหนดส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 2 การดำเนินการสร้างข้อสอบ

1. หลักการปฏิบัติในการสร้างข้อสอบ
2. การจัดทำต้นร่างแบบทดสอบ

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้

1. หาความตรงของข้อคำถาม
2. วิจารณ์ข้อสอบเป็นรายข้อ
3. หลักจากตรวจสอบคุณภาพข้อสอบก่อนนำไปใช้แล้ว ก็จัดพิมพ์แบบทดสอบพร้อมคู่มือการใช้แบบทดสอบ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, น. 97-99) ได้กล่าวว่าขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลฤทธิ์ มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้สอนต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3. กำหนดชนิดของข้อสอบและศึกษาวิธีสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตร และจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องเลือกใช้ข้อสอบว่าจะใช้แบบใด โดยต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับวัยของนักเรียน แล้วศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบนั้นจนเข้าใจ

4. เขียนข้อสอบ โดยเขียนตามรายละเอียดที่กำหนดในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5. ตรวจทานข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบมีความถูกต้อง ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณา ตรวจทานอีกครั้งก่อนจัดพิมพ์ข้อสอบและนำไปใช้

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจทานข้อสอบแล้ว จัดทำเป็นแบบทดสอบ ฉบับทดลอง โดยมีคำอธิบายวิธีตอบแบบทดสอบและจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7. ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ ก่อนนำไปใช้จริง โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มจริงแล้วนำผลการสอบมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ โดยสภาพการณ์ปฏิบัติจริงในโรงเรียนมักไม่ค่อยทำเช่นนี้ แต่มักจะนำไปใช้ทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและนำไปใช้ในครั้งต่อไป

8. จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่าข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพ หรือไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงจัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556, น. 178-179) กล่าวว่า การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ที่ดีโดยปกติกรรมวิธีในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยระบบเป็นข้อ ๆ และให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านั้น สอดคล้องกับเนื้อหาสาระ ทั้งหมดที่จะทำการสอบ

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะ หรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วน และพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด สั้น กะทัดรัด และมีความชัดเจน

ขั้นที่ 4 สร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปหลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้แก่ วิเคราะห์จุดประสงค์ของเนื้อหา กำหนดรูปแบบและศึกษาวิธีการเขียนข้อคำถาม เขียนข้อคำถาม ตรวจทานแบบทดสอบ พิมพ์แบบทดสอบฉบับร่าง ทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง

2.5.6 การหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2548, น. 86-88) กล่าวว่า คุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรต้องมีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. ความตรง (Validity) เป็นลักษณะที่แบบทดสอบวัดในสิ่งที่ต้องการวัด เพราะถ้าแบบทดสอบมีความตรงแล้ว คะแนนที่ได้จะถูกต้องตามความต้องการ ความตรงของแบบทดสอบแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์

2. ความเที่ยง (Reliability) เป็นลักษณะที่แบบทดสอบมีความสม่ำเสมอหรือมีความคงเส้นคงวาในการวัด ไม่ว่าจะสอบกี่ครั้งก็ตามในเงื่อนไขเดิมแต่ต่างเวลากัน

3. ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นแบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัยคือแบบทดสอบที่วัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด โดยแบบทดสอบนั้นมีข้อคำถามที่ชัดเจน ตรวจสอบได้ และแปลความหมายของคะแนนเหมือนกันหรือตรงกัน

4. ความยาก (Difficulty) แบบทดสอบที่ดีควรมีความยาก-ง่ายพอเหมาะ หรือยาก-ง่ายปานกลาง หากข้อสอบยากหรือง่ายเกินไป ก็จะไม่สามารถเร้าให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดได้ โดยทั่วไปแบบทดสอบวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัยควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20-0.80

5. อำนาจจำแนก (Discriminant) ข้อคำถามที่ใช้ทดสอบต้องสามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มอ่อนได้ กล่าวคือ คนเก่งจะตอบคำถามถูก และคนไม่เก่งจะตอบผิด โดยทั่วไปแบบทดสอบวัดและประเมินผลด้านพุทธิพิสัยควรมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

6. ความมีประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่สามารถวัดสิ่งที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ โดยจะวัดเมื่อไหร่ก็ได้ ภายใต้สถานการณ์เดียวกันดังนั้นตัวแบบทดสอบจึงต้องมีค่าความเที่ยงสูง

7. ความครอบคลุม (Comprehensive) เป็นลักษณะในเรื่องความยาวของแบบทดสอบที่ยาวเพียงพอกับสิ่งที่ต้องการวัด กล่าวคือมีข้อคำถามที่เป็นตัวแทนและกำหนดรูปแบบของคำถามได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

8. ความสามารถในการนำไปใช้ (Practicability on Usability) เป็นลักษณะของแบบทดสอบที่เหมาะสม ง่ายและสะดวกที่ครูจะนำไปใช้สอบวัดนักเรียนโดยพิจารณาความง่ายและสะดวกในประเด็นต่าง ๆ คือ ง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้ กำหนดเวลาทำข้อสอบเหมาะสมกับจำนวนข้อ ง่ายและสะดวกต่อการตรวจคำตอบและการแปลความหมายของคะแนน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2555, น. 12-16) กล่าวว่า เครื่องมือวัดผลที่สร้างขึ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพทั้งด้านความถูกต้องของเนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด มีความยาก และอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดผลประเมินผลของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบและเขียนตอบทำได้ 2 แนวทาง ได้แก่ การพิจารณาเชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงสถิติ การพิจารณาเชิงคุณภาพ เป็นการตรวจสอบในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ความถูกต้องของเนื้อหาและตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ รวมทั้งระดับชั้นและพฤติกรรมของนักเรียน

2. ความเป็นปรนัยของข้อสอบในด้านความชัดเจนของคำถามที่เมื่ออ่านแล้วทุกคนเข้าใจตรงกัน ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน และการแปลผลคะแนนที่ตรงกัน

3. ความยุติธรรมของข้อสอบที่ไม่ทำให้ผู้สอบคนใดได้เปรียบหรือเสียเปรียบในการทำข้อสอบและผู้สอบจากกลุ่มที่ต่างกันมีโอกาสตอบข้อสอบถูกเท่าเทียมกัน

4. ความสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อสอบ โดยพิจารณาจากความสมบูรณ์ของสถานการณ์ในข้อสอบ คำถาม และตัวเลือก

การวิเคราะห์เชิงสถิติ เป็นการนำผลจากการทดลองใช้เครื่องมือมาหาค่าทางสถิติ และใช้ค่าสถิติดังกล่าวพิจารณาคุณภาพของเครื่องมือ โดยพิจารณาได้ทั้งคุณภาพของข้อสอบรายข้อและคุณภาพของทั้งฉบับ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. คุณภาพของข้อสอบรายข้อ แบ่งได้เป็นคุณภาพของข้อสอบเลือกตอบและเขียนตอบรายข้อมีรายละเอียดดังนี้

1.1. คุณภาพของข้อสอบเลือกตอบรายข้อ พิจารณาจากความยากและอำนาจจำแนก โดยค่าความยากอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

1.2 คุณภาพของข้อสอบเขียนตอบรายข้อ มีหลักการเดียวกับข้อสอบเลือกตอบแต่ก่อนการวิเคราะห์ข้อสอบต้องรวมคะแนนรายข้อของผู้สอบทุกคน และหาอัตราส่วนของคะแนนของคนในกลุ่มสูงและต่ำ จากนั้นจึงคำนวณหาคุณภาพรายข้อของข้อสอบทั้งความยากและอำนาจจำแนก

2. คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยดูจากความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น

2.1 ความเที่ยงตรง หมายถึง ความแม่นยำของเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือควรมีการตรวจสอบเนื้อหา โดยมีผู้เชี่ยวชาญตัดสินข้อคำถามว่าตรงตามเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัดหรือไม่ ในกรณีที่เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญต้องพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อว่าตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่จะวัดและมีจำนวนสอดคล้องกับตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่

2.2 ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาของผลจากการวัด โดยใช้เครื่องมือชนิดเดียวกันวัดซ้ำแล้วได้ผลเช่นเดิมหลังจากการวิเคราะห์คุณภาพรายข้อของข้อสอบแล้ว ครูสามารถคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเก็บไว้ใช้ต่อไปได้ ส่วนข้อที่ไม่มีคุณภาพอาจนำมาปรับปรุง ทดลองใช้ และหาคุณภาพใหม่อีกครั้ง ทำการตรวจสอบคุณภาพทั้งฉบับ เมื่อข้อสอบมีคุณภาพครบทุกด้านแล้วจึงจะถือว่าแบบทดสอบนั้นเป็นแบบทดสอบที่ดี ให้ผลการวัดที่ถูกต้อง แม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือได้

จากการศึกษาการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดผลที่สร้างขึ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพทั้งด้านความถูกต้องของเนื้อหาตามมาตรฐานการเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยจะต้องบอกความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อให้สามารถจำแนกนักเรียนได้อย่างเหมาะสม

2.6 การหาคุณภาพของเครื่องมือ

การสร้างแบบทดสอบที่ได้มาตรฐาน ผู้วิจัยจำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการหาคุณภาพเครื่องมือ ซึ่งศึกษาได้จากทฤษฎีการทดสอบซึ่งเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาการทดสอบและพัฒนาเครื่องมือการทดสอบได้มีการพัฒนาขึ้นมาตามแนวคิดที่นักทฤษฎีพิจารณาว่าสมเหตุสมผลสำหรับสนองความต้องการในการวัดคุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของบุคคล การหาคุณภาพเครื่องมือมีดังนี้

2.6.1 ความยาก

ความยากของข้อสอบ (Item Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบข้อนั้นได้ถูก ดังนั้นความยากของข้อสอบจึงพิจารณาได้จากจำนวนผู้ตอบข้อนั้นถูก ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบนั้นง่าย หรือมีค่าดัชนีความยาก (Item

Difficulty Index: *p*) สูง ถ้ามีจำนวนผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบนั้นยาก หรือมีค่าดัชนีความยากต่ำ เช่น แบบทดสอบฉบับหนึ่งนำไปทดลองใช้กับนักเรียน 50 คน ได้ผลดังนี้

ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 45 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 45/50 = .90
ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 30 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 30/50 = .60
ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 25 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 25/50 = .50
ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 0 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 0/50 = .00
ข้อที่ 1 มีนักเรียนตอบถูก 50 คน ดัชนีความยากเท่ากับ 50/50 = 1.00

ดังนั้นค่าดัชนีความยากจึงหาได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 298)

$$P = \frac{f}{n} \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ P แทน ดัชนีความยาก
f แทน จำนวนผู้ตอบถูก
n แทน จำนวนผู้เข้าสอบ

2.6.2 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบ ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกก็คือ ข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้ นั่นก็หมายความว่า คนเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูกขณะที่คนอ่อนทำผิด เทคนิคการหาอำนาจจำนาจจำแนกมีหลายวิธีจำแนกตามลักษณะของเครื่องมือดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 300)

2.6.2.1 การหาอำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่ม

ในการสอบแบบอิงกลุ่มนั้นต้องการจำแนกบุคคลออกตามระดับความสามารถ อำนาจจำแนกแบบอิงกลุ่มจึงเป็นความสามารถของข้อสอบในการแยกบุคคลออกตามระดับความสามารถได้

2.6.2.2 การหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์

ในการสอบแบบอิงเกณฑ์ต้องการจำแนกกลุ่มบุคคลที่รอบรู้หรือผ่านเกณฑ์ออกจากกลุ่มบุคคลที่ไม่รอบรู้หรือไม่ผ่านเกณฑ์ แนวคิดของการหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์จึงพิจารณาว่าข้อสอบข้อนั้นจำแนกบุคคลออกได้ตามกลุ่มผ่าน-ไม่ผ่านเกณฑ์มากน้อยเพียงใด อำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์จึงหาได้คล้าย ๆ กับแบบทดสอบอิงกลุ่มที่ใช้เทคนิคร้อยละ 50 เพียงแต่การแบ่งกลุ่มอาจจะไม่เท่ากัน เพราะอาศัยคะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดเป็นค่าแบ่งกลุ่ม จำนวนคนที่อยู่ในกลุ่มผ่านเกณฑ์กับไม่ผ่านเกณฑ์จึงอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ การหาดัชนีอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ สามารถหาได้ 2 แบบ ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 306)

1) ดัชนีอำนาจจำแนกของ Brennan (Brennan's Index: B-Index) เป็นการหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ตามแนวคิดการสอบครั้งเดียว แล้วพิจารณาความสามารถของข้อสอบในการแยกคนกลุ่มผ่านเกณฑ์กับไม่ผ่านเกณฑ์ออกจากกัน โดยหาค่าอำนาจจำแนกได้จากความแตกต่าง

ระหว่างสัดส่วนของผู้ผ่านเกณฑ์ตอบถูกกับสัดส่วนของผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ตอบถูก ดัชนีที่ได้นิยมเรียกกันว่า B-Index ดังนี้

$$B = \frac{fp}{np} - \frac{fF}{nF} \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ B แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของแบรนแนน
fp แทน จำนวนคนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มผ่านเกณฑ์
fF แทน จำนวนคนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์
np แทน จำนวนคนที่ในกลุ่มผ่านเกณฑ์
nF แทน จำนวนคนในกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์

2) ดัชนีความไวของข้อสอบ (Sensitive Index: S) เป็นการหาอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ตามแนวคิดการสอบสองครั้ง โดยสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกจะสามารถแยกความรอบรู้ของผู้สอบก่อนเรียนและหลังเรียนได้ดี โดยก่อนเรียนนักเรียนไม่ควรจะตอบถูกเพราะยังไม่มีความรู้ ส่วนหลังเรียนนักเรียนควรตอบถูก เพราะเกิดการเรียนรู้หรือมีความรอบรู้แล้ว การที่ข้อสอบสามารถตรวจสอบความรอบรู้ที่เพิ่มขึ้นได้ดีจึงนิยมเรียกว่า ความไวของข้อสอบ (Sensitivity) ดัชนีความไวของข้อสอบคำนวณได้ดังนี้

$$S = \frac{f_{post}}{n_{post}} - \frac{f_{pre}}{n_{pre}} = p_{post} - p_{pre} \qquad (2\text{-}3)$$

เมื่อ S แทน ดัชนีความไวของข้อสอบ
f_{pre}, f_{post} แทน จำนวนคนที่ตอบถูกก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
n_{pre}, n_{post} แทน จำนวนคนเข้าสอบก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ
p_{pre}, p_{post} แทน ความยากก่อนเรียนและหลังเรียนตามลำดับ

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ประสิทธิภาพของข้อสอบในการแบ่งผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้คะแนนสูงหรือกลุ่มเก่งกับกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำหรือกลุ่มอ่อน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้หาค่าจำแนกแบบอิงกลุ่ม (Item Discrimination Index: r) ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 50 และค่าอำนาจจำแนกแบบอิงเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ดัชนีอำนาจจำแนกของ Brennan (Brennan's Index: B-Index)

2.6.3 ความเชื่อมั่น

ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลาย ๆ ครั้ง ดังนั้นความเชื่อมั่นของแบบวัดจึงเป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่ให้ผลการวัดคงที่

ในการวัดคุณลักษณะหนึ่งของบุคคลหนึ่ง เมื่อคุณลักษณะนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะทำการวัดกี่ครั้งก็ตาม ในการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดเริ่มพัฒนามาจากนิยาม คือ เป็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าการวัดหลาย ๆ ครั้ง แต่ด้วยเหตุที่คุณลักษณะที่ต้องการวัดของบุคคลนั้นมักจะมีการเปลี่ยนแปลงเสมอเมื่อเวลาผ่านไป จึงได้มีการพัฒนาวิธีการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดขึ้นมาอีกหลายวิธี ภายใต้แนวคิดหลัก 3 แนวคิด ได้แก่ (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 278-292)

2.6.3.1 การวัดความคงที่ เป็นการหาความเชื่อมั่นจากการสอบซ้ำ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบครั้งแรกและครั้งที่สอง ที่ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดิม ด้วยเครื่องมือฉบับเดิม โดยทิ้งช่วงระยะห่างในการสอบทั้งสองครั้งพอประมาณเพื่อให้ผู้สอบจำข้อสอบไม่ได้ และไม่ให้เรียนรู้เพิ่มเติม จากนั้นนำคะแนนมาหาค่าสัมประสิทธิ์ของความคงที่ของคะแนนการสอบซ้ำ

2.6.3.2 การวัดการสมมูลกัน เพื่อแก้ปัญหาการสอบซ้ำ จึงใช้เครื่องมือสองฉบับที่คล้ายกันหรือคู่ขนานกันมาใช้แทน โดยข้อคำถามของแบบทดสอบทั้งสองฉบับ มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่สมมูลกัน คือมีจำนวนข้อเท่ากัน วัดในเรื่องเดียวกันและมีค่าสถิติของข้อสอบแต่ละคู่เท่ากัน นำมาทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างหนึ่งในเวลาเดียวกัน จากนั้นนำคะแนนจากแบบสอบสองฉบับมาหาความสัมพันธ์กัน

2.6.3.3 การวัดความสอดคล้องภายใน (Measure of Internal Consistency) เป็นการประมาณค่าความเชื่อมั่นจากการทดลองใช้เครื่องมือเพียงครั้งเดียว ด้วยแบบวัดฉบับเดียว และวัดกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว แนวคิดการวัดความสอดคล้องภายในนี้พัฒนามาจากการวัดความสมมูลกัน โดยมีความเชื่อว่า เมื่อเครื่องมือวัดในสิ่งเดียวกัน และสร้างข้อคำถามให้มีลักษณะสมมูลกัน การแบ่งครึ่งเครื่องมือหรือแบบวัดออกเป็นสองส่วนก็จะเหมือนกับแบบวัดคู่ขนาน ทำให้เกิดการหาความเชื่อมั่นด้วยวิธีแบ่งครึ่งข้อสอบขึ้น ต่อจากนั้นก็ยังขยายแนวคิดออกไปอีกว่า หากข้อคำถามมีลักษณะสมมูลกัน การทำข้อสอบแต่ละข้อก็เหมือนกับการวัดหนึ่งครั้ง หากมีข้อคำถามจำนวน k ข้อ ก็เหมือนการวัดซ้ำจำนวน k ครั้ง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการวัดทุกข้อคำถามในแบบวัด จึงน่าจะบอกความเชื่อมั่นของแบบวัดได้ ดังนั้นการพิจารณาความสอดคล้องภายในของแบบวัด หรือความเป็นเอกพันธุ์ จึงเป็นการหาความเชื่อมั่นแบบหนึ่ง ซึ่งมีอยู่หลายวิธีดังนี้

1) วิธีแบ่งครึ่งข้อสอบ (Split-half Methods) เป็นการนำเครื่องมือที่ต้องการหาค่าความเชื่อมั่นไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง และนำมาตรวจให้คะแนน แล้วจึงแบ่งคะแนนรวมออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นนำคะแนนทั้งสองส่วนไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันซึ่งจะได้ค่าความเชื่อมั่นเพียงครึ่งฉบับ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับขยายให้ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ

2) วิธีของ Kuder-Richardson (Kuder-Richardson Methods)

3) วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's Alpha Coefficient Method)

4) วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hoyt (Hoyt's Analysis of Variance)

5) วิธีวิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของ Livingston (Livingston's Method)

6) วิธีวิเคราะห์ความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของ Lovett (Lovett's Method)

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือวัดที่แสดงให้ทราบว่าเครื่องมือนั้น ๆ ให้ผลการวัดที่คงที่ไม่ว่าจะใช้วัดกับกลุ่มกี่ครั้งก็ตาม ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ได้หาค่าความ

เชื่อมั่นของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ แบบอิงกลุ่ม โดยใช้สูตร KR-20 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอิงเกณฑ์ โดยใช้วิธีของ Lovett (Lovett's Method)

2.6.4 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรง หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือในการวัดสิ่งที่ต้องการจะวัด หรือความสอดคล้อง เหมาะสมของผลการวัดกับเนื้อเรื่อง หรือเกณฑ์ หรือทฤษฎีเกี่ยวกับลักษณะที่มุ่งวัด ความเที่ยงตรงจึงถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกประเภท เพราะเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านความถูกต้องของผลที่ได้จากการวัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ความเที่ยงตรงเป็นความใกล้เคียงกันระหว่างค่าที่วัดได้กับค่าที่แท้จริง ถ้าค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงเพียงใดก็ถือว่าการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเพียงนั้น ความเที่ยงตรงของเครื่องมือจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 266)

2.6.4.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาที่จะวัด หรือเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าเนื้อหาของเครื่องมือหรือเนื้อหาของข้อคำถามวัดได้ตรงตามเนื้อหาของเรื่องที่ต้องการวัด ดังนั้นประเด็นสำคัญของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอยู่ที่การเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่เป็นตัวแทนของมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัด ว่าเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดและมีความเพียงพอต่อการวัดเนื้อเรื่องนั้นหรือไม่ การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจึงอาศัยกระบวนการตรวจสอบโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เป็นอิสระจากกัน ช่วยพิจารณาตัวอย่างเนื้อเรื่องในเครื่องมือวัดว่ามีขอบเขตที่ครอบคลุมและเป็นตัวแทนมวลเนื้อเรื่องที่ต้องการวัดเพียงใด

การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหากรณีแบบทดสอบ พิจารณาจากความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือตัวชี้วัดกับข้อคำถามที่สร้างขึ้น ดัชนีนี้เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยแปลงระดับความสอดคล้องเป็นคะแนนดังนี้

สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	+1
ไม่แน่ใจ	มีคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	-1

และหาดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) ได้จาก

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง

R แทน คะแนนความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้อง

2.6.4.2 ความเที่ยงตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-related Validity) เป็นความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างคะแนนจากเครื่องมือวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับเกณฑ์ภายนอกที่สามารถใช้วัดคุณลักษณะที่ต้องการนั้นได้ เกณฑ์ภายนอกนี้อาจเป็นคะแนนจากแบบวัดอื่น หรือวิธีการอื่น ๆ ที่วัดสภาพปัจจุบันหรือสภาพในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างได้ตรงตามคุณลักษณะที่ต้องการวัด

2.6.4.3 ความเที่ยงตรงเชิงทฤษฎีหรือความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามขอบเขต หรือครบตามคุณลักษณะย่อย ๆ ของสิ่งที่ต้องการวัดที่ระบุไว้ในทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะนั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะหรือตัวแปรแฝงที่มีการนิยามเชิงทฤษฎี เช่น เชาวน์ปัญญา เจตคติ ความเชื่อ ค่านิยม เชาวน์อารมณ์ เป็นต้น โดยคุณลักษณะเหล่านี้สังเกตโดยตรงไม่ได้ จะสังเกตได้เฉพาะผลที่เกิดขึ้นเท่านั้น

จากข้อความข้างต้นสรุปได้ว่า ความเที่ยงตรง หมายถึง คุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ของการวัด ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

สุรัสวดี ปะกิระเค (2561, น. 81) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผมสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีค่าเท่ากับ 76.51 และ 78.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 2) คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กชามาส จันทร์สกุล (2562, น. 95) ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางความคิด 2) วัดผลการเรียนรู้ และ 3) วัดความพึงพอใจของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องการแบ่งเซลล์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนร้อยละ 58.01 สามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสร้างคำอธิบายจากแบบจำลองได้ถูกต้อง 2) นักเรียนในระดับชั้นนี้มีผล การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Normalized Gain <g>) เท่ากับ 0.38 โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (64.52%) มีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นในระดับ “ปานกลาง” 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับ “พึงพอใจมาก” โดยมีค่าเฉลี่ยจากแบบประเมินความ พึงพอใจเท่ากับ 4.26 สอดคล้องกับ

ผลจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ นักเรียนร้อยละ 51.61 มีความพึงพอใจ “มาก” ต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ปรีญานันต์ นวลจันทร์ (2563, น. 79) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และ 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 4) ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ (2563, น. 160) ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติและเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างนีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นิตยา ทันใจ และคณะ (2564, น. 31-47) ศึกษาการใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 3 ผลวิจัยพบว่าหลังเรียนโดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 1) นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 91.83) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 25.36 ± 3.27 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 (24 คะแนน) และมีคะแนนร้อยละของพัฒนาการของคะแนนเท่ากับ 76.55 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงมาก และ 2) นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.42) มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์เฉลี่ยเท่ากับ 25.97 ± 1.48 คะแนน ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 (24 คะแนน) และมีคะแนนร้อยละพัฒนาการของคะแนนดังกล่าวเท่ากับ 78.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงมาก

ฐาปนีย์ แสนใจ และคณะ (2566, น. 181-190) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย ได้แก่ 1) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์ และการทำงานของเซลล์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์ และการทำงานของเซลล์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์ และการทำงานของเซลล์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.46/92.14 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ มีการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์ และการทำงานของเซลล์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้ (2566, น. 465-480) ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ โดยเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากที่สุดในด้านความสามารถในการอุปนัย และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณน้อยที่สุดในด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พลอยศิริ พุทธรักษา (2566, น. 1-161) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสงที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม โดยมีวัตถุประสงค์

เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิเชษฐ โพธิ์สะ และวิษณุ สุทธิวรรณ (2567, น. 142-154) ศึกษาการส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะและแบบจำลองเป็นฐาน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะและแบบจำลองเป็นฐาน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลองหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Baze (2017, pp. 1-110) ได้ทำวิจัยแบบทดลองการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ต่อความเข้าใจความคิดรวบยอด และความสนใจในวิทยาศาสตร์ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 คนแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการ ประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ การเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณด้วยแบบทดสอบแบบปรนัย ส่วนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียน ผลจากการสำรวจขั้นต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่ได้ส่งผลทางลบต่อความเข้าใจความคิดรวบยอดและนักศึกษาเห็นคุณค่าของการฝึกฝนในทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในการนำมาใช้อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าเดิม

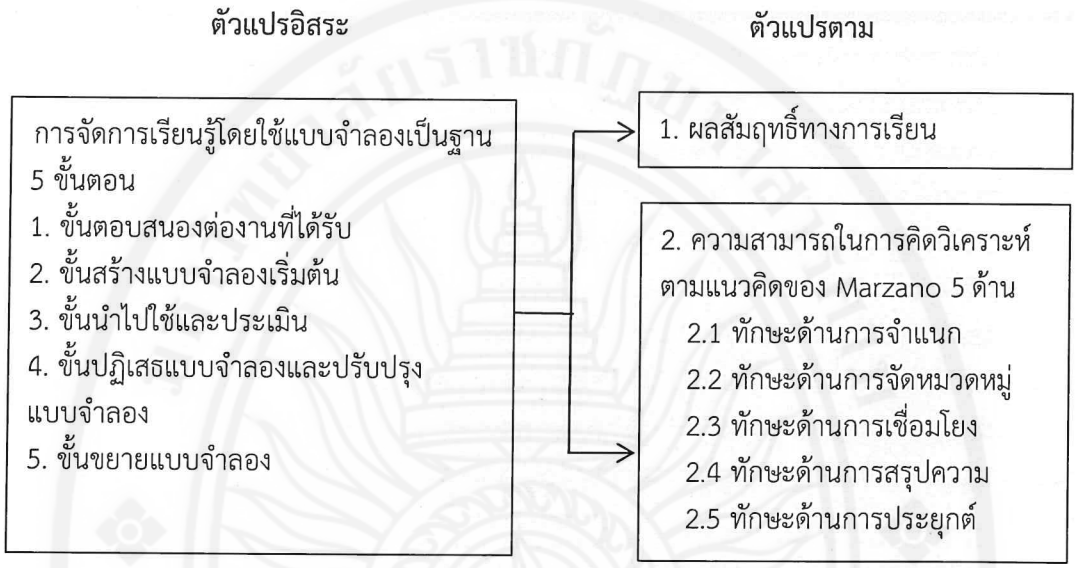
Moutinho, et al. (2017, pp. 3043–3068) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการแบบจำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพแบบจำลองคอมพิวเตอร์และแบบจำลองผสมผสานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง ภัยธรรมชาติตลอดจนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างมีความหมายในระดับบัณฑิตศึกษา โดยมีเครื่องมือวิจัย ดังนี้ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์พัฒนาการแบบจำลองทางความคิดของนักศึกษา โดยเป็นข้อคำถามแบบ 2 ชั้น จำนวน 15 ข้อ แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 6 คำถาม แต่ละคำถามจะมี 2 คำตอบ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างใช้ในการสอบถามเมื่อคำตอบมีความคลุมเครือ ผลวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภทต่าง ๆ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และจากการวิเคราะห์แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักศึกษามีการพัฒนาของแบบจำลองทางความคิดสูงขึ้น

Mierdel and Bogner (2019, pp. 1-18) ได้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้แบบจำลอง 2 รูปแบบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ การสร้างแบบจำลอง กับการดูแบบจำลอง ต่อความเข้าใจโครงสร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งจะทำการทดสอบนักเรียน 3 ส่วน คือ 1) การให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายของนักเรียน 2) ความเข้าใจแบบจำลองที่เป็นแบบจำลองที่แท้จริง 3) ความเข้าใจในธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 293 คน วิธีการศึกษาขั้นที่ 1 นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากคำถามที่นักเรียนสนใจ ขั้นที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) สร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ และ 2) ศึกษาแบบจำลองดีเอ็นเอจากการดูโครงสร้างดีเอ็นเอที่มีอยู่แล้ว ขั้นที่ 3 ประเมินแบบจำลองของตนเอง โดยการใช้คำถามปลายเปิด และการชี้บอกชื่อของส่วนประกอบของโครงสร้าง ขั้นที่ 4 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลในหนังสือ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีการโต้แย้งจนนำไปสู่ความหลากหลายของโครงสร้างของดีเอ็นเอ (ในกลุ่มที่สร้าง ร้อยละ 36.3 และกลุ่มที่ดูโครงสร้างดีเอ็นเอ ร้อยละ 41.1 และความเข้าใจแบบจำลองที่แท้จริงของนักเรียนลดลง และความเข้าใจธรรมชาติในการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองมีการเพิ่มขึ้น

Lang, et al. (2021, pp. 1-15) ได้ศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองในวิชาเคมีรูปแบบใหม่โดยการผสมผสานมุมมองทางชีววิทยาและคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งความสามารถดังกล่าวออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ สมรรถนะด้านแบบจำลอง (Model Competence) ที่เน้นที่ความเข้าใจเชิงแนวคิด และสมรรถนะด้านการสร้างแบบจำลอง (Modelling Competence) ที่เน้นที่กระบวนการปฏิบัติ โดยออกแบบกิจกรรมพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองให้เหมาะสมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน กระบวนการนี้จะคำนึงถึงทั้งความซับซ้อนของการสร้างแบบจำลอง และทัศนคติของนักเรียน โดยการชี้แนะเป็นรายบุคคลตามบริบทการเรียนรู้ของแต่ละคน กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักศึกษาจำนวน 56 คน และครูจำนวน 42 คน รวมทั้งสิ้น 98 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่าความสามารถทางปัญญาของนักเรียนมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับความซับซ้อนของกระบวนการสร้างแบบจำลองสามารถเพิ่มขึ้นได้ควบคู่กัน และสามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังนั้น การส่งเสริมความสามารถด้านการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของ “หลักสูตรแบบเกลียว” (Spiral Curriculum) จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและเห็นได้อย่างชัดเจนจากผลการสำรวจในครั้งนี้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีผลทำให้นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์เพิ่มเติม เนื่องจากเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

2.8 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้ศึกษาวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 7 ห้อง รวม 270 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 31 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 3 ชนิด

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 15 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1.1 โครงสร้างของเซลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง
3.2.1.2 หน้าที่ของออแกเนลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง
3.2.1.3 การลำเลียงสารของเซลล์ จำนวน 3 ชั่วโมง
3.2.1.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จำนวน 3 ชั่วโมง
3.2.1.5 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวน 3 ชั่วโมง

3.2.2 แบบวัดการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ตามแนวคิดของ Marzano ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ทักษะด้านการจำแนก ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่ ทักษะด้านการเชื่อมโยง ทักษะด้านการสรุปความ และทักษะด้านการประยุกต์

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร เนื้อหา เกี่ยวกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการสร้าง ดังนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระวิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 ชีววิทยา มาตรฐาน ว 5.1 ขอบข่ายเนื้อหา การวัดและประเมินผลศึกษาและศึกษาแนวคิดการจัดแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ หลักสูตร เนื้อหา และผลการเรียนรู้

3.3.1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร โดยศึกษาโครงสร้างรายวิชา คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และเวลาในการจัดการเรียนรู้เพื่อการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.3.1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์แนวทางในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3.3.1.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ การวัดผลการคิดวิเคราะห์ และเวลาในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ครอบคลุมทุกหน่วยการเรียนรู้และผลการเรียนรู้วิเคราะห์ได้จำนวน 5 แผนการเรียนรู้รวม 15 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ การวัดผลการคิดวิเคราะห์ และเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	แบบจำลอง	การวัดผลการคิดวิเคราะห์	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1. โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์)	1. อธิบายโครงสร้าง และบอกหน้าที่และหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (K) 2. สร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model ได้ (P) 3. คิดวิเคราะห์การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดตามแนวคิดของ Marzano เกี่ยวกับส่วนประกอบของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model ได้ (P) 4. มีความรับผิดชอบคิดไตร่ตรองมีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)	แบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก	- การนำเสนอแบบจำลอง - ใบกิจกรรมเรื่อง การสร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก	3

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	แบบจำลอง	การวัดผลการคิดวิเคราะห์	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
2. โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ออร์แกเนลล์และนิวเคลียส)	1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ 2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	1. อธิบายโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (K) 2. บอกส่วนประกอบของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (K) 3. สร้างแบบจำลองเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (P) 4. คิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของ Marzano เพื่อวัดการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับโครงสร้างของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (P) 5. มีความรับผิดชอบ คิดไตร่ตรอง มีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)	แบบจำลองโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	- การนำเสนอแบบจำลอง - ใบกิจกรรมเรื่อง การสร้างแบบจำลองโครงสร้างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	3

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	แบบจำลอง	การวัดผลการคิดวิเคราะห์	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
3. การลำเลียงสารผ่านเซลล์	1. อธิบาย และเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต 2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	1. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ตได้ (K) 2. อธิบายการลำเลียงสารโดยการสร้างเวสิเคิลได้ (K) 3. สร้างแบบจำลองการลำเลียงสารผ่านเซลล์ได้ (P) 4. คิดวิเคราะห์โดยการจัดกลุ่มตามแนวคิดของ Marzano เกี่ยวกับส่วนประกอบของการลำเลียงสารผ่านเซลล์ได้ (P) 5. มีความรับผิดชอบ คิดไตร่ตรอง มีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)	แบบจำลองการลำเลียงสารผ่านเซลล์	- การนำเสนอแบบจำลอง - ใบกิจกรรมเรื่อง การสร้างแบบจำลองการลำเลียงสารผ่านเซลล์	3

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	แบบจำลอง	การวัดผลการคิดวิเคราะห์	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
4. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1. ระบุชนิดของการแบ่งเซลล์และบอกความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส 2. อธิบายความหมายของฮอมอโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยเซลล์แฮพลอยด์ 3. อธิบายวัฏจักรเซลล์ 4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 5. อธิบายและเปรียบเทียบเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ที่ได้จากการแบ่งแบบไมโทซิสและไมโอซิส	1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ (K) 2. สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ (P) 3. คิดวิเคราะห์โดยการจับคู่ตามแนวคิดของ Marzano เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ (P) 4. มีความรับผิดชอบคิดไตร่ตรองมีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)	แบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	- การนำเสนอแบบจำลอง - ใบกิจกรรมเรื่อง การสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	3

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	แบบจำลอง	การวัดผลการคิดวิเคราะห์	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
5. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	1. ระบุชนิดของการแบ่งเซลล์และบอกความสำคัญของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส 2. อธิบายความหมายของฮอมอโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอย เซลล์แฮพลอยด์ 3. อธิบายวัฏจักรเซลล์ 4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 5. อธิบายและเปรียบเทียบเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ที่ได้จากการแบ่งแบบไมโทซิสและไมโอซิส	1. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ (K) 2. สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ (P) 3. คิดวิเคราะห์โดยการสรุปเป็นหลักเกณฑ์เฉพาะตามแนวคิดของ Marzano เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ (P) 4. มีความรับผิดชอบ คิดไตร่ตรอง มีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)	แบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	- การนำเสนอแบบจำลอง - ใบกิจกรรม เรื่อง การสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	3.0

3.3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลา 15 ชั่วโมง ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่างให้นักเรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบบรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2) ครูมอบหมายให้นักเรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Models) กำหนดให้มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไปให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์ เช่น ดินน้ำมันมาด้วยตนเอง

3) การนำไปใช้และประเมินแบบจำลอง นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าชั้นเรียน ขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น จากนั้นนักเรียนประเมินแบบจำลองของตนเองว่ามีข้อดี ข้อเสีย หรือมีจุดบกพร่องในเรื่องใดบ้าง

4) การปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงความสอดคล้องของแบบจำลองกับเนื้อหาได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5) การขยายแบบจำลอง ครูผู้สอนนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่ตนเองทำมาอย่างไรผ่าน แบบจำลองเชิงภาพ (Verbal Models)

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบและแนะนำ ได้แก่ แก้ไขคำผิด ปรับเปลี่ยนเวลาที่ใช้สอนในแต่ละแผนให้เข้ากับเนื้อหาในการสอน และแก้ไขใบกิจกรรมให้เหมาะสมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

8) สร้างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อยที่สุด ตามวิธีของ Likert (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103-106) โดยเกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

5 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
4 คะแนน หมายถึง เหมาะสมมาก
3 คะแนน หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
2 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อย
1 คะแนน หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ซึ่งระดับความเหมาะสมต้องได้ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป จึงถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 102-103) โดยเกณฑ์การแปลผล เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

9.1) รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

9.2) รองศาสตราจารย์ว่าที่ ร.ต.ดร.อรัญ ซุยกระเดื่อง กศ.ด. (วิจัยและประเมินผล) อาจารย์ประจำคณะคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมินผล

9.3) นางประภัสศรี ภิรมย์ กศ.ม. (ชีววิทยา) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอน

โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ มีค่าเฉลี่ยดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ค)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 ($S.D.$=0.58) อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ($S.D.$=0.59) อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ($S.D.$=0.59) อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 ($S.D.$=0.58) อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ($S.D.$=0.58) อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ ปรับปรุงรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนเพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ในแต่ละข้อของแผนการจัดการเรียนรู้

11) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาจัดพิมพ์เป็นเครื่องมือในการวิจัย เพื่อนำไปใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 31 คน ที่เรียนภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง

3.3.2 แบบวัดการคิดวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร เนื้อหา เพื่อสร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และศึกษาหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์ของกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.3.2.2 ศึกษาทฤษฎีการคิดวิเคราะห์และวิธีประเมินผลการคิดวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์

3.3.2.3 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัยจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.2.4 สร้างแบบวัดการคิดวิเคราะห์ให้ครอบคลุมการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ได้แก่ การจำแนก การจัดหมวดหมู่ การเชื่อมโยง การสรุปความ และการประยุกต์ ตามแนวคิดของ Marzano แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนคือตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนข้อคำถามที่สร้างและใช้จริง

ด้าน	สร้าง	ใช้จริง
1. ทักษะด้านการจำแนก	10	6
2. ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่	10	6
3. ทักษะด้านการเชื่อมโยง	10	6
4. ทักษะด้านการสรุปความ	10	6
5. ทักษะด้านการประยุกต์	10	6
รวม	50	30

3.3.2.5 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ จำนวน 50 ข้อ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา และการจัดประเภทของคำถาม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ได้แก่ แก้ไขคำผิด และแก้ไขคำถามให้สอดคล้องกับประเภทของการคิดวิเคราะห์

3.3.2.6 นำแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 พิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano (IOC: Item–Objective Congruence Index) ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1) รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) รองศาสตราจารย์ว่าที่ ร.ต.ดร.อรัญ ซุยกระเดื่อง กศ.ด. (วิจัยและประเมินผล) อาจารย์ประจำคณะคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมิน

3) นางประภัสศรี ภิรมย์ กศ.ม. (ชีววิทยา) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอน

โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินความสอดคล้องเป็นคะแนนดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 269)

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดคล้องตามทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดคล้องตามทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano

ให้คะแนน-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่สอดคล้องตามทฤษฎีการคิดวิเคราะห์ของ Marzano

3.3.2.7 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง โดยเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 297) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ภาคผนวก ค.6) จากนั้นปรับปรุงแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ เปลี่ยนรูปแบบประโยคของข้อคำถามไม่ใช้คำถามตรง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์

3.3.2.8 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ผ่านปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เพื่อปรับปรุงเนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.2.9 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ จำนวน 50 ข้อ มาตรวจให้คะแนน และนำคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าความยากรายข้อ (p) และหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์แบบอิงกลุ่มด้วยเทคนิคร้อยละ 50 (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 300) จากนั้นคัดเลือกแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ 30 ข้อ พบว่ามีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.33-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.73 (ภาคผนวก ค.8)

3.3.2.10 นำแบบวัดการคิดวิเคราะห์ที่คัดเลือกไว้ จำนวน 30 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของ Kuder-Richardson (KR-20) โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 297) พบว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มีค่าความเชื่อมั่นยอมรับได้ มีค่าเท่ากับ 0.85 (ภาคผนวก ค.10)

3.3.2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เป็นแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ฉบับจริง จำนวน 30 ข้อ เพื่อใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 31 คน

3.3.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.3.3.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง

ในจังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยศึกษาเนื้อหาที่จะใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อที่จะนำมาเนื้อหามาจัดทำข้อสอบให้สอดคล้องกัน

3.3.3.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3.3 กำหนดจำนวนข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ต้องการใช้จริง จำนวน 40 ข้อ แล้วทำการเขียนข้อสอบ ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนคือตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เพื่อทำการสร้างแบบทดสอบ

ผลการเรียนรู้	ความรู้-ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		ประเมินค่า		จำนวนข้อสอบ	
	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	3	2	0	0	0	0	0	0	1	1	4	3
12. สืบค้นข้อมูลอธิบายและระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์	2	1	6	5	3	2	7	6	4	3	22	17
13. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส	3	3	0	0	1	1	0	0	0	0	4	4

(ต่อ)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	ความรู้-ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		ประเมินค่า		จำนวนข้อสอบ	
	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
14. อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทต และแอกทีฟทรานสปอร์ต	0	0	4	3	2	1	2	1	4	3	12	8
15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกโซไซโทซิส และการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซิส	1	1	0	0	3	3	1	1	0	0	5	5

(ต่อ)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	ความรู้-ความจำ		ความเข้าใจ		นำไปใช้		วิเคราะห์		ประเมินค่า		จำนวนข้อสอบ	
	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง
16. สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส จากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	3	3
รวม	10	8	10	8	10	8	10	8	10	8	50	40

3.3.3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา และการจัดประเภทของคำถาม แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ได้แก่ แก้ไขคำผิด และแก้ไขคำถามให้สอดคล้องกับประเภทจุดประสงค์ทางการศึกษาด้านพุทธพิสัย

3.3.3.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถาม ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1) รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2) รองศาสตราจารย์ว่าที่ ร.ต.ดร.อรัญ ซุยกระเด
อาจารย์ประจำคณะคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารค
การประเมิน

3) นางประภัสศรี ภิรมย์ กศ.ม. (ชีววิทยา) ครูวิท
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนยางตลาดวิ
และการสอน

โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินความสอดคล้องเป็นคะแนน
ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดคล้อ
ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้สอดค
ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่สอดค

3.3.3.6 นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อค
ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาดัชนีความสอดคล้อง เกณฑ์ที่ใช้ใน
ดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 269
มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ภาคผนวก ค.11) และปรับปรุงแบบทด
ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ปรับเปลี่ยนรูปแบบประโยคของข้อ

3.3.3.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่า
(Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นม
ใหญ่พิเศษ ในอำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1
เนื้อหา ภาษา ข้อคำถาม และเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.3.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำ
และนำคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าความยากรายข้อ (p) และหาค่าอำนา
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ด้วยวิธีของ Brennan (ไพศ
จากนั้นคัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 40 ข้อ ที่มีค่า
0.73 และมีค่าค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.22-0.49 (ภาคผนวก

3.3.3.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเ
ความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของ Lovett โดยกำหนดค่าค
(ไพศาล วรคำ, 2566, น. 297) พบว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มีค่
0.94 (ภาคผนวก ค.14)

3.3.3.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรีย
เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับจริง จำนวน 40 ข้
ตัวอย่าง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จ

3.4

แบบวิ
Desig

ตารา

การคิด
ปีที่ 4

การปร

แบบท
วัดการ

แบบวัด

3.5 การวิเคร

ผู้วิจัยได้ทำ

3.5.1 นำค

สถิติ Normalized

ในการจำแนกการ

<g> ม

<g> ระ

<g> น้

3.5.2 เปรีย

นำผลคะแนนมาเท

3.6 สถิติที่ใช้ใ

3.6.1 สถิติ

3.6.

3.6.1

2566, น. 325) ดัง

เมื่

3.6.1.3 ร้อย

เมื่อ

3.6.2 สถิติที่ใช้ใน

3.6.2.1 หา

ัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Objective Congruence

สอดคล้อ

ไม่แน่ใจ

ไม่สอดค

และหาดัชนี

เมื่อ

3.6.2.2 หาค่

ดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็

เมื่อ

3.6.2.3 หาค่าอำนาจ
ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ โดยใ

เมื่อ r
f_H
f_L
n_H, n_L
n

3.6.2.4 หาค่าอำนา
สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของ B

เมื่อ B แ
fp แ
fF แ
np แ
nf แ

3.6.2.5 หาค่าความเชื่อ
สูตร KR-20 (ไพศาล วรคำ, 2566, น.

$$KR$$

เมื่อ $KR-20$ แ
k แ
p_i แ
q_i แ
S_t^2 แ

3.6.2.6 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) แบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของ Lovett (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 292) ดังนี้

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2} \quad (3\text{-}9)$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

k แทน จำนวนข้อสอบ

c แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด

x แทน คะแนนรวมของผู้เข้าสอบแต่ละคน

3.6.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.3.1 จำแนกระดับความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนโดยใช้สูตร Normalized Gain <g> ตามแนวคิดของ Hake (1998, อ้างถึงใน อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556, น. 15)

<g> = (% Post-Test) - (% Pre-Test) / (100 %) - (% Pre-Test) (3-10)

เมื่อ <g> แทน ค่า Normalized Gain

% Post-Test แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นร้อยละ

% Pre-Test แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นร้อยละ

3.6.3.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สูตร One-Sample t-test (ไพศาล วรคำ, 2566, น. 349)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad df = n - 1 \quad (3\text{-}11)$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าคงที่หรือค่าเฉลี่ยของประชากรที่ต้องการเปรียบเทียบ

s แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (จำนวนนักเรียน)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัย ตามลำดับดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	แทน	คะแนนค่าเฉลี่ย
$S.D.$	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
%	แทน	ร้อยละ
<g>	แทน	ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Normalized Gain)
t	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้ในการพิจารณา One Sample t-test
df	แทน	ชั้นของความอิสระ (Degree of Freedom)
Sig.	แทน	ค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ในการปฏิเสธหรือยอมรับ H_0

4.2 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.2.1 ผลการศึกษาการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 ผลการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้และหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ด้วยแบบทดสอบ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 100 วัดทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำแนก ด้านการจัดหมวดหมู่ ด้านการเชื่อมโยง ด้านการสรุปความ และด้านการประยุกต์ เมื่อนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Normalized Gain <g> โดยแบ่งเป็นความก้าวหน้าผลการคิดวิเคราะห์รายบุคคล และความก้าวหน้าผลการคิดวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบรายด้าน ดังตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความก้าวหน้าผลการคิดวิเคราะห์รายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

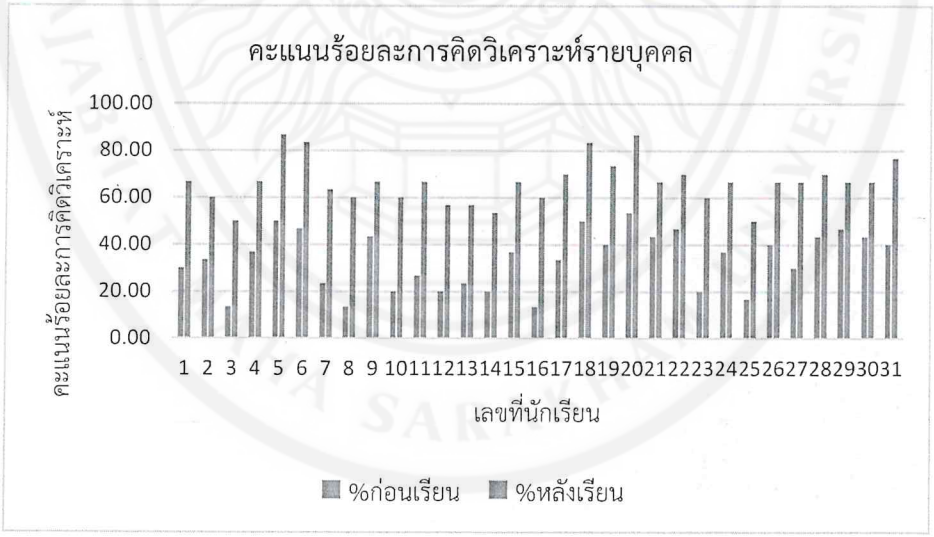
ลำดับที่	คะแนนสอบ 30 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ)		<g>	ระดับ
	ก่อน (N = 31)	หลัง (N = 31)		
1	30.00	66.67	0.52	ปานกลาง
2	33.33	60.00	0.40	ปานกลาง
3	13.33	50.00	0.42	ปานกลาง
4	36.67	66.67	0.47	ปานกลาง
5	50.00	86.67	0.73	สูง
6	46.67	83.33	0.69	ปานกลาง
7	23.33	63.33	0.52	ปานกลาง
8	13.33	60.00	0.54	ปานกลาง
9	43.33	66.67	0.41	ปานกลาง
10	20.00	60.00	0.50	ปานกลาง
11	26.67	66.67	0.55	ปานกลาง
12	20.00	56.67	0.46	ปานกลาง
13	23.33	56.67	0.43	ปานกลาง
14	20.00	53.33	0.42	ปานกลาง
15	36.67	66.67	0.47	ปานกลาง
16	13.33	60.00	0.54	ปานกลาง
17	33.33	70.00	0.55	ปานกลาง
18	50.00	83.33	0.67	ปานกลาง
19	40.00	73.33	0.56	ปานกลาง
20	53.33	86.67	0.71	สูง
21	43.33	66.67	0.41	ปานกลาง
22	46.67	70.00	0.44	ปานกลาง

(ต่อ)

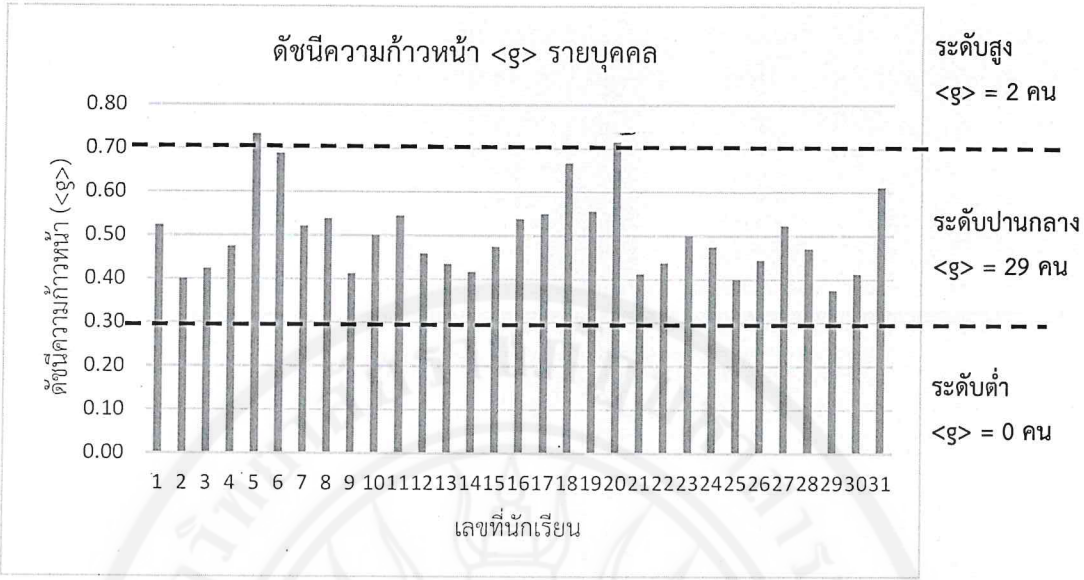
ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ลำดับที่	คะแนนสอบ 30 คะแนน (คิดเป็นร้อยละ)		<g>	ระดับ
	ก่อน (N = 31)	หลัง (N = 31)		
23	20.00	60.00	0.50	ปานกลาง
24	36.67	66.67	0.47	ปานกลาง
25	16.67	50.00	0.40	ปานกลาง
26	40.00	66.67	0.44	ปานกลาง
27	30.00	66.67	0.52	ปานกลาง
28	43.33	70.00	0.47	ปานกลาง
29	46.67	66.67	0.38	ปานกลาง
30	43.33	66.67	0.41	ปานกลาง
31	40.00	76.67	0.61	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	33.33	66.56	0.50	ปานกลาง

เมื่อวิเคราะห์ ความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์รายบุคคลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนนโดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (Normalized Gain: <g>) และแบ่งความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ พบว่า นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 และระดับปานกลาง จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 93.55 ตามลำดับ และเมื่อหาค่าเฉลี่ย <g> จากกลุ่มตัวอย่างพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบคะแนนร้อยละของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนรายบุคคล

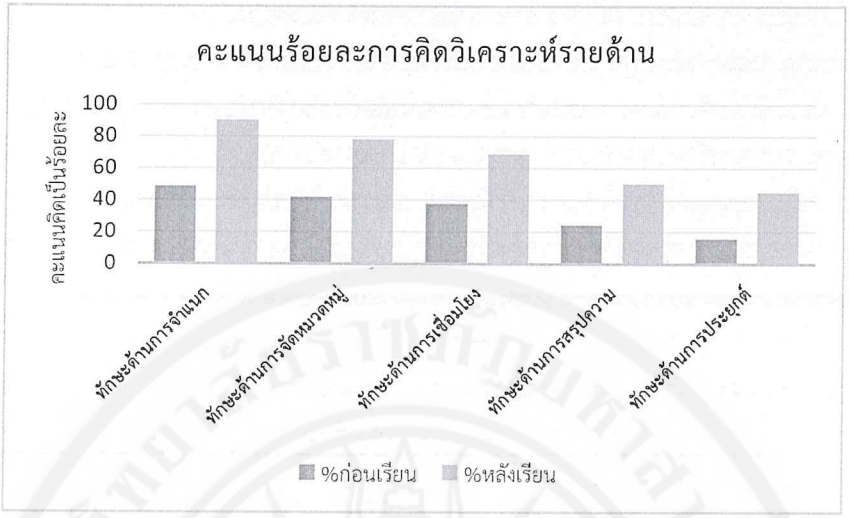


ภาพที่ 4.2 ดัชนีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นรายบุคคล

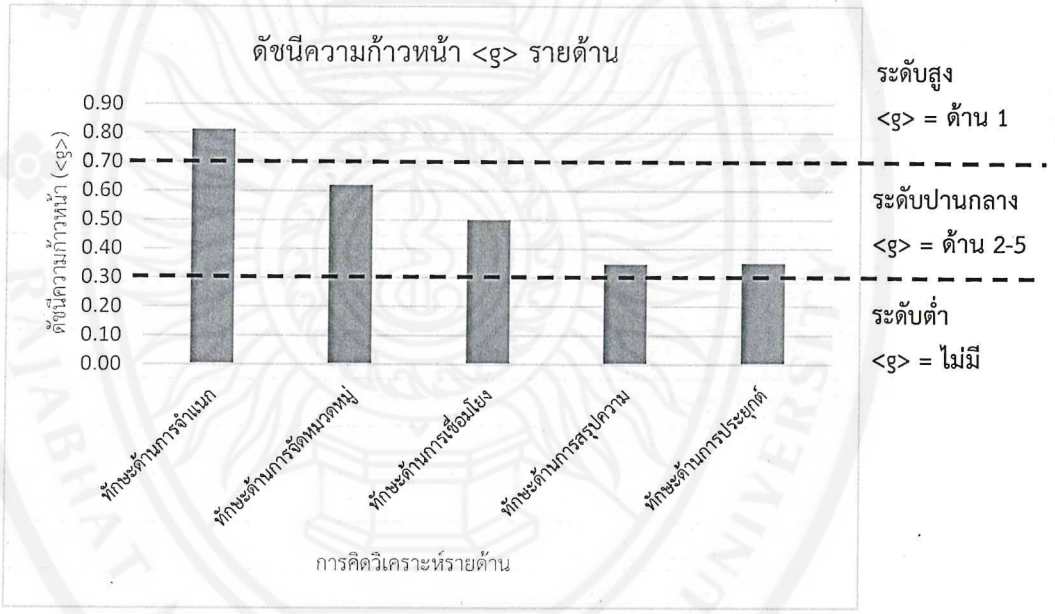
ตารางที่ 4.2 ความก้าวหน้าผลการคิดวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบรายด้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ประเด็นการคิดวิเคราะห์รายด้าน (ด้านละ 6 คะแนน)	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก (%)		<g>	ระดับ
	ก่อน (N = 31)	หลัง (N = 31)		
1. ทักษะด้านการจำแนก	48.39	90.32	0.81	สูง
2. ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่	41.94	77.96	0.62	ปานกลาง
3. ทักษะด้านการเชื่อมโยง	37.63	68.82	0.50	ปานกลาง
4. ทักษะด้านการสรุปความ	24.19	50.54	0.35	ปานกลาง
5. ทักษะด้านการประยุกต์	15.59	45.16	0.35	ปานกลาง

เมื่อวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์รายด้านของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน โดยการหาค่าดัชนีความก้าวหน้า (Normalized Gain: <g>) และแบ่งความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้าน ออกเป็น 3 ระดับ พบว่า ทักษะด้านการจำแนก นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับสูง ทักษะด้านการจัดหมวดหมู่ ทักษะด้านการเชื่อมโยง ทักษะด้านการสรุปความ และทักษะด้านการประยุกต์ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.3 คะแนนร้อยละของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบรายด้าน



ภาพที่ 4.4 ดัชนีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นรายด้าน

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และนำคะแนนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย หลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์

ด้วยแบบทดสอบ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ วัดทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ และด้านประเมินค่า เมื่อนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐาน One-Sample t-test เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบหลังเรียนรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

N	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ 70	$\overline{X}$	$S.D.$	df	t-test
31	40	78.08	31.23	2.247	30	7.994*

หมายเหตุ. *มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.3 จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งหมด 40 คะแนน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 หรือคิดเป็น 28 คะแนน พบว่านักเรียนจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.08 เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติ One-Sample t-test พบว่าผลการทดสอบทีมีค่าเท่ากับ 7.994 นั่นคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ได้เสนอการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์การทำวิจัย
2. สรุป
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์การทำวิจัย

5.1.1 เพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70

5.2 สรุป

การวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้สรุปผลการวิจัยดังนี้

5.2.1 จากการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 31 คน พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์รายบุคคลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ของการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนอยู่ที่ 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 33.33 และการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.97 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.56 การวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain <g> พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์รายบุคคลอยู่ในระดับสูง (<g> มากกว่า 0.70) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 และอยู่ในระดับปานกลาง (<g> ระหว่าง 0.30-0.70) จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 93.55 อยู่ใน ตามลำดับ ผลการหาค่า Normalized Gain <g> พบว่าไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับต่ำ ค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์คิดเป็น 0.50 ซึ่งสรุปได้ว่านักเรียนมีความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาค่าความก้าวหน้า

การคิดวิเคราะห์รายด้านพบว่า ค่า <g> ในด้านทักษะการจำแนก มีค่าความก้าวหน้า เท่ากับ 0.81 อยู่ในระดับสูง (<g> มากกว่า 0.70) ด้านทักษะการจัดหมวดหมู่ เท่ากับ 0.62 ด้านทักษะการเชื่อมโยง เท่ากับ 0.50 ด้านทักษะการสรุปความ เท่ากับ 0.35 ด้านทักษะการประยุกต์ เท่ากับ 0.35 อยู่ในระดับปานกลาง (<g> ระหว่าง 0.30-0.70) ผลลัพธ์นี้สะท้อนให้เห็นถึงความมีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการช่วยพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนและนำไปประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวันได้

5.2.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 31.23 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ One-Sample t-test พบว่าได้ค่า t-test เท่ากับ 7.994 นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถช่วยยกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้

5.3 อภิปรายผล

5.3.1 จากการศึกษาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าการคิดวิเคราะห์รายบุคคลก่อนเรียนของนักเรียนทั้งหมด 31 คน มีคะแนนการคิดวิเคราะห์ทั้ง 5 ด้านตามแนวคิดของ Marzano (2001, อ้างถึงใน ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2553, น. 59) มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.33 และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าคะแนนการคิดวิเคราะห์หลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 66.56 เมื่อนำมาหาค่า Normalized Gain <g> พบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าของการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับปานกลาง 29 คน และระดับสูง 2 คน ตามลำดับ และความก้าวหน้าการคิดวิเคราะห์รายด้าน เมื่อนำมาหาค่า Normalized Gain <g> พบว่าในด้านทักษะการจำแนก มีค่าความก้าวหน้า เท่ากับ 0.81 อยู่ในระดับสูง ด้านทักษะการจัดหมวดหมู่ เท่ากับ 0.62 ด้านทักษะการเชื่อมโยง เท่ากับ 0.50 ด้านทักษะการสรุปความ เท่ากับ 0.35 ด้านทักษะการประยุกต์ เท่ากับ 0.35 อยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับการวิจัยของของ ฐาปนีย์ แสนใจ และคณะ (2566, น. 187) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์ และการทำงานของเซลล์ พบว่ามีการคิดวิเคราะห์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับ กชามาส จันทร์สกุล (2562, น. 95) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย (Normalized Gain <g>) เท่ากับ 0.38 โดยนักเรียนส่วนใหญ่ (64.52%) มีผลการเรียนรู้เพิ่มขึ้นในระดับ “ปานกลาง” สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลอยศิริ พุทธรักษา (2566, น. 79-84) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การที่ผลวิจัยปรากฏดังนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นตอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ดังนี้ ในขั้นที่ 1 ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ ครูได้นำภาพโครงสร้างเซลล์ ให้นักเรียนสังเกตและมีการถามคำถามนักเรียนซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ด้านการจำแนก และด้านการจัดหมวดหมู่ โดยนักเรียนแต่ละบุคคลอาจมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน การที่ครูนำภาพโครงสร้างเซลล์มาแสดงให้นักเรียนเห็นความแตกต่างระหว่างเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ นักเรียนจะได้ใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจผ่านการการคิดวิเคราะห์โดยการจำแนกและการจัดหมวดหมู่ชนิดของเซลล์ สอดคล้องกับที่ วีระ สุดสังข์ (2550, น. 26-28) กล่าวว่าสามารถฝึกสมองให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ได้ โดยให้กำหนดการพิจารณาแยกแยะ เป็นการกำหนดการพินิจพิเคราะห์ แยกแยะ และกระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ครูมอบหมายให้นักเรียนนำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาสร้างแบบจำลองเริ่มต้น แสดงถึงระบบการทำงานของเซลล์ โดยชี้นำให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์เชื่อมโยง โดยการสร้างแบบจำลองให้มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป ให้นักเรียนเตรียมอุปกรณ์ เช่น ดินน้ำมันมาด้วยตนเอง ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้การคิดวิเคราะห์ด้านการเชื่อมโยง สอดคล้องกับที่เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2553, น. 40-41) กล่าวว่า ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์และเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ อย่างมีเหตุมีผล เช่น การหาสาเหตุของเหตุการณ์หนึ่ง ๆ การเชื่อมโยงประเด็นต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การระบุองค์ประกอบของสถานการณ์ และการพิจารณาผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตจากทางเลือกหรือการกระทำใด ๆ การเชื่อมโยงเชิงเหตุผลนี้จะทำให้การวิเคราะห์ลึกซึ้งและเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ และสอดคล้องกับที่ ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557, น. 86-99) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง ใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุแนวคิดกระบวนการหรือระบบ ขั้นที่ 3 ขั้นนำไปใช้และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าชั้นเรียน นักเรียนจะได้ใช้ทั้งแบบจำลองเชิงรูปธรรม และแบบจำลองเชิงภาษา เนื่องจากต้องอธิบายแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น นอกจากนี้ยังต้องทำการประเมินแบบจำลองของตนเองว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีข้อดี ข้อเสีย หรือมีจุดบกพร่องในเรื่องใดบ้างซึ่งนักเรียนต้องใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์ด้านการสรุปความ สอดคล้องกับที่ Bryce, et al. (2016, pp. 35-42) กล่าวว่าแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มีจุดประสงค์เพื่อใช้อธิบายองค์ความรู้และปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นสอดคล้องกับที่ Louca and Zacharia (2012, pp. 471–492) กล่าวว่าการประเมินแบบจำลอง เป็นการพิจารณาการอธิบายหรือทำนายความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ เพื่อระบุความสัมพันธ์ของสถานการณ์และประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยสามารถอธิบายคุณสมบัติและพฤติกรรมของปรากฏการณ์ตามจุดประสงค์ที่กำหนด รวมถึงตระหนักถึงข้อจำกัดของแบบจำลอง ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง ครูจับกลุ่มให้กับนักเรียนแลกเปลี่ยนผลการใช้แบบจำลองว่า แบบจำลองสามารถใช้อธิบายได้สอดคล้องกับเนื้อหาได้หรือไม่ได้ หากแบบจำลองใช้อธิบายเนื้อหาได้ยังไม่สมบูรณ์จะปรับปรุงแบบจำลองอย่างไร โดยมีเพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำและครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้นักเรียนจะได้

ใช้แบบจำลองเชิงภาษา ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น โดยใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์การประยุกต์ สอดคล้องกับที่ วีระ สุดสังข์ (2550, น. 26-28) กล่าวว่าทักษะการคิดวิเคราะห์สามารถฝึกได้โดยให้มีการสรุปคำตอบ เป็นการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือตอบปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้ และขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง ครูผู้สอนนำเสนอกรณีตัวอย่างโดยการนำเสนอแบบจำลองเชิงภาพ ชี้นำให้นักเรียนได้นำไปคิดต่อว่ากรณีตัวอย่างที่ยกมานั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างอย่างไร ซึ่งขั้นนี้นักเรียนจะได้ใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์ในด้านการเชื่อมโยง สอดคล้องกับที่ Gagne (1970, อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2544, น. 16) กล่าวว่าการเรียนรู้ที่เป็นทักษะทางปัญญาต้องมีการสร้างกระบวนการหรือกฎขั้นสูง กล่าวคือต้องนำกฎหลาย ๆ ข้อที่สัมพันธ์กันมาประมวลเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่ความรู้ความเข้าใจที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นหลักการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจนและสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร (Communication Tools) นั่นเอง

จากการวิจัยพบว่าการคิดวิเคราะห์ที่นักเรียนมีความก้าวหน้าในระดับสูง มีความก้าวหน้า คือ การคิดวิเคราะห์ในด้านทักษะการจำแนก ทั้งนี้เนื่องมาจากเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่นักเรียนต้องมีการจัดจำแนกเซลล์และองค์ประกอบของเซลล์ให้ได้ ก่อนที่จะได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนไม่สามารถจำแนกเซลล์ได้ แต่หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนสามารถจำแนกเซลล์ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้การคิดวิเคราะห์ในด้านทักษะอื่น ๆ แม้ไม่ได้อยู่ในระดับสูงแต่ก็มีความก้าวหน้าในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นแนวทางที่ส่งเสริมพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้การใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนของการใช้แบบจำลอง ไม่เพียงส่งผลต่อการเรียนรู้เฉพาะด้านเนื้อหาเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสำคัญต่อการหล่อหลอมกระบวนการคิดที่เป็นระบบ ส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้ และการประยุกต์ใช้ในบริบทที่หลากหลาย ซึ่งล้วนเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

5.3.2 จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.23 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.08 เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติ One-Sample t-test พบว่าผลการทดสอบทีมีค่า 7.994 นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับที่ ฐาปนีย์ แสนใจ และคณะ (2566, น. 187) กล่าวว่าการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนได้เรียนโดยผ่านกระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนนำความรู้ที่เป็นนามธรรมมาแสดงเป็นรูปธรรมโดยการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะส่งผลไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นด้วย การที่ผลสัมฤทธิ์มีค่ามากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แสดงว่าการจัดการ

เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการต่าง ๆ ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้ครูเข้าถึงวิธีการสร้างความรู้ความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้ ซึ่งผลการวิจัยที่พบนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรัสวดี ปะกิระเค (2561, น. 81) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับ ปรีญานันต์ นวลจันทร์ (2563, น. 80) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับวิจัยของ พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้ (2566, น. 465-480) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การที่ผลวิจัยปรากฏดังนี้เนื่องมาจากในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนต้องลงมือสร้างแบบจำลองด้วยตนเองตามขั้นตอนของ Buckley, et al. (2004, pp. 23-41) โดยขั้นที่ 1 ตอบสนองต่องานที่ได้รับ นักเรียนได้นำความรู้ความรู้-ความจำ และความเข้าใจพื้นฐานและประสบการณ์เดิมมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือกลไกการทำงานของเซลล์ที่กำลังศึกษา สอดคล้องกับ ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557, น. 91) กล่าวว่า ก่อนเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง นักเรียนจะต้องมีแบบจำลองทางความคิด ซึ่งหมายถึงมีความเข้าใจหรือความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งมาก่อน ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลองเริ่มต้น นักเรียนได้วิเคราะห์และประเมินค่าจากการนำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาสร้างแบบจำลองเริ่มต้น โดยนักเรียนต้องพิจารณาข้อมูลที่ได้ว่ามีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร วัสดุอุปกรณ์ใดเหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง และสามารถนำไปใช้สร้างแบบจำลองได้จริง สอดคล้องกับ Harrison and Treagust (2000, pp. 1011-1026) กล่าวว่าแบบจำลองที่บุคคลสร้างขึ้นในระหว่างการทำความเข้าใจเพื่อให้เกิดกระบวนการทางปัญญา โดยนักเรียนแต่ละบุคคลอาจมีแบบจำลองทางความคิดที่แตกต่างกัน ขั้นที่ 3 นำไปใช้และประเมิน นักเรียนได้นำความรู้ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปใช้ผ่านการนำเสนอหน้าชั้นเรียน การให้เหตุผลถึงปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นและทำการประเมินแบบจำลองของตนเองว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีข้อดี ข้อเสีย หรือมีจุดบกพร่องในเรื่องใดบ้างสอดคล้องกับ Schwarz, et al. (2009, อ้างถึงใน พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์, 2556, น. 53) กล่าวว่าแบบจำลองทำให้เกิดความคิดของนักเรียนมีความชัดเจนและเป็นประโยชน์สำหรับการสร้างและสื่อสารความเข้าใจ ขั้นที่ 4 ปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง ครูจับกลุ่มให้กับนักเรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงความสอดคล้องของแบบจำลองกับเนื้อหาได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้นักเรียนได้ใช้ความรู้ด้านความเข้าใจ การวิเคราะห์ และการประเมินค่า ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น สอดคล้องกับที่ จุฑามาศ กันทะวัง (2563, น. 21) กล่าวว่าแบบจำลองมีความสำคัญในการเป็นตัวช่วยในการอธิบายความคิดแนวคิด หรือปรากฏการณ์ ทำให้เกิด

การส่งเสริมและกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ การสร้างคำอธิบาย การวิเคราะห์ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจและสามารถพัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

จากผลการวิจัยข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้ดังกล่าวเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ ลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่ยากและเป็นนามธรรมได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ จึงถือได้ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและควรส่งเสริมให้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในรายวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่น ๆ

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

5.4.1.1 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากมีเวลาในการสอนแต่ละแผนค่อนข้างจำกัดจึงควรเลือกแผนที่สามารถให้นักเรียนในห้องสามารถสร้างแบบจำลองที่มีความหลากหลายในแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำมาอภิปรายหน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กัน

5.4.1.2 ผู้สอนต้องมีการประเมินการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนไปด้วยระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อให้ทราบถึงการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน

5.4.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 จากการวิจัยโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น มีความเพียรพยายาม มีการใช้เหตุผล และมีความรับผิดชอบในการทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อเจตคติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

5.4.2.2 จากการวิจัยโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนได้มีการใช้ทักษะทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ในการทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังนั้นจึงควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปใช้ในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เพื่อให้วิจัยเกิดความหลากหลาย และช่วยพัฒนาต่อยอดในการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองต่อไปได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชามาส จันทร์สกุล (2562). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ครุสภา.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. (ฉบับปรับกรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2553). *การคิดเชิงวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

จุฑามาศ กันทะวัง. (2563). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานวิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Model-Based Learning. *วารสารศึกษาศาสตร์ ปริทัศน์, 29*(3), 86-99.

ชาตรี สำราญ. (2548). สอนให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ได้อย่างไร. *วารสารสานปฏิรูป,* 8(83), 40-41.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยวิชิต เชียรชนะ. (2560). การสร้างและการพัฒนาโมเดล/รูปแบบ/แบบจำลอง/ตัวแบบ. *วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย,* 9(1), 1-11.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2528). *แบบแผนทดลองและสถิติ.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ฐาปนีย์ แสนใจ, ยุวดี อินสำราญ และเนตรชนก จันทร์สว่าง. (2566). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,* 17(2), 181-190.

ดวงจันทร์ วรคามิน, ปังปอนด์ รักอำนวยกิจ และยศวีร์ สายฟ้า. (2559). *โครงการการศึกษาความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์และการมีจิตสาธารณะ เพื่อพัฒนาศักยภาพการเป็นคนดีคนเก่งของนักเรียนไทย* (รายงานวิจัยผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม.

ทิศนา แขมมณี, ศรินธร วิทยะสิรินันท์, พิมพันธุ เดชะคุปต์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ศิริชัย กาญจนวาสี, และปัทมศิริ ธีรานุรักษ์. (2544). *วิทยาการด้านการคิด.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ทิศนา แขมมณี. (2548). *ศาสตร์การสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

นิตยา ทันใจ, วิษณุ สุทธิวรรณ และธัญวรัตน์ ปิ่นทอง. (2564). การใชแบบจำลองทางวิทยาศาสตรเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะหและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปที่ 3. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วไลอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์,* 16(1), 31-47.

บุญชม ศรีสะอาด. (2541). *การพัฒนาการสอน.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การคิดวิเคราะห์ (เล่ม 1).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

ปริยทิพย์ บุญคง. (2546). *การศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ปรีญานันต์ นวลจันทร์. (2563). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ปรีดาวรรณ อ่อนนางใย. (2555). *การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักการศึกษา กรุงเทพมหานคร* (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์. (2556). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรพิมล โพธิ์ไธสง และพรรณวิไล ดอกไม้. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ,* 3(5), 465-480.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยสาร สสวท.,* 38(163), 33-34.

พลอยศิริ พุทธรักษา. (2566). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แสงที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนภัทรญาณวิทยา จังหวัดนครปฐม.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิเชษฐ โพธิ์สะ และวิษณุ สุทธิวรรณ. (2567). การส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวคิดการเรียนรู้โดยการสืบเสาะและแบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ,* 6(1), 142-154.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2547). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์ มิสท์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2553). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์, นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ และไสว ฟักขาว. (2560). *คิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพรินทร์ เหมบุตร. (2549). *การใช้สื่อการสอน*. สืบค้นจาก http://rs.kpp1eds.org/~pairin/work

ไพศาล วรคำ. (2566). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 14). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาริณี สุวรรณศรี และประสาท เนืองเฉลิม. (2562). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 1(1), 20-25.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2548). *การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับประถมศึกษา*. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2549). *การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2556). *การประเมินโครงการ : แนวคิดและแนวปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุคส์พับลิเคชั่น.

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2564). *รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2564*. กาฬสินธุ์: โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2553). *เทคโนโลยีวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2553). การวิจัยพัฒนารูปแบบ. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 2(4), 2-15.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์*). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วนิช สุธารัตน์. (2547). *ความคิดและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2566). *บทสรุปผู้บริหาร ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*. สืบค้นจาก https://www.niets.or.th/th/content/view/25982

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูนิเคชัน.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2567). *หนุนใช้ผลประเมิน PISA 2022 ให้เป็นประโยชน์ เร่งพัฒนาสมรรถนะครูจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างทักษะสำหรับอนาคต*. สืบค้นจาก https://www.ipst.ac.th/news/55661/20231226-pisa.html

สมถวิล วิจิตรวรรณา, สุภมาส อังศุโชติ, รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, สุนิสา จุ้ยม่วงศรี และชูศักดิ์ ศิริรุ่งพันธ์. (2556). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2556). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.

สมบูรณ์ ตันยะ. (2555). *วิทยาทางการการวิจัย*. นครราชสีมา: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สมยา ทาเกตุ. (2552). *การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการเขียนสรุปความของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWLH ร่วมกับแผนภูมิต้นไม้.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ. (2563). *การศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรรณี สินธพานนท์. (2555). *พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุวิทย์ มูลคำ. (2553). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2553). *ครบเครื่องเรื่องการคิด*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2556). *กลยุทธ์การสอนคิดแก้ปัญหา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุรัสวดี ปะกิระเค. (2561). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

อนุวัติ คูณแก้ว. (2558). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษาแนวใหม่.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา. *วารสารสมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย,* 19(12), 15-18.

Baze, C. L., (2017). *Examining The Effects of Model-Based Inquiry on Conceptual Understanding and Engagement in Science.* (Master's thesis). United States: Northern Arizona University.

Bloom, B. S. (1959). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook I: The Cognitive Domain*. New York: David McKay.

Bloom, B. S. (1979). *Taxonomy of Educational Objective the Classification of Educational Goal Hand Book I: Cognitive Domain*. New York: Devid Mackay.

Bryce, C. M., Baliga, V. B., De Nesnera, K. L., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., Bard, D. G. (2016). Exploring Models in The Biology Classroom. *The American Biology Teacher,* 78(1), 35-42.

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

Cartier, J., Rudolph, J., and Stewart, J. (2001). *The Nature and Structure of Scientific Models* (Research Report). Madison: University of Wisconsin-Madison.

Chiu, M. H., Chou, C. C., and Liu, C. J. (2002). Dynamic Processes of Conceptual Change: Analysis of Constructing Mental Models of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching,* 39(8), 688-712.

Coll, R. K., France, B., and Taylor, I. (2005). The Role of Models/and Analogies in Science Education: Implications from Research. *International Journal of Science Education,* 27(2), 183-198.

Coll, R. K., and Lajium, D. (2011). *Models and Modeling: Cognitive Tools for Scientific Enquiry*. Dordrecht: Springer.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Gilbert, S. W. (2011). *Models-based Science Teaching*. NSTA Press.

Gilbert, J. K., and Justi, R. (2016). *Modelling-Based Teaching in Science Education*. Cham: Springer.

Gobert, J. D., and Buckley, B. C. (2000). Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education. *International Journal of Science Education,* 22(9), 891-894.

Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement vs Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics,* 61(1), 64-74.

Halloun, I. A. (2006). Learning Cycles. *Modeling Theory in Science Education*. Dordrecht: Springer.

Harrison, A. G., and Treagust, D. F. (1996). Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education,* 80(5), 509-534.

Harrison, A. G., and Treagust, D. F. (2000). A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education,* 22(9), 1011-1026.

Heong, Y. M., Othman, W. B., Kiong, T. T., Hassan, R. B., and Mohamad, M. M. B. (2011). The Level of Marzano Higher Order Thinking Skills among Technical Education Students. *International Journal of Social Science and Humanity,* 1(2), 121-125.

Jong, J. P., Chiu, M. H., and Chung, S. L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education,* 99(5), 986-1018.

Justi, R. (2009). Learning How to Model in Science Classroom: Key Teacher's Role in Supporting the Development of Students' Modelling Skills. *Educación Química,* 20(1), 32-40.

Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C. W. M., and Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education Sciences,* 11(10), 1-15.

Louca, L. T., and Zacharia, Z. C. (2012). Modeling-Based Learning in Science Education: Cognitive, Metacognitive, Social, Material and Epistemological Contributions. *Educational Review,* 64(4), 471-492.

Martínez Solano, J. F. (2016). Wenceslao J. Gonzalez: Bas van Fraassen's [Approach to Representation and Models in Science]. *Journal for General Philosophy of Science,* 47(1), 261–264.

Marzano, R. J. (2001). *Designing A New Taxonomy of Educational Objectives.* California: Corwin Press.

Moutinho, S., Moura, R., and Vasconcelos, C. (2017). Contributions of Model-Based Learning to the Restructuring of Graduation Students' Mental Models on Natural Hazards. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education,* 13(7), 3043-3068.

Mierdel, J. and Bogner, F. X. (2019). Comparing the Use of Two Different Model Approaches on Students' Understanding of DNA Models. *Education Sciences,* 2(9), 1-18.

Nicolaou, C. T., and Constantinou, C. P. (2014). Assessment of The Modeling Competence: A Systematic Review and Synthesis of Empirical Research. *Educational Research Review,* 13, 52-73.

Sari, W. K., and Nada, E. I. (2022). Marzano Taxonomy-Based Assessment Instrument to Measure Analytical and Creative Thinking Skills. *Journal Pendidikan Kimia Indonesia,* 6(1), 46-54.

Schwarz, C. V., and White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction,* 23(2), 165-205.

Sternberg, R. J., and Williams, W. M. (2002). *Educational Psychology.* Boston: Allyn and Bacon.

Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., and Boersma, K. T. (2008). Systems Modelling and The Development of Coherent Understanding of Cell Biology. *International Journal of Science Education,* 30(4), 543-568.

Watson, G., and Glaser, E. M. (1964). *Critical Thinking Appraisal.* New York: Harcourt, Brace and World, Inc.

Windschitl, M., and Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Tnvestigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal,* 43(4), 783-835.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชา ชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว31241
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์) จำนวน 3 ชั่วโมง
สอนโดย นางสาวรติมา บุญแนน

สาระการเรียนรู้ชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

ผลการเรียนรู้ (รายวิชาเพิ่มเติม)

อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้ (K)
2. สร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model ได้ (P)
3. คิดวิเคราะห์การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดตามแนวคิดของ Marzano เกี่ยวกับส่วนประกอบของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model ได้ (P)
4. มีความรับผิดชอบ คิดไตร่ตรองมีเหตุผล และสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (A)

สาระสำคัญ

เซลล์เป็นหน่วยพื้นฐานที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์ประกอบด้วยส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม และนิวเคลียส ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ที่พบในเซลล์ทุกชนิด คือ เยื่อหุ้มเซลล์ แต่ในแบคทีเรีย สาหร่าย ฟังไจ และพืชจะมีผนังเซลล์เป็นส่วนห่อหุ้มเซลล์เพิ่มเติมขึ้นมาอีกชั้นหนึ่ง

สาระการเรียนรู้

ความรู้

- เยื่อหุ้มเซลล์

ทักษะกระบวนการ

- การสร้างแบบจำลอง
- ทักษะด้านการเชื่อมโยง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- ความรับผิดชอบ
- การคิดไตร่ตรองมีเหตุผล
- การสื่อสารข้อมูลถูกต้อง

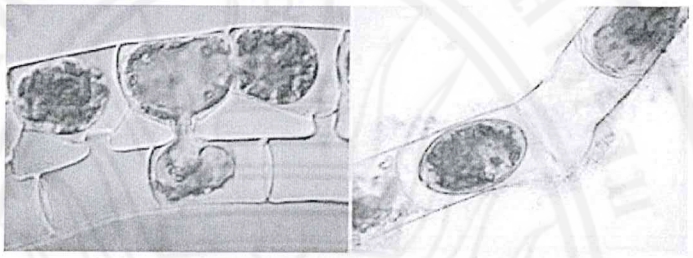
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน)

ขั้นที่ 1 ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อทบทวนความรู้เดิม หลังจากการศึกษาเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยมีคำถาม ดังนี้

- โครงสร้างพื้นฐานของเซลล์มีกี่ส่วน อะไรบ้าง (3 ส่วน คือ เยื่อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส)
- โครงสร้างใดที่พบเฉพาะในเซลล์พืช (ผนังเซลล์)
- หน้าที่ของผนังเซลล์ คืออะไร (ทำให้เซลล์พืชคงรูปร่างอยู่ได้ ให้ความแข็งแรงแก่เซลล์)

2. ครูนำเสนอภาพโครงสร้างของสาหร่ายสไปโรไจราให้นักเรียนสังเกต (แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models))



3. ครูผู้สอนบรรยายในหัวข้อผ่านสื่อที่เตรียมมา Power Point เพื่อให้นักเรียนได้รับข้อมูลองค์ประกอบทั้งหมดเข้าไปเก็บไว้ก่อน และหลังบรรยายครูผู้สอนใช้คำถามเพื่อประเมินความเข้าใจโดยใช้ชุดคำถามการสังเกตภาพดังกล่าวในข้อ 2 กับนักเรียน ข้อคำถามหลักประกอบด้วย

3.1 จากภาพส่วนใดบ้างที่เป็นส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ (ในขั้นนี้ครูจะยังไม่เฉลยคำตอบ)

3.2 นักเรียนสืบค้นประกอบกับอ่านเนื้อหาในบทเรียน ระบุให้ได้ว่าหน้าตาของเยื่อหุ้มเซลล์มีลักษณะเป็นอย่างไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง เพื่อเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะเรียน

4. ประเมินแนวความคิดหลัก

4.1 นักเรียนวาดแบบจำลองของเยื่อหุ้มเซลล์ตามความเข้าใจของตนเองลงสมุดประจำรายวิชา

4.2 นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนงานวาดของตนเองกับสมาชิกประจำโต๊ะที่ตนเองนั่ง

4.3 นักเรียนดูสื่อวิดีโอ เรื่อง โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น

4.4 นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 21 เรื่อง โครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

4.5 นักเรียนทำใบงานที่ 21 เรื่อง การศึกษาโครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

4.6 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนแนวคิดของเยื่อหุ้มเซลล์ที่นักเรียนกำลังศึกษา มองภาพรวมขององค์ประกอบย่อยภายในระบบทั้งหมด

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น

<u>แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete Models) กำหนดให้ มีลักษณะ 3 มิติ</u>

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อย 4-5 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน

2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 21 ให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม และอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ให้นักเรียนฟัง

3. ครูแจกใบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 21 ให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามท้ายกิจกรรมซึ่งจะประกอบไปด้วยการบอกส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่และลงมือสร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล ตามใบกิจกรรมที่ 21 พร้อมกับทำป้ายชื่อองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และนำไปติดให้ถูกต้อง

5. เมื่อแต่ละกลุ่มทำเสร็จเรียบร้อย ครูตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อนมีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นนำไปใช้และประเมิน

แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยมีหัวข้อการนำเสนอดังนี้

- แนะนำสมาชิกกลุ่ม
- อธิบายส่วนประกอบโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกโมเดล ว่ามีอะไรบ้าง อยู่ส่วนไหนของเยื่อหุ้มเซลล์ และทำหน้าที่อะไร

2. ครูผู้สอนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

3. ครูผู้สอน นักเรียนและกลุ่มผู้รายงาน ร่วมกันอภิปรายผลการวิเคราะห์และลงข้อสรุปผลการสำรวจ หากพบว่านักเรียนกลุ่มอื่นมีผลการวิเคราะห์ลงข้อสรุปข้อมูลขัดแย้งกับผลการอภิปรายให้ดำเนินการแก้ไขดังกล่าวลงในใบกิจกรรมที่ 21

ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง

แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal Models)

1. ครูยกแบบจำลองของนักเรียนขึ้นมาอธิบายอีกครั้งหลังจากสรุปให้นักเรียนฟังจากขั้นตอนที่แล้วแสดงให้เห็นถึงข้อแก้ไขที่นักเรียนต้องนำกลับไปแก้

2. นักเรียนพิจารณาแบบจำลองที่ตนเองสร้างกับคำแนะนำของครูผู้สอน พิจารณาในประเด็นดังนี้

- แบบจำลองที่นักเรียนสร้างใช้อธิบายกลไกการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างไรบ้าง
- แบบจำลองของนักเรียนมีจุดเด่นอะไรบ้าง
- แบบจำลองของนักเรียนมีข้อจำกัดอะไรบ้าง
- ถ้าต้องปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนคิดว่ามีส่วนไหนบ้างที่ควรปรับปรุง

3. นักเรียนนำข้อพิจารณาตนเองและครูผู้สอนไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง

แบบจำลองเชิงภาพ (Visual Models)

1. ครูผู้สอนยกตัวอย่างแบบจำลองของนักเรียนที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาเปรียบเทียบกับภาพเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นภาพในรูปแบบ 3 มิติ

2. นักเรียนสังเกตแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับภาพเยื่อหุ้มเซลล์ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

3. ครูผู้สอนถามคำถามกับนักเรียนดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 เยื่อหุ้มเซลล์มีความสำคัญกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

3.2 เยื่อหุ้มเซลล์สามารถให้สารใดบ้างผ่านเข้าไปในเซลล์ได้ และสารใดไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้

3.3 หากเยื่อหุ้มเซลล์ขาดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งไปจะเกิดอะไรขึ้น

4. ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปอภิปรายแลกเปลี่ยนความเห็นเพื่อให้ได้ข้อสรุปจากการทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง

แหล่งเรียนรู้/สื่อการสอน/วัสดุอุปกรณ์/เอกสารประกอบการเรียน

1. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. Power point เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ (ส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์)
3. สื่อวิดีโอ เรื่อง โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์
4. ใบกิจกรรมที่ 21 เรื่อง โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก
5. ใบความรู้ที่ 21 เรื่อง โครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

ผลงานและนวัตกรรมนักเรียน

- ใบงานที่ 21 เรื่อง โครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์
- แบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	วิธีการวัด/เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ความรู้ (K)		
- การอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ได้	ใบงานที่ 21 เรื่อง การศึกษาโครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป
ทักษะกระบวนการ (P)		
- การสร้างแบบจำลอง โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก - การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด	- แบบประเมินการสร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)		
- ความรับผิดชอบ - การคิดไตร่ตรองมีเหตุผล - การสื่อสารข้อมูลถูกต้อง	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การใช้สื่อ / แหล่งเรียนรู้

.....

.....

.....

การวัดผล / ประเมินผล

.....

.....

.....

2. ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวรติมา บุญแนน)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

...../...../.....

ความคิดเห็นของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูพี่เลี้ยง

ความคิดเห็นของฝ่ายบริหาร

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการโรงเรียน.....

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

แบบบันทึกคะแนนรายบุคคล

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

รหัสวิชา ว31241 ภาคเรียนที่ 1/2567

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เซลล์และการทำงานของเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 เวลา 3 ชั่วโมง

เลขที่	ชื่อ–สกุล	รายการประเมิน			รวมคะแนน (25 คะแนน)	คะแนนเก็บ (4 คะแนน)
		ใบงานที่ 21 (10 คะแนน)	แบบประเมินกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก (15 คะแนน)	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (ผ/มผ)		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

รหัสวิชา ว31241 ภาคเรียนที่ 1/2567

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เซลล์และการทำงานของเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 เวลา 3 ชั่วโมง

คำชี้แจง ครูประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรม แล้วบันทึกระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน เกณฑ์การผ่านการประเมินระดับ 2 ขึ้นไป

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน					คะแนนที่ได้ (15 คะแนน)	ระดับ	ผลการประเมิน (ผ/มผ)
		ทักษะการสร้างแบบจำลอง (3 คะแนน)	ความถูกต้องของเนื้อหา (3 คะแนน)	ทักษะด้านการเชื่อมโยง (3 คะแนน)	การสร้างสรรค์ชิ้นงาน (3 คะแนน)	กำหนดเวลาส่งงาน (3 คะแนน)			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

ตารางเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง

ทักษะการสร้างแบบจำลอง	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3	2	1
1. ทักษะการสร้างแบบจำลอง	- สร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการของปรากฏการณ์ หรือระบบได้ถูกต้องทั้งหมด และสามารถระบุข้อจำกัดของแบบจำลองได้	- สร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการของปรากฏการณ์ หรือระบบได้ถูกต้องบางส่วน	- ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้หรือสร้างแบบจำลองได้แต่ไม่ สามารถระบุข้อจำกัดได้
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	- บอกองค์ประกอบโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกได้ถูกต้องครบถ้วน	- บอกองค์ประกอบโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกได้ถูกต้องบางส่วน	- บอกองค์ประกอบโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกได้ถูกต้องน้อย
3. ทักษะด้านการเชื่อมโยง	- สามารถระบุความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ โดยโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผลถูกต้อง สมบูรณ์	- สามารถระบุความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ โดยโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผลถูกต้องบางส่วน	- ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันของสิ่งต่าง ๆ โดยโยงความสัมพันธ์สู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล
4. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน	- รูปแบบของชิ้นงานมีความแปลกใหม่น่าสนใจ เหมาะสมต่อการใช้งานจริง มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธีในเวลาที่กำหนด มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย มีการคิดแจกแจง	- รูปแบบของชิ้นงานมีความแปลกใหม่น่าสนใจ มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 1 วิธี ในเวลาที่กำหนด มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้ มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความ	- รูปแบบของชิ้นงานไม่มีความแปลกใหม่ ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ในเวลาที่กำหนด ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้ ไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการ

ทักษะการสร้างแบบจำลอง	เกณฑ์การให้คะแนน		
	3	2	1
	รายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วน และชิ้นงานมีรายละเอียดที่สมบูรณ์	คิดได้ และชิ้นงานมีรายละเอียดที่สมบูรณ์บางส่วน	แก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้
5. กำหนดเวลาส่งงาน	- ส่งชิ้นงานในเวลาที่กำหนด	- ส่งชิ้นงานช้ากว่ากำหนด 1-2 วัน	- ส่งชิ้นงานช้ากว่ากำหนดเกิน 3 วันขึ้นไป

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมิน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
11-15	ระดับ 3
6–10	ระดับ 2
1–5	ระดับ 1

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนที่ได้เกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป ผ่านการประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3

รหัสวิชา ว31241 ภาคเรียนที่ 1/2567

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เซลล์และการทำงานของเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 เวลา 3 ชั่วโมง

คำชี้แจง ครูประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ แล้วบันทึกระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์การประเมินผ่านระดับ 2 ขึ้นไป

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้ (9 คะแนน)	ระดับ	ผลการประเมิน (ผ/มผ)
		ความรับผิดชอบ (3 คะแนน)	การคิดไตร่ตรองมีเหตุผล (3 คะแนน)	การสื่อสารข้อมูลถูกต้อง (3 คะแนน)			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. ความรับผิดชอบ	มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและทำงานเสร็จเรียบร้อยทันเวลา ปฏิบัติตนตามข้อตกลงกฎเกณฑ์ของชั้นเรียน และมีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ	มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย แต่ทำงานไม่เสร็จทันเวลาโดยส่งงานช้ากว่า 1 วัน แต่ปฏิบัติตนตามข้อตกลงกฎเกณฑ์ของชั้นเรียน	ทำงานต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมายเสร็จแต่ส่งงานช้ามากกว่า 2 วัน ขณะปฏิบัติกิจกรรมมีการพูดคุยหรือเล่นกับอยู่เพื่อนตลอดเวลา
2. การคิดไตร่ตรองมีเหตุผล	คิด วางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ	คิด วางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ	ไม่มีการคิด วางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ
3. การสื่อสารข้อมูลถูกต้อง	เขียนอธิบายข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้อย่างถูกต้อง สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย	เขียนอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ขาดการนำเสนอและสื่อสารข้อมูลให้ผู้อื่นเข้าใจ	เขียนอธิบายและนำเสนอข้อมูลไม่ถูกต้อง

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมิน

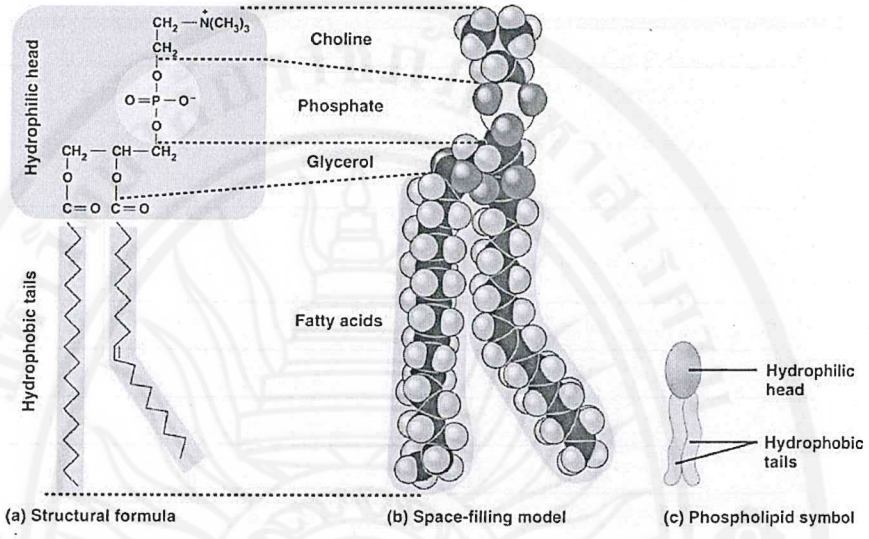
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ระดับ 3
4–6	ระดับ 2
1–3	ระดับ 1

เกณฑ์การผ่าน : นักเรียนที่ได้เกณฑ์การประเมินระดับ 2 ขึ้นไป ผ่านการประเมินผลตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ใบความรู้ที่ 21
เรื่อง โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ (Structure of Cell Membrane)

เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell Membrane)

เป็นส่วนที่ห่อหุ้มส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ไว้ทั้งหมดมีความหนาประมาณ 75-100 อังสตรอม ประกอบด้วย ไขมัน กลุ่มฟอสโฟลิปิด กับโปรตีน



ภาพที่ 1 แสดงโครงสร้างฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) ของเยื่อหุ้มเซลล์
ที่มา : https://bio1151.nicerweb.com/Locked/media/ch05/phospholipid.html

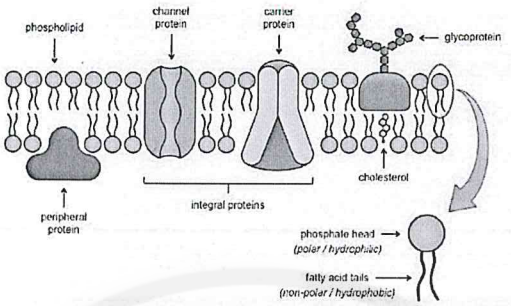
โครงสร้างของเยื้อหุ้มเซลล์

The Davson-Daniell Model

Fluid mosaic model (ยอมรับในปัจจุบัน)

โครงสร้างเยื้อหุ้มเซลล์แบบ Fluid Mosaic Model

Singer และ Nicolson ได้เสนอ Fluid Mosaic Modelมีการจัดเรียงตัวของไขมัน 2 ชั้น (Lipid Bilayer) โดยโมเลกุลของไขมันหันเอาด้านห่างกรดไขมันชนิดไม่มีประจุ (Non-Polar) ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จะหันเข้าหากันหัวเป็นกลีเซอรอล มีประจุ (Polar) ชอบน้ำ (Hydrophilic) จะหันเข้าสู่ด้านนอกและในเซลล์



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งประกอบด้วยฟอสโฟลิปิดและโปรตีน
ที่มา : https://old-ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-1-cell-biology/13-membrane-structure/fluid-mosaic-model.html

*ไกลโคลิปิด (Glycolipid) หรือ ไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ซึ่งทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำให้กับเซลล์ โดยเป็นตัวรับที่มีความจำเพาะต่อสารเคมีบางชนิด

*เยื่อหุ้มเซลล์มีรูขนาดเล็กที่อนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 อังสตรอม แพร่ผ่านได้ เยื่อเซลล์จึงมีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน (Semipermeable Membrane) ทำให้สาร บางชนิดผ่านเข้าออกได้ เกิดการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมและการกระจายของประจุไฟฟ้าระหว่างภายในกับภายนอกเซลล์

โปรตีนบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์

1. โปรตีนภายใน (Integral Protein)

เป็นโปรตีนที่โมเลกุลแทรกอยู่ในชั้นของไขมันส่วนที่ไม่มีประจุ (Non Polar) อยู่ด้านในส่วนที่มีประจุ (Polar) ทะลุออกมานอกเป็นโปรตีนตัวพา (Carier Protein) ทำให้ น้ำ ไอออน (Ions) หรือสารที่มีอนุภาคขนาดใหญ่เข้าสู่เซลล์ได้

2. โปรตีนภายนอก (Peripheral Protein)

เป็นโปรตีนที่วางตัวอยู่นอกชั้นไขมัน ส่วนใหญ่อยู่ด้านไซโตพลาสซึมทำหน้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ลำเลียงสาร (Transport Protein) เอนไซม์ (Enzyme) โปรตีนตัวรับ (Receptor Protein) เชื่อมต่อระหว่างเซลล์ (Intercellular Junctions) การจำกันได้ของเซลล์ (Cell-Cell recognition) ยึดโครงสร้างของเซลล์และของเหลวภายในเซลล์ (Attachment to the cytoskeleton and extracellular matrix (ECM))

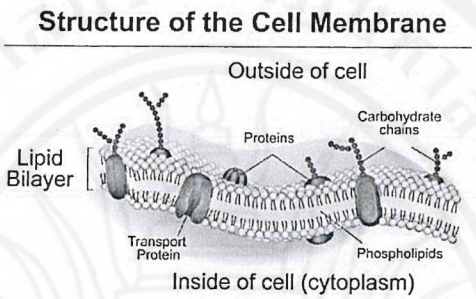
สารเคลือบเซลล์ (Cell Coat)

- เซลล์สัตว์พบไกลโคโปรตีน ถ้าถูกทำลายจะทำให้เซลล์จำกันไม่ได้มีแต่การเจริญ (Growth) แต่ไม่เปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะ (Differentiation) เช่น เซลล์มะเร็ง
- เซลล์พืชอาศัยผนังเซลล์ (Cell Wall) โดยมี cellulose เป็นแกนกลางและมี Lignin Cutin Pectin และ Suberin อยู่ด้านนอก มีช่องติดต่อระหว่างเซลล์ คือ พลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata)
- ผนังเซลล์ของสาหร่าย ประกอบด้วย Pectin เป็นส่วนใหญ่ กับ Cellulose
- ผนังเซลล์ของฟังไจ เป็น Chitin

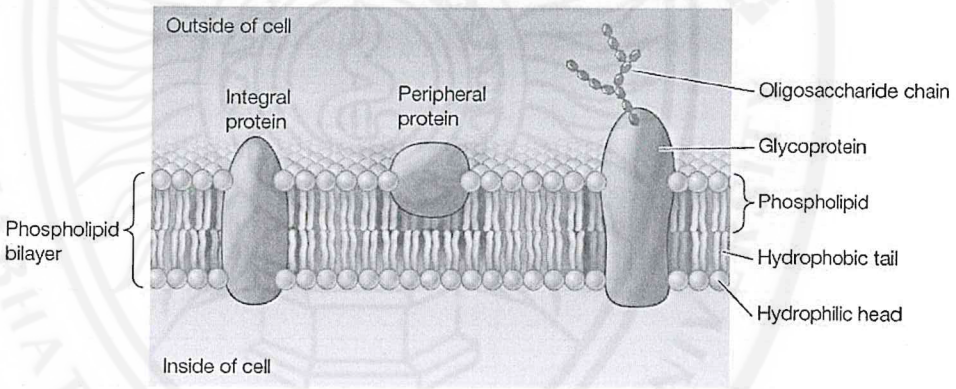
- ผนังเซลล์ของแบคทีเรียคือ Peptidoglycan ทำให้แบคทีเรียสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดี

หน้าที่ของเยื่อเซลล์ (Function of Cell Membrane)

1. เยื่อเซลล์ทำหน้าที่เป็นเสมือนรั้วบ้าน กันเซลล์ออกจากกัน และสิ่งแวดล้อม
2. ควบคุมการเคลื่อนย้ายสารผ่านเข้าออกเซลล์
3. รักษาสมดุลของสภาพแวดล้อมภายในเซลล์
4. มีโปรตีนตัวรับ (Receptor Protein) เป็นตัวรับสาร ทำให้มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน



ที่มา : https://medium.com/@biologynotes/cell-membrane-dc52e97b808b



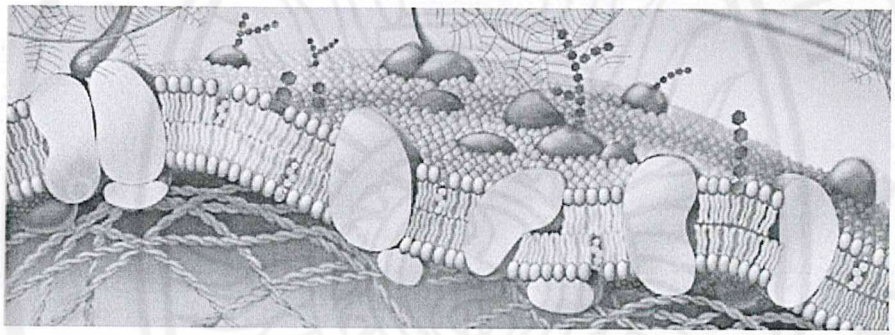
ที่มา : https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/refer-figure-cell-membrane-outside-cell-oligosaccharide-chain-integral-protein-peripheral--q75770706

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

ใบงานที่ 21
เรื่อง การศึกษาโครงสร้างส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

1. โดยทั่วไปแล้ว ฮอร์โมนแอนโดรเจน เช่น เทสโทสเตอโรน เป็น ฮอร์โมนที่มีหน้าที่สร้างลักษณะของเพศชาย และทำให้เติบโต รวมทั้งการเพิ่มขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความหนาแน่นและความแข็งแรงของกระดูก และกระตุ้นให้สูงขึ้นและให้กระดูกเจริญเต็มที่เป็นผู้ใหญ่ ฮอร์โมนจากต่อมเพศ (อัณฑะหรือรังไข่) และฮอร์โมนจากต่อมหมวกไตส่วนนอก ฮอร์โมนในกลุ่มนี้จะเดินทางไปที่เซลล์เป้าหมายโดยใช้ตัวพาคือโปรตีนในน้ำเลือด (Plasma Protein) ทั้งที่เป็นตัวพาอย่างจำเพาะ จากรูป เยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์เป้าหมาย จงอธิบายว่า ฮอร์โมนเอนโดรเจนจะเข้าสู่เซลล์เป้าหมายอย่างไร



ที่มา : https://freebiologyschool.blogspot.com/2012/11/bio-106-unit-3-cell-biology-test-part-2.html

.....

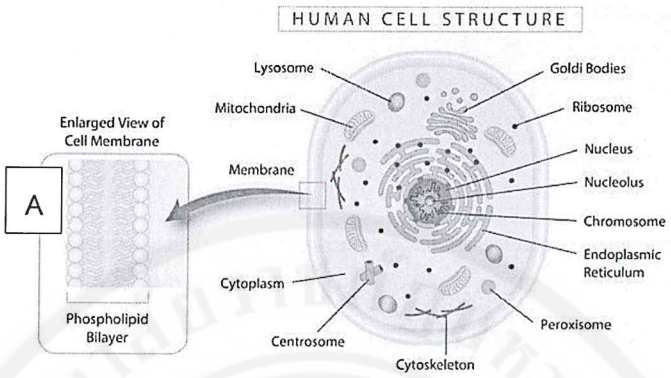
.....

.....

.....

.....

2. จากรูปโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์



ที่มา : https://stock.adobe.com/th/search?k=%22cell+membrane%22

จากโครงสร้าง A สารประเภทใดบ้าง สามารถเคลื่อนผ่าน เข้าสู่เซลล์ได้

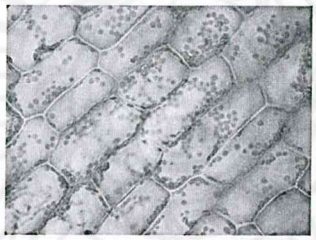
.....

.....

.....

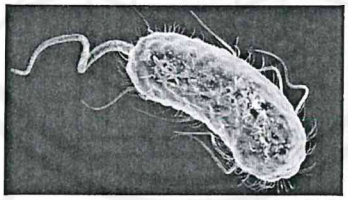
3. จากภาพเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จงตอบคำถาม

A

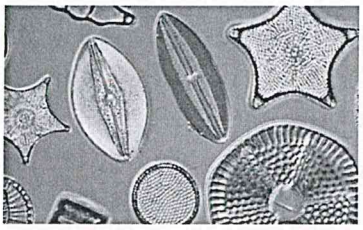


ที่มา : https://www.pinterest.at/pin/763078730596857027/

B



ที่มา : https://www.technologynetworks.com/immunology/news/previously-unnoticed-antibiotic-resistance-gene-discovered-in-deadly-e-coli-357546

C 

ที่มา : https://diatoms.myspecies.info/file/4

3.1 สารที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ ของเซลล์ A และ C เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

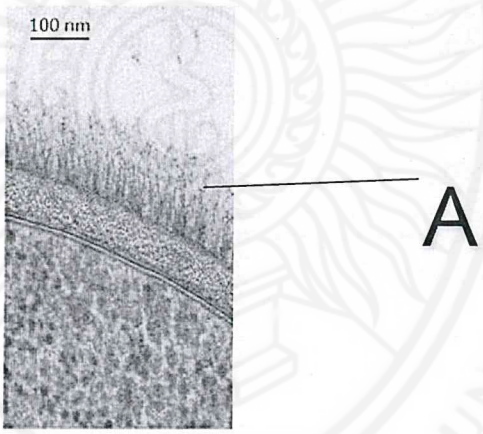
3.2 สารใด เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ของเซลล์ B

.....

.....

.....

4. จากภาพ เซลล์ของรา *Candida albicans* ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิต ในอาณาจักรฟังไจ ซึ่งทำให้เกิดโรคติดเชื้อในช่องคลอด โดย A คือ ส่วนที่เป็นผนังเซลล์



ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-the-Candida-albicans-cell-wallTwolayers-can-be-distinguished-in-the_fig2_51868409

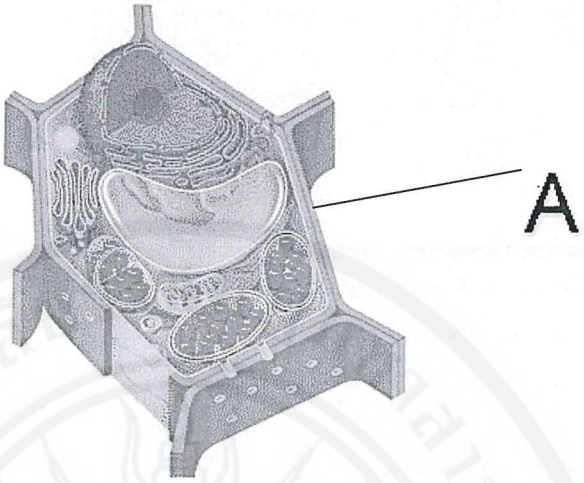
นักเรียนคิดว่า สารที่เป็นองค์ประกอบของ ผนังเซลล์ A เหมือน หรือต่าง จากสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของแบคทีเรียอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

5. จากภาพโครงสร้างเซลล์พืช จงตอบคำถามว่า



ที่มา : https://www.quia.com/jg/2548650list.html

A คือโครงสร้างที่เรียกว่า

.....

โครงสร้างนี้ ทำหน้าที่

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 21
แบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก

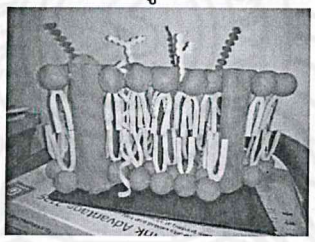
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อย 4-5 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง และอ่อน
2. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 22 และอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกให้ฟัง
3. ครูแจกวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลอง
4. แบ่งงาน และหน้าที่กันและลงมือสร้างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก พร้อมกับทำป้ายชื่อองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์และนำไปติดให้ถูกต้อง
5. เมื่อแต่ละกลุ่มทำเสร็จเรียบร้อย ครูตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ก่อนมีการนำเสนอหน้าชั้นเรียน
6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบคำถามท้ายกิจกรรม เรื่อง โครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก
7. หลังจากทำการสร้างแบบจำลองและตอบคำถามท้ายกิจกรรมเสร็จแล้วให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

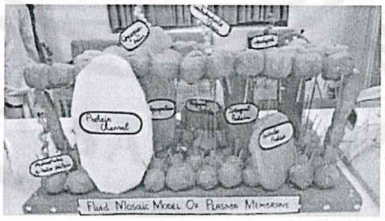
วัสดุ-อุปกรณ์

1. โฟม	2. ลวดกำมะหยี่	3. กาวลาเท็กซ์
4. กระดาษแข็งสี	5. ปากกาเมจิก	6. สีโปสเตอร์

ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก



ที่มา : https://www.pinterest.it/pin/membrana-celular--468937379952552003/



ที่มา : https://in.pinterest.com/pin/fluid-mosaic-model--759912137151873817/

คำถามท้ายกิจกรรมที่ 21

เรื่อง แบบจำลองโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิก

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

รายชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ..... เลขที่ .....
2. ..... เลขที่ .....
3. ..... เลขที่ .....
4. ..... เลขที่ .....
5. ..... เลขที่ .....

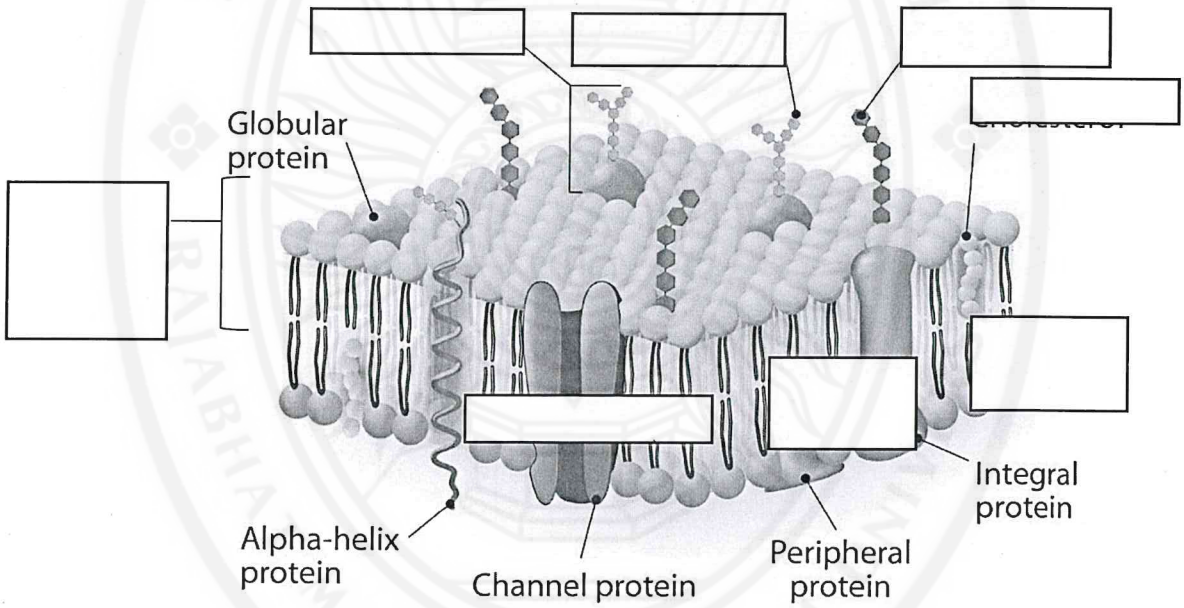
ตัวชี้วัด

ม.4/11 อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

จุดประสงค์การเรียนรู้

สามารถระบุส่วนประกอบของโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์แบบฟลูอิดโมเซอิกได้

คำสั่ง : จงระบุส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ให้ถูกต้อง



ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลวิจัย

(ตัวอย่าง)
แบบวัดการคิดวิเคราะห์
ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
2. เมื่อนักเรียนเลือกได้แล้วให้ฝนคำตอบลงในช่อง ก, ข, ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบ ด้วยดินสอ 2B
3. ให้นักเรียนเขียน**ชื่อ ชั้น เลขที่**ในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
4. แบบทดสอบมีทั้งหมด 30 ข้อ 30 คะแนน

จงใช้สถานการณ์ต่อไปนี้ตอบคำถาม (ข้อ 26-30)

Keystone species กุญแจหัวใจระบบนิเวศ

Keystone คือชื่อของหินบริเวณกึ่งกลางโครงสร้างสิ่งก่อสร้างในอาณาจักรโรมัน ซึ่งเป็นโครงสร้างซุ้มประตูลักษณะโค้งเรียกกันว่าอาร์ช (Arch) หินบริเวณกึ่งกลางทำหน้าที่รับแรงของหินทั้งหมดทำให้โครงสร้างซุ้มประตูสามารถคงโครงสร้างรูปโค้งได้โดยไม่ให้หล่นหรือผิดรูปแต่เมื่อใดก็ตามที่หินชิ้นนี้หายไปโครงสร้างทั้งหมดก็จะพังทลายลงมาจึงเป็นกุญแจสำคัญของโครงสร้างซุ้มโค้งหรือที่เรียกว่ากุญแจหิน Keystone เปรียบกับชนิดของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่อยู่ร่วมกันเป็นวัฏจักรสายใยอาหาร (Food Web) ห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) ไปจนถึงการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ (Life Cycle) สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นหินบริเวณกึ่งกลางของอาร์ชเปรียบเสมือนผู้สร้างความสมดุลกับระบบนิเวศให้คงอยู่ไม่พังล้มครืนลงมาทั้งระบบเหมือนซุ้มโค้งคือสิ่งมีชีวิตที่เป็นกุญแจสำคัญของระบบนิเวศเช่นกัน Keystone Species จึงได้ชื่อว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหลักของระบบนิเวศ

เสือดำถูกจัดอยู่ในสถานะใกล้สูญพันธุ์ (EN) และเป็นสัตว์ป่าคุ้มครองของไทย และเป็นหนึ่งใน keystone species ที่ช่วยควบคุมสมดุลของระบบนิเวศ ในฐานะสัตว์ผู้ล่าสูงสุดในระบบนิเวศ ควบคุมจำนวนของสัตว์กินพืช ถ้าขาดเสือดำ ระบบนิเวศจะมีผลเสีย เพราะสัตว์กินพืชที่เป็นเหยื่อมีมากเกินไป Keystone Species มีหลายชนิดทั้งพืชและสัตว์ต่างก็เป็น Keystone Species ได้ในระบบนิเวศหนึ่ง ๆ บนยอดของพีระมิดประชากรสิ่งมีชีวิตชนิดหลักนี้มีบทบาทในรูปแบบของผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือผู้ล่าแต่ก็ไม่เสมอไปแล้วแต่ปัจจัยสำคัญของแต่ละระบบนิเวศ หัวใจหลักของการเลือกชนิดพันธุ์ Keystone Species คือความโดดเด่นของพฤติกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตแวดล้อมเพื่อควบคุมประชากรทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น หากไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดหลักทำหน้าที่ล่าเพื่อควบคุมประชากร

สัตว์กินพืช ทำให้ในระบบนิเวศมีสัตว์กินพืชเกินสมดุลที่ระบบต้องการทำให้พืชซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตในระบบน้อยลงไม่พอต่อความต้องการระบบนิเวศทั้งหมดจึงไม่สามารถดำรงวัฏจักรต่อไปได้และพังลงมาในที่สุด

การบุกรุกพื้นที่ป่าของมนุษย์ทำการเกษตรเชิงเดี่ยวสวนยาง ปาล์มน้ำมัน และพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ การเพิ่มสิ่งปลูกสร้างที่อยู่อาศัย การตัดถนนเพื่อการคมนาคมล้วนแต่ทำให้พื้นที่ป่าบริเวณนั้นถูกลดความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) บทความนี้ของผู้เขียน Keystone Species จึงเป็นหัวใจสำคัญว่าทำไมเราถึงต้องตระหนักกับ Road Kills หายนะสัตว์ป่า และ Wildlife Crossing ทางเชื่อมสัตว์ป่า ในบทความก่อนหน้าของผู้เขียนล้วนเชื่อมโยงกันอย่างแยกไม่ได้
ที่มา : https://uatscimath.ipst.ac.th/2021/article-biology/item/11639-keystone-species

26. Keystone Species ส่วนมากเป็นสิ่งมีชีวิตในลำดับใดในวัฏจักรสายใยอาหาร (ด้านการจำแนก)
ก. ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย
ข. ผู้บริโภคลำดับที่ 1
ค. ผู้ผลิต
ง. ผู้ย่อยสลาย

27. สิ่งมีชีวิตชนิดใดต่อไปนี้มีพฤติกรรมที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตแวดล้อมเพื่อควบคุมประชากรทั้งทางตรงและทางอ้อม (ด้านการจัดหมวดหมู่)
ก. สาหร่ายทะเล
ข. แพลงก์ตอน
ค. ปลาฉลาม
ง. หญ้าทะเล

28. ข้อความใดต่อไปนี้กล่าวไม่ถูกต้อง (ด้านการเชื่อมโยง)
ก. Keystone Species ส่วนมากมักเป็นผู้บริโภคลำดับสุดท้ายหรือผู้ล่าในระบบนิเวศ
ข. หัวใจหลักของการเลือกชนิดพันธุ์ Keystone Species คือความโดดเด่นของพฤติกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตแวดล้อมเพื่อควบคุมประชากรทั้งทางตรงและทางอ้อม
ค. หากไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดหลักทำหน้าที่ล่าเพื่อควบคุมประชากรสัตว์กินพืช จะทำให้ระบบนิเวศมีความหลากหลายทางชีวภาพลดลง
ง. ในระบบนิเวศป่าชายเลน สัตว์กินพืช เช่น ปู กุ้ง หอย เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหลัก

29. หากไม่มีสิ่งมีชีวิตชนิดหลักทำหน้าที่ล่าเพื่อควบคุมประชากรสัตว์กินพืชจะเกิดอะไรขึ้นกับระบบนิเวศ (ด้านการสรุปความ)
ก. ระบบนิเวศจะมีความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้น
ข. ระบบนิเวศจะมีความสมดุลมากขึ้น
ค. ระบบนิเวศจะมีความหลากหลายทางชีวภาพลดลง
ง. ความสมดุลของระบบนิเวศไม่เปลี่ยนแปลง

30. สาเหตุที่ Keystone Species อย่างเสือดำใกล้สูญพันธุ์เนื่องมาจากสาเหตุใดมากที่สุด (ด้านการประยุกต์)
ก. การบุกรุกพื้นที่ป่า และล่าสัตว์ป่าของมนุษย์
ข. ภัยพิบัติทางธรรมชาติ
ค. ภาวะโลกร้อน
ง. โรคระบาด

(ตัวอย่าง)
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง เซลล์เซลล์และการทำงานของเซลล์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
2. เมื่อนักเรียนเลือกได้แล้วให้ฝนคำตอบลงในช่อง ก, ข, ค หรือ ง ลงในกระดาษคำตอบ ด้วยดินสอ 2B
3. ให้นักเรียนเขียน**ชื่อ ชั้น เลขที่**ในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
4. แบบทดสอบมีทั้งหมด 40 ข้อ 40 คะแนน

ผลการเรียนรู้ 11. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

1. สิ่งมีชีวิตชนิดใดไม่พบโครงสร้างของผนังเซลล์ (ความรู้-ความจำ)
ก. เห็ด ข. แลกโตบาซิลลัส
ค. พารามีเซียม ง. รา

2. เซลล์ชนิดใดมีผนังเซลล์ (ความรู้-ความจำ)
ก. สาหร่ายยูกลีนา ข. แบคทีเรีย
ค. พลาสโมเดียม ง. พารามีเซียม

3. สารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์เมมเบรนคือสารใด (ความรู้-ความจำ)
ก. ฟอสโฟลิพิด ข. คาร์โบไฮเดรต
ค. กรดนิวคลีอิก ง. ไตรกลีเซอไรด

4. ข้อใดไม่เป็นจริงเกี่ยวกับผนังเซลล์ (ประเมินค่า)
A. พบในโปรคาริโอตและยูคาริโอตบางชนิด
B. มีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่าน
C. มีส่วนประกอบเป็นเซลลูโลสเท่านั้น
ก. A. , B.
ข. A. , B. , C.
ค. A. ,C.
ง. B. , C.

ผลการเรียนรู้ 12. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์

5. ส่วนประกอบของเซลล์ใดพบเฉพาะเซลล์พืชเท่านั้น (ความรู้-ความจำ)
ก. คลอโรพลาสต์และแวคิวโอล
ข. เซนทริโอลและไมโทคอนเดรีย
ค. เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์
ง. ผนังเซลล์และคลอโรพลาสต์

6. น้ำตาลกลูโคสที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นผลมาจากการทำงานของออร์แกเนลล์ใด (ความเข้าใจ)
ก. ไรโบโซม
ข. ไมโทคอนเดรีย
ค. คลอโรพลาสต์
ง. กอลจิคอมเพล็กซ์

7. ถ้านำเซลล์พืชมาลอกผนังเซลล์ออกโดยไม่ทำให้เซลล์ส่วนอื่นเสียหาย จะมีโอกาสพบส่วนประกอบของเซลล์ในข้อใดเป็นลำดับแรก (ประเมินค่า)
ก. เซลล์เมมเบรน
ข. ไมโทคอนเดรีย
ค. คลอโรพลาสต์
ง. กอลจิบอดี

8. โครงสร้างใด<u>ไม่สัมพันธ์</u>กัน (วิเคราะห์)
ก. แฟลเจลลัม-แอกติน
ข. นิวเคลียส-โครมาติน
ค. คลอโรพลาสต์–กรานุม
ง. ร่างแหเอนโดพลาซึม–ไรโบโซม

9. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีความต่างจากสาหร่ายส่วนใหญ่อย่างไร (ความรู้-ความจำ)
a) ไม่มี Membrane บอกขอบเขตสารพันธุกรรม
b) มี Organelle ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม
c) ไม่มี Nucleolus
ก. a)
ข. a) b)
ค. a) c)
ง. a) b) c)

10. โครงสร้างใดที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อถูกย่อยด้วย Protease (น้ำย่อยโปรตีน) (การนำไปใช้)
ก. Chromatin Fiber
ข. Ribosome
ค. Nuleorus
ง. Cell Wall

11. ขั้นตอนการสังเคราะห์ Insulin ของตับอ่อนแล้วส่งออกนอกเซลล์คือ (วิเคราะห์)

A. Nucleus	B. Ribosome	C. RER
D. SER	E. Golgi Complex	F. Exocytosis

ก. A. > B. > C. > F.
ข. A. > B. > D. > F.
ค. A. > B. > C. > E. > F.
ง. A. > B. > D. > E. > F.

ภาคผนวก ค

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางที่ ค.1 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 21 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	14	4.67	0.58
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.3 กระชับ	4	5	4	13	4.33	0.58
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	5	5	14	4.67	0.58
3. สาระการเรียนรู้						
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	5	5	14	4.67	0.58
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	5	4	13	4.33	0.58
4. เนื้อหา						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	4	5	5	14	4.67	0.58
4.3 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	4	5	13	4.33	0.58
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ สร้าง ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58
5.4 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.5 เร้าความสนใจให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
5.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	5	5	14	4.67	0.58
5.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้						
6.1 กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองได้	4	5	5	14	4.67	0.58
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67	0.58
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	5	5	14	4.67	0.58
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	5	5	14	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)=4.56						
ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)=0.58						

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 3.50 ทุกข้อจากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.56 และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และสามารถนำมาจัดการเรียนรู้การสอนได้

ตารางที่ ค.2 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 22 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	14	4.67	0.58
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	5	12	4.00	1.00
2.3 กระชับ	4	5	4	13	4.33	0.58
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	4	5	13	4.33	0.58
3. สาระการเรียนรู้						
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	5	5	14	4.67	0.58
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	5	4	13	4.33	0.58
4. เนื้อหา						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	4	5	5	14	4.67	0.58
4.3 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ	4	5	5	14	4.67	0.58
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	5	5	14	4.67	0.58
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ สร้าง ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง	4	4	5	13	4.33	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.4 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.5 เร้าความสนใจให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
5.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	5	5	14	4.67	0.58
5.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้						
6.1 กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองได้	4	5	5	14	4.67	0.58
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67	0.58
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	5	5	14	4.67	0.58
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	5	5	14	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)=4.54						
ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)=0.59						

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 3.50 ทุกข้อจากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.54 และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และสามารถนำมาจัดการเรียนรู้การสอนได้

ตารางที่ ค.3 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 23 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	14	4.67	0.58
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	3	5	12	4.00	1.00
2.3 กระชับ	4	5	4	13	4.33	0.58
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	5	5	14	4.67	0.58
3. สาระการเรียนรู้						
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	5	5	14	4.67	0.58
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	5	4	13	4.33	0.58
4. เนื้อหา						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	4	5	5	14	4.67	0.58
4.3 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ	4	5	5	14	4.67	0.58
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	5	5	14	4.67	0.58
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ สร้าง ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.4 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.5 เร้าความสนใจให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
5.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	4	5	13	4.33	0.58
5.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้						
6.1 กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองได้	4	5	5	14	4.67	0.58
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	5	5	14	4.67	0.58
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	5	5	14	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)=4.54						
ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)=0.59						

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 3.50 ทุกข้อจากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.54 และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และสามารถนำมาจัดการเรียนรู้การสอนได้

ตารางที่ ค.4 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 24 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.3 กระชับ	4	5	4	13	4.33	0.58
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	5	5	14	4.67	0.58
3. สาระการเรียนรู้						
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	5	5	14	4.67	0.58
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	5	4	13	4.33	0.58
4. เนื้อหา						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	4	5	5	14	4.67	0.58
4.3 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ	4	5	5	14	4.67	0.58
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	5	5	14	4.67	0.58
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.4 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ สร้าง ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.4 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.5 เร้าความสนใจให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
5.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	5	5	14	4.67	0.58
5.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้						
6.1 กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองได้	4	5	5	14	4.67	0.58
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67	0.58
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	5	5	14	4.67	0.58
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	5	5	14	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)=4.59						
ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)=0.58						

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 3.50 ทุกข้อจากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.59 และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และสามารถนำมาจัดการเรียนรู้การสอนได้

ตารางที่ ค.5 การประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 25 ของผู้เชี่ยวชาญและค่าเฉลี่ย

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
1.2 ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4	5	5	14	4.67	0.58
1.3 สามารถวัดและประเมินผลได้	4	5	5	14	4.67	0.58
2. สาระสำคัญ						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
2.3 กระชับ	4	5	4	13	4.33	0.58
2.4 มีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4)	4	5	5	14	4.67	0.58
3. สาระการเรียนรู้						
3.1 ความยากง่ายเหมาะสมกับวัยนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
3.2 เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในหลักสูตร	4	5	5	14	4.67	0.58
3.3 กำหนดเนื้อหาเหมาะสมกับเวลาเรียน	4	5	4	13	4.33	0.58
4. เนื้อหา						
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้แกนกลาง	4	5	5	14	4.67	0.58
4.3 เนื้อหาและภาษามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ	4	5	5	14	4.67	0.58
4.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่ทำการสอน	4	5	5	14	4.67	0.58
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.2 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการออกแบบ สร้าง ประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง	4	4	5	13	4.33	0.58
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	5	5	14	4.67	0.58
5.4 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง	4	5	5	14	4.67	0.58
5.5 เร้าความสนใจให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้	4	4	5	13	4.33	0.58
5.6 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม	4	5	5	14	4.67	0.58
5.7 นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม	4	5	5	14	4.67	0.58
6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้						
6.1 กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองได้	4	5	5	14	4.67	0.58
6.2 สื่อมีความหมายชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	14	4.67	0.58

(ต่อ)

ตารางที่ ค.5 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
6.3 สื่อประสมเร้าความสนใจต่อนักเรียน	4	4	5	13	4.33	0.58
7. การวัดและประเมินผล						
7.1 วัดได้ครอบคลุมสาระการเรียนรู้	4	5	5	14	4.67	0.58
7.2 ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58
7.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีความหลากหลาย	4	5	5	14	4.67	0.58
7.4 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	4	5	5	14	4.67	0.58
ค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$)=4.60						
ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)=0.58						

จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 3.50 ทุกข้อจากการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีค่าเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.60 และค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.58 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมากที่สุด และสามารถนำมาจัดการเรียนรู้การสอนได้

ตารางที่ ค.6 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	แปลความหมาย
		1	2	3			
1	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
2	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
3	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
4	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
5	ด้านการประยุกต์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
6	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
7	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
8	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.6 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	แปลความหมาย
		1	2	3			
9	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
10	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
11	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
12	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
13	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
14	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
15	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
16	ด้านการจำแนก	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
17	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
18	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
19	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
20	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
21	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
22	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
23	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
24	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
25	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
26	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
27	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
28	ด้านการเชื่อมโยง	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
29	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
30	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
31	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
32	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
33	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
34	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
35	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
36	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+1	0.67	สอดคล้อง
37	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
38	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
39	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.6 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	แปลความหมาย
		1	2	3			
40	ด้านการประยุกต์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
41	ด้านการจำแนก	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
42	ด้านการจำแนก	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
43	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
44	ด้านการจัดหมวดหมู่	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
45	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
46	ด้านการเชื่อมโยง	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
47	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
48	ด้านการสรุปความ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
49	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
50	ด้านการประยุกต์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง

จากตารางที่ ค.6 พบว่าค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่ได้มีค่ามากกว่า 0.50 ทุกข้อ จากการประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 แสดงว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้จริง

ตารางที่ ค.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดการคิดวิเคราะห์โดยไม่อิงเนื้อหาจากบทเรียน จำนวน 50 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การนำไปใช้
1	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
2	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
3	0.23	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
4	0.37	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
5	0.53	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
6	0.17	ใช้ไม่ได้	0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
8	0.93	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
9	0.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
10	0.57	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้จริง
11	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.7 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การนำไปใช้
12	0.60	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
13	0.33	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
14	0.50	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
15	0.33	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
16	0.60	ใช้ได้	0.67	ใช้ได้	ใช้จริง
17	0.57	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
18	0.67	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
19	0.80	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
20	0.53	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
21	0.40	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
22	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
23	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
24	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
25	0.80	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
26	0.97	ใช้ไม่ได้	0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
27	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
28	0.90	ใช้ไม่ได้	0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
29	0.50	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
30	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
31	0.57	ใช้ได้	0.73	ใช้ได้	ใช้จริง
32	0.47	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
33	0.33	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
34	0.77	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
35	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
36	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
37	0.93	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
38	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
39	0.70	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
40	0.67	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
41	0.80	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
42	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
43	0.20	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.7 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การนำไปใช้
44	1.00	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
45	0.90	ใช้ไม่ได้	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
46	0.13	ใช้ไม่ได้	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
47	0.63	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
48	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
49	0.50	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้จริง
50	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง

จากตารางที่ ค.7 พบว่ามีค่าความยากระหว่าง 0.13–1.00 ซึ่งค่าความยากที่ยอมรับต้องมีค่าระหว่าง 0.20–0.80 จึงจะถือว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ข้อนั้นใช้ได้ และค่าอำนาจจำแนกที่ได้มีค่าระหว่าง 0.00–0.73 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ยอมรับคือต้องมีค่าระหว่าง 0.20–1.00 จึงจะถือว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ข้อนั้นใช้ได้ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้แสดงในตารางที่ ค.7

ตารางที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดการคิดวิเคราะห์โดยไม่อิงเนื้อหาจากบทเรียนที่ใช้จริง จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การนำไปใช้
1	0.67	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
2	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
3	0.53	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
4	0.57	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้จริง
5	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
6	0.60	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
7	0.50	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
8	0.60	ใช้ได้	0.53	ใช้ได้	ใช้จริง
9	0.50	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
10	0.67	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
11	0.80	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
12	0.53	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
13	0.33	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
14	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
15	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.8 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผล	การนำไปใช้
16	0.77	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
17	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
18	0.50	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้จริง
19	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
20	0.57	ใช้ได้	0.73	ใช้ได้	ใช้จริง
21	0.47	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
22	0.77	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
23	0.80	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
24	0.70	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
25	0.67	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
26	0.80	ใช้ได้	0.27	ใช้ได้	ใช้จริง
27	0.63	ใช้ได้	0.33	ใช้ได้	ใช้จริง
28	0.77	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
29	0.50	ใช้ได้	0.73	ใช้ได้	ใช้จริง
30	0.77	ใช้ได้	0.47	ใช้ได้	ใช้จริง

จากตารางสรุปได้ว่า การประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านของแบบวัดการคิดวิเคราะห์ พบว่ามีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.33-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.73 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ได้ถือว่าข้อสอบข้อนั้นใช้ได้ และเมื่อพิจารณาแล้วพบว่ามีแบบทดสอบที่มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด 30 ข้อ

ตารางที่ ค.9 คะแนนการทำแบบวัดการคิดวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (KR-20)

คนที่	คะแนนที่ได้ X	X^2	หมายเหตุ
1	28	784	$\sum X$ =593
2	28	784	$\sum X^2$ =12,967
3	28	784	$(\sum X)^2$ =351,649
4	27	729	
5	27	729	
6	27	729	
7	26	676	
8	25	625	
9	25	625	
10	25	625	

(ต่อ)

ตารางที่ ค.9 (ต่อ)

คนที่	คะแนนที่ได้ X	X^2	หมายเหตุ
11	24	576	
12	24	576	
13	22	484	
14	22	484	
15	21	441	
16	20	400	
17	18	324	
18	18	324	
19	18	324	
20	17	289	
21	17	289	
22	17	289	
23	17	289	
24	15	225	
25	12	144	
26	12	144	
27	9	81	
28	9	81	
29	8	64	
30	7	49	
รวม	593	12,967	

ตารางที่ ค.10 ข้อมูลการหาค่าสัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น (KR-20) จากแบบวัดการคิดวิเคราะห์

ข้อที่	p_i	q_i	$p_i q_i$
1	0.67	0.33	0.22
2	0.77	0.23	0.18
3	0.53	0.47	0.25
4	0.57	0.43	0.25
5	0.80	0.20	0.16
6	0.60	0.40	0.24
7	0.50	0.50	0.25
8	0.60	0.40	0.24

(ต่อ)

ตารางที่ ค.10 (ต่อ)

ข้อที่	p_i	q_i	p_iq_i
9	0.50	0.50	0.25
10	0.67	0.33	0.22
11	0.80	0.20	0.16
12	0.53	0.47	0.25
13	0.33	0.67	0.22
14	0.80	0.20	0.16
15	0.80	0.20	0.16
16	0.77	0.23	0.18
17	0.80	0.20	0.16
18	0.50	0.50	0.25
19	0.80	0.20	0.16
20	0.57	0.43	0.25
21	0.47	0.53	0.25
22	0.77	0.23	0.18
23	0.80	0.20	0.16
24	0.70	0.30	0.21
25	0.67	0.33	0.22
26	0.80	0.20	0.16
27	0.63	0.37	0.23
28	0.77	0.23	0.18
29	0.50	0.50	0.25
30	0.77	0.23	0.18
$\sum p_iq_i$ =6.22, S_t^2 =41.51			
r_{KR20}=0.85			

จากตารางที่ ค.9 และ ค.10 แสดงถึงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่นำไปใช้จริง จำนวน 30 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.85

ตารางที่ ค.11 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 1 เรื่องเซลล์และการทำงานของเซลล์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	แปลความหมาย
		1	2	3			
1	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
2	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
3	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
4	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
5	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
6	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
7	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
8	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
9	ความรู้-ความจำ	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
10	การนำไปใช้	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
11	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
12	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
13	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
14	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
15	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
16	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
17	การนำไปใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
18	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
19	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
20	การนำไปใช้	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
21	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
22	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
23	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
24	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
25	วิเคราะห์	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
26	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
27	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
28	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
29	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.11 (ต่อ)

ข้อที่	ระดับพฤติกรรม	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			$\sum R$	IOC	แปลความหมาย
		1	2	3			
29	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
30	การนำไปใช้	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
31	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
32	ความเข้าใจ	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
33	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
34	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
35	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
36	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
37	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
38	การนำไปใช้	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
39	ความเข้าใจ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
40	การนำไปใช้	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
41	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
42	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
43	การนำไปใช้	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
44	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
45	วิเคราะห์	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
46	การนำไปใช้	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
47	การนำไปใช้	0	+1	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
48	ประเมินค่า	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง
49	ความรู้-ความจำ	+1	+1	+1	+3	1.00	สอดคล้อง
50	การนำไปใช้	+1	0	+1	+2	0.67	สอดคล้อง

จากตารางที่ ค.11 พบว่าค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้มีค่ามากกว่า 0.50 ทุกข้อ จากการประเมินความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้จริง

ตารางที่ ค.12 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 50 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล	การนำไปใช้
1	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
2	0.40	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
3	0.53	ใช้ได้	0.26	ใช้ได้	ใช้จริง
4	0.43	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้จริง
5	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
6	0.43	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้จริง
7	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
8	0.50	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้จริง
9	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
10	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
11	0.60	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง
12	0.40	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
13	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
14	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
15	0.37	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
16	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
17	0.83	ใช้ไม่ได้	-0.02	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
18	0.43	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้จริง
19	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
20	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
21	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
22	0.83	ใช้ไม่ได้	-0.02	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
23	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
24	0.37	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
25	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
26	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
27	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
28	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
29	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
30	0.50	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
31	0.37	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.12 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล	การนำไปใช้
32	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
33	0.43	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
34	0.60	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง
35	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
36	0.90	ใช้ไม่ได้	-0.04	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
37	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
38	0.67	ใช้ได้	-0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
39	0.53	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
40	0.73	ใช้ได้	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
41	0.80	ใช้ได้	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
42	0.53	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
43	0.67	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
44	0.73	ใช้ได้	0.07	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
45	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
46	0.83	ใช้ไม่ได้	0.25	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
47	0.73	ใช้ได้	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
48	0.67	ใช้ได้	0.09	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
49	0.57	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	ใช้จริง
50	0.63	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้จริง

จากตารางที่ ค.12 พบว่ามีค่าความยากระหว่าง 0.37–0.90 ซึ่งเป็นค่าความยากที่ยอมรับคือต้องมีค่าระหว่าง 0.20–0.80 จึงจะถือว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้อนั้นใช้ได้ และค่าอำนาจจำแนกที่ได้มีค่าระหว่าง -0.20–0.49 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ยอมรับคือต้องมีค่าระหว่าง 0.20–1.00 จึงจะถือว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้อนั้นใช้ได้ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้แสดงในตารางที่ ค.12

ตารางที่ ค.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล	การนำไปใช้
1	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
2	0.40	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
3	0.53	ใช้ได้	0.26	ใช้ได้	ใช้จริง
4	0.43	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้จริง
5	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
6	0.43	ใช้ได้	0.22	ใช้ได้	ใช้จริง
7	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
8	0.50	ใช้ได้	0.48	ใช้ได้	ใช้จริง
9	0.63	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
10	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
11	0.60	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง
12	0.40	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้จริง
13	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
14	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
15	0.37	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
16	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
17	0.43	ใช้ได้	0.49	ใช้ได้	ใช้จริง
18	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
19	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
20	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
21	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
22	0.37	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
23	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
24	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
25	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
26	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
27	0.47	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	ใช้จริง
28	0.50	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้จริง
29	0.37	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง
30	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
31	0.43	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง

(ต่อ)

ตารางที่ ค.13 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	แปลผล	ค่าอำนาจจำแนก (B)	แปลผล	การนำไปใช้
32	0.60	ใช้ได้	0.38	ใช้ได้	ใช้จริง
33	0.50	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
34	0.47	ใช้ได้	0.42	ใช้ได้	ใช้จริง
35	0.53	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้จริง
36	0.67	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	ใช้จริง
37	0.73	ใช้ได้	0.34	ใช้ได้	ใช้จริง
38	0.60	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	ใช้จริง
39	0.57	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	ใช้จริง
40	0.63	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	ใช้จริง

จากตารางสรุปได้ว่า การประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่ามีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.37-0.73 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ระหว่าง 0.22-0.49 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ได้ถือว่าข้อสอบข้อนั้นใช้ได้ และเมื่อพิจารณาแล้วพบว่ามีแบบทดสอบที่มีคุณภาพที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด 40 ข้อ

ตารางที่ ค.14 ค่าความเชื่อมั่น (r_{cc}) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	X_i	X_i^2	$(X_i-C)^2$
1	32	1024	49
2	31	961	36
3	32	1024	49
4	29	841	16
5	32	1024	49
6	31	961	36
7	29	841	16
8	30	900	25
9	30	900	25
10	30	900	25
11	29	841	16
12	30	900	25
13	28	784	9
14	30	900	25
15	29	841	16

(ต่อ)

ตารางที่ ค.14 (ต่อ)

คนที่	X_i	X_i^2	$(X_i-C)^2$
16	26	676	1
17	23	529	4
18	24	576	1
19	17	289	64
20	14	196	121
21	12	144	169
22	15	225	100
23	12	144	169
24	7	49	324
25	6	36	361
26	8	64	289
27	7	49	324
28	2	4	529
29	1	1	576
30	4	16	441
รวม	630	16,640	3890
		r_{cc}=0.94	

จากตารางที่ ค.14 แสดงถึงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ที่นำไปใช้จริง จำนวน 40 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.94

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบเครื่องมือ

ตารางที่ ง.1 คะแนนแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	9	20
2	10	18
3	4	15
4	11	20
5	15	26
6	14	25
7	7	19
8	4	18
9	13	20
10	6	18
11	8	20
12	6	17
13	7	17
14	6	16
15	11	20
16	4	18
17	10	21
18	15	25
19	12	22
20	16	26
21	13	20
22	14	21
23	6	18
24	11	20
25	5	15
26	12	20
27	9	20
28	13	21
29	14	20
30	13	20

(ต่อ)

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบการคิดวิเคราะห์ (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
31	12	23
คะแนนเฉลี่ย	10	19.97

ตารางที่ ง.2 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

คนที่	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)
1	31
2	33
3	35
4	28
5	30
6	32
7	33
8	30
9	32
10	31
11	35
12	32
13	34
14	29
15	34
16	30
17	28
18	29
19	28
20	34
21	33
22	30
23	33
24	30
25	35

(ต่อ)

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)
26	29
27	32
28	31
29	30
30	28
31	29
ค่าเฉลี่ย	31.23
S.D.	2.25
ร้อยละ	78.06

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร	กศ.ด. (วิทยาศาสตรศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน
2. รองศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต.ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง	กศ.ด. (วิจัยและประเมินผล) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและการประเมิน
3. นางประภัสศรี ภิรมย์	กศ.ม. (ชีววิทยา) ตำแหน่ง ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอน



ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/๒๗๒๓๕ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๙ สิงหาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน รองศาสตราจารย์กัญญารัตน์ โคจร

ด้วย นางสาวรดิมา บุญแนน รหัสประจำตัว ๖๖๔๐๑๐๓๐๐๑๐๗ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นิตา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๔๗ ๔๒๓ ๖๓๒๗



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ที่ อา ๐๖๑๙.๐๒/๓๖๙ วันที่ ๙ สิงหาคม ๒๕๖๗
เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย
เรียน ร.ต.ดร.อรัญ ชุยกระเดื่อง

ด้วย นางสาวรดีมา บุญแนน รหัสประจำตัว ๖๖๔๐๑๐๓๐๐๑๐๙ นักศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐ อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์วนิดา ผาระนัด)
รองคณบดีฝ่ายบริหาร รักษาราชการแทน
คณบดีคณะครุศาสตร์



ที่ อว ๐๖๑๙.๐๒/ว๗๒๓๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
๔๔๐๐๐

๙ สิงหาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางประภัสศรี ภิรมย์

ด้วย นางสาวรติมา บุญแนน รหัสประจำตัว ๖๖๘๐๑๐๓๐๐๑๐๗ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา ระดับปริญญาโท รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยบรรลุตามวัตถุประสงค์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวิจัย

เพื่อ ☑ ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา
☑ ตรวจสอบความเหมาะสมด้านการวัดและประเมินผล
☑ ตราจสอบความเหมาะสมของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
☐อื่นๆ ระบุ.....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วันดา ผาระนัด)
รองคณบดี รักษาราชการแทนคณะครุศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

คณะครุศาสตร์
สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
โทรศัพท์ ๐๔๗ ๔๒๓ ๖๓๒๗

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

รติมา บุญแนน และพรรณวิไล ดอกไม้. (2568). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เซลล์และการทำงานของเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม,* 19(3), กันยายน-ธันวาคม.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวรติมา บุญแนน

วันเกิด 14 มิถุนายน 2543

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 109 หมู่ 9 ตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120

E-mail 668010300107@rmu.ac.th

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2566 วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2568 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม