การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วรรณชนก เปรมบุญ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วรรณชนก เปรมบุญ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5"

ของ วรรณชนก เปรมบุญ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

--- ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลฉัตร กล่อมอิ่ม)

--- ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์)

--- กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

--- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ)

--- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ จันทะคุณ)

อนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย วรรณชนก เปรมบุญ

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์

กรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ กศ.ม. หลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

คำสำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้, การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, แบบจำลอง, การคิดเชิงระบบ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1. สร้างและประเมินระสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2. เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน 3. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม อยู่ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ จำนวน 40 คน ได้จากวิธีการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน 2) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ 3) แบบประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 และการทดสอบ t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ที่ระดับมากที่สุด (Mean = 4.50, S.D. = 0.51) และมีประสิทธิภาพ 75.23/75.31 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

2) ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน อยู่ในระดับมาก (Mean = 4.33, S.D. = 0.69)

Title DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES BY USING MODEL BASED LEARNING ON THE TOPIC OF IMMUNE SYSTEM TO ENHANCE SYSTEMS THINKING ABILITY FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS

Author Wanchanok Parmboon

Advisor Associate Professor Monasit Sittisomboon, Ph.D.

Co-Advisor Assistant Professor Angkana Onthanee, Ph.D.

Academic Paper M.Ed. Thesis in Curriculum and Instruction - (Type A 2), Naresuan University, 2023

Keywords Learning Activities, Model Based Learning, Model, Systems Thinking

ABSTRACT

The purposes of this research included 1. create and evaluate the effectiveness of learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system according to the criteria 75/75. 2. compared the system thinking ability between before and after using the learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system. 3. study the satisfaction of students with the learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system. The researcher followed the research processes of Research and Development. The sample group of 40 in eleventh grade students in the semester 2 of academic year 2022 at Bangkrathum Pittayakom School under The Secondary Educational Service Area Office Phitsanulok Uttaradit. The sample group was selected by using Sample random sampling. The scopes of the research tools were 1) the learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system. 2) the systems thinking ability test. 3) the satisfaction questionnaire of students to towards learning with learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system. The statistics used for data analysis were percentage, mean, standard deviation, efficiency (E_1/E_2) and hypothesis testing by using the t-test.

The results were found that:

1) the learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system was at a highest level of appropriateness (Mean = 4.50, S.D. = 0.51) and efficiency at 75.23/75.31 which mean it met the criterion 75/75.

2) the systems thinking ability of students after using the learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system were higher than before learning at .05 statistic significant level.

3) the satisfaction of students towards learning activities by using Model Based Learning on the topic of immune system was at high level. (Mean = 4.33, S.D. = 0.69)

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.มนสิช สิทธิสมบูรณ์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ธำรงโสตถิสกุล อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราณี นางงาม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และนางสาวศรัญญา มงคล ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยอย่างละเอียด พร้อมให้ข้อเสนอแนะที่ผู้วิจัยสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยได้อย่างแท้จริง

ขอขอบพระคุณ ดร.ปิยะชัย ภู่จันทร์ดิฐกุล ผู้อำนวยการโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย และนักเรียนทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียนต่อไป

วรรณชนก เปรมบุญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

ขอบเขตของการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

สมมติฐานของการวิจัย 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และการนำไปใช้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) 13

กิจกรรมการเรียนรู้ 23

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 31

การคิดเชิงระบบ 42

ความพึงพอใจ 64

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..74

กรอบแนวคิดในการวิจัย...81

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย...82

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..82

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 94

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5...99

บทที่ 4 ผลการวิจัย 105

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..105

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 111

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....................................112

บทที่ 5 บทสรุป 115
สรุปผลการวิจัย 116
อภิปรายผล 117
ข้อเสนอแนะ 121
บรรณานุกรม 122
ภาคผนวก 131
ประวัติผู้วิจัย 199

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน......................16

ตารางที่ 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565....................20

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของ บุญเลี้ยง ทุมทอง (2553)....................58

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)....................62

ตารางที่ 5 แสดงมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 84

ตารางที่ 6 การเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์หรือแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นมาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบตามกระบวนการการจัดการเรียนรู้....................86

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะเนื้อหาสาระสำคัญของเรื่อง และแบบจำลองทางชีววิทยาตามการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้....................87

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดการเก็บคะแนนในการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ 93

ตารางที่ 9 แสดงแบบแผนการทดลอง 94

ตารางที่ 10 แสดงสาระการเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบที่สร้าง และข้อสอบที่ต้องการวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน....................96

ตารางที่ 11 แสดงเกณฑ์การวัดการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาจาก ตัวบ่งชี้ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)......................................96

ตารางที่ 12 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน 106

ตารางที่ 13 แสดงผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนประกอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้... 108

ตารางที่ 14 แสดงการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและเวลา................ 110

ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ตามเกณฑ์ 75/75 กับนักเรียน จำนวน 9 คน 111

ตารางที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.................... 111

ตารางที่ 17 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนมีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ.. 112

ตารางที่ 18 ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.. 181

ตารางที่ 19 ผลการประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.. 183

ตารางที่ 20 แสดงการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและเวลา................ 185

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75 กับนักเรียน จำนวน 9 คน 186

ตารางที่ 22 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากผู้เชี่ยวชาญ.. 187

ตารางที่ 23 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 188

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 190

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 192

ตารางที่ 26 ผลการศึกษาความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 193

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน....41

ภาพที่ 2 แผนภาพวินัย 5 ประการของ Peter M. Senge....50

ภาพที่ 3 แสดงทฤษฎีว่าด้วยการคิด“มองให้ทะลุภูเขาน้ำแข็ง” 51

ภาพที่ 4 แสดงระดับของการวิเคราะห์ระบบที่เปรียบเสมือนภูเขาน้ำแข็ง 53

ภาพที่ 5 แสดงรูปการไหลของน้ำเป็นแบบแผนตามโครงสร้างใต้น้ำ....54

ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างที่ทับซ้อนกันเป็นลำดับอยู่บนภาพจำลองความคิด....55

ภาพที่ 7 รูปแสดงทฤษฎีแรงจูงใจของวรูม (Vroom’s Expectancy Theory)....67

ภาพที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย....81

ภาพที่ 9 ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ 196

ภาพที่ 10 ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ).... 197

ภาพที่ 11 ผลงานนักเรียน 198

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

โลกในปัจจุบันเป็นโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หรือเรียกว่าโลกในศตวรรษที่ 21 มีความเป็นพลวัตรและซับซ้อนยิ่งขึ้น อีกทั้งปัจจุบันโลกเต็มไปด้วยปัญหาต่าง ๆ มากมาย ซึ่งแต่ละปัญหาก็มีความซับซ้อน และยังส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาอื่นตามมาได้ โดยปรากฏการณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นในส่วนใดของโลกล้วนแล้วแต่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน มีผลกระทบต่อกัน และมีอิทธิพลต่อกันและกัน ตัวเราเป็นส่วนหนึ่งของระบบต่าง ๆ ตั้งแต่ระบบครอบครัว ครอบครัวก็เป็นระบบหนึ่งในชุมชน ชุมชนก็เป็นระบบหนึ่งของสังคมไทย และสังคมไทยก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบสังคมโลก หากลองพิจารณาดูแล้วไม่มีสิ่งใดเกิดขึ้นลอย ๆเพราะสิ่งต่าง ๆ บนโลกมักเชื่อมโยงซับซ้อนกันอยู่ การจะดำรงชีวิตและเข้าใจปัญหายุคปัจจุบันนี้นี้ต้องอาศัยทักษะการคิดเป็นอย่างมาก เราจึงควรฝึกคิดถึงสิ่งต่าง ๆ ในลักษณะเชื่อมโยง คิดแบบองค์รวม มองให้เห็นภาพรวมทั้งหมดเพื่อช่วยให้เราคาดการณ์และเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ทั้งระบบไม่ใช่ส่วนใดส่วนหนึ่งเท่านั้นวิธีคิดเช่นนี้เรียกว่า Systems Thinking คือวิธีคิดกระบวนระบบหรือการคิดเชิงระบบ (ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์, ธนา นิลชัยโกวิทย์, อดิศร จันทรสุข, พงษธร ตันติฤทธิศักดิ์, และอัญชลี สถิรเศรษฐ์, 2551 น. 13-23) และทักษะการคิดเชิงระบบนั้น เป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกยุคปัจจุบัน ประชากรชาวไทยในฐานะที่เป็นพลเมืองโลกจึงควรได้รับการพัฒนาทักษะด้านนี้เช่นกัน นอกจากนี้การคิดเชิงระบบยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งของทักษะการเรียนรู้ของบุคคลในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการคิดอย่างเป็นระบบจะช่วยในการวางแผนเป็นขั้นตอนก่อนจะดำเนินการทำกิจกรรมต่างๆ ซึ่งในยุคโลกาภิวัตน์ข้อมูลสารสนเทศต่างๆมีเป็นจำนวนมาก และยังสามารถหาได้อย่างง่ายดาย ประชากรยุคใหม่จึงต้องมีทักษะสูงในการเรียนรู้และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในการที่จะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสมัยใหม่ (วิจารณ์ พานิช, 2558, น. 18-31) การคิดเชิงระบบจึงเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนในโลกปัจจุบันและอนาคตจำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีความซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ผู้สอนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบให้แก่ผู้เรียน (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560, น. 209-224)

การคิดเชิงระบบมีความสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกเหนือจากการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะ

กระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้า สร้างความรู้และสามารถแก้ปัญหาที่หลากหลายได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) อีกทั้งมีปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ซึ่งกำหนดสมรรถนะสำคัญของนักเรียน โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการซึ่งสมรรถนะสำคัญประการหนึ่งคือความสามารถในการคิดของผู้เรียนโดยเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 4) นอกจากนี้การคิดเชิงระบบยังมีความสำคัญในฐานะเป็นเครื่องมือวางแผน และพัฒนาระบบเป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งการคิดเชิงระบบมีความสำคัญที่เป็นรูปแบบการคิดขั้นสูงที่มนุษย์ใช้ในการมองปัญหา ด้วยการสร้างความเข้าใจกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นๆ โดยมององค์ประกอบของปัญหามีปัจจัยย่อยอะไรบ้าง หลังจากนั้นจึงทำการพิจารณาว่าปัจจัยเหตุย่อยประกอบไปด้วยอะไรบ้าง จากนั้นพิจารณาต่ออีกว่าปัจจัยย่อยของปัญหานั้นมีความเชื่อมโยงกันในลักษณะเป็นเหตุเป็นผลกันอย่างไรบ้าง เป็นกระบวนการคิดที่มองปัญหาแบบองค์รวม (มนตรี แย้มกสิกร, 2546) การคิดเชิงระบบยังถือเป็นส่วนสำคัญของการเรียนรู้ในรายวิชาวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะบริบทและเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ปัจจัยหลายอย่าง ที่ส่งผลต่อกันในลักษณะลูกโซ่ (Evagorou et al, 2009 อ้างถึงใน ชนาธิป โหตรภวานนท์, สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ, 2562, น. 64-75) กล่าวว่าการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างการเชื่อมโยงองค์ประกอบส่วนต่างๆในระบบ จนสามารถเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของระบบและผลกระทบซึ่งกันและกันของแต่ละส่วน นำไปสู่การสร้างกำเกณฑ์ของปรากฏการณ์โดยยังคงตระหนักถึงความสัมพันธ์ และการพึ่งพาซึ่งกันและกันของส่วนประกอบต่างๆภายในระบบที่ซับซ้อน (Assaraf et al, 2013 อ้างถึงใน ชนาธิป โหตรภวานนท์, สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ, 2562, น. 64-65)

การคิดเชิงระบบมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวิชาชีววิทยา โดยการคิดเชิงระบบ มีรากฐานมาจากทฤษฎีระบบทั่วไป (General System Theory) ที่เสนอโดย ลุดวิก ฟอน แบร์ทาลันฟี (Ludwig Von Bertalanffy) ศาสตราจารย์ด้านชีววิทยา ชาวออสเตรียน ฟอน แบร์ทาลันฟี เป็นผู้ริเริ่มนำเอาแนวคิดแบบองค์รวมมาแทนพื้นฐาน แบบกลไกของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชีววิทยานั้นจำต้องอาศัยวิธีคิดแบบองค์รวมในการอธิบาย แนวคิดหลักของแบร์ทาลันฟีคือเรื่อง ระบบเปิด (Open System) เป็นแนวคิดที่มองเห็นว่าระบบชีวิตเป็นระบบเปิด ซึ่งหมายความว่าระบบชีวิตนั้นต้องอาศัยการเลื่อนไหลต่อเนื่องของสสารและพลังงานจากสภาพแวดล้อมในการดำรงชีวิตอยู่ ระบบเปิดจึงดำรงตนอยู่ในภาวะสมดุลที่ห่างไกลจากจุดดุลยภาพคงที่มีการปรับตัวในลักษณะเลื่อนไหลและแปรเปลี่ยน

อยู่ตลอดเวลา เรียกว่า ภาวะสมดุลเลื่อนไหล (Flowing Balance) ระบบเปิดซึ่งกล่าวถึงการเลื่อนไหล ทำให้มีการคิดและนำไปพัฒนาต่อในสาขาวิชาอื่นๆ ทฤษฎีของเขาได้มีการประยุกต์ใช้ทั้งในด้านคณิตศาสตร์เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า และระบบอื่นๆ อีกมาก (ปิยนาถ ประยูร, 2548, น. 18-20) รวมถึงการคิดเชิงระบบมีการนำไปใช้ในการจัดการศึกษาทั้งในระบบใหญ่ที่เกี่ยวกับการปรับหรือปฏิรูปการศึกษา และระบบย่อยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการในชั้นเรียน การคิดเชิงระบบเป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนในโลกปัจจุบันและอนาคตจำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีความซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง (Hoban, 2010 อ้างถึงในฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560, น. 209-224)

ลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างเป็นระบบ คือ มีความสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ และสำรวจคุณสมบัติขององค์ประกอบได้อย่างรวดเร็ว (Verhoeff et al, 2008, pp. 543-568) วิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และปัญหาที่เกิดขึ้นในบริบทที่กว้างขึ้น คำนึงถึงสาเหตุและผลกระทบที่หลากหลายภายในความสัมพันธ์ (Riess & Mischo, 2010, pp. 705-725) ค้นหา และนำเสนอพลวัตของการดำเนินการภายใต้รูปแบบของพฤติกรรมภายในระบบ พยากรณ์ผลลัพธ์ในระยะยาวที่สามารถเกิดขึ้นได้จากสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง (Boersma, Waarlo & Klaassen, 2011, pp. 190-197) ระยะเวลาจะสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้โดยเฉพาะแขนงวิชาชีววิทยาที่เป็นอีกหนึ่งวิชาที่สามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบได้ (Tripto, Assaraf, Snapir & Amit, 2016, pp. 564-595) และเนื่องจากรายวิชาชีววิทยา มีส่วนที่เป็นระบบอันซับซ้อนอยู่มากมาย เช่น ในระบบเซลล์ อันเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใหญ่กว่า คือ ระบบเนื้อเยื่อ และเกี่ยวเนื่องไปจนถึงระดับโลกของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากนักเรียนต้องทำความเข้าใจในแต่ละส่วนแล้วจึงนำมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นระบบอันซับซ้อนขึ้นโดยไม่ลืมกระบวนการทำงานของส่วนย่อยๆนั้น ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ จึงควรวางรากฐานการคิดอย่างเป็นระบบโดยกำหนดเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ ในกลุ่มสาระวิชาต่างๆ ให้ผู้สอนสอดแทรกการคิดอย่างเป็นระบบ และพัฒนาทักษะคิดเชิงระบบของนักเรียนในการทำกิจกรรม หรือกำหนดเป็นพฤติกรรมหนึ่งในการจัดกิจกรรมพัฒนานักเรียนโดยการใช้สื่อต่างๆ การให้ความรู้ในหลักการแนวทางการฝึกปฏิบัติ และการประยุกต์ใช้การคิดอย่างเป็นระบบสู่การทำงาน ด้วยการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558, น. 307)

จากการจัดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบัน พบว่า การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่มีการเรียนรู้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่งโดยเน้นไปที่ส่วนต่างๆของระบบแทนที่จะเน้นทั้งระบบและเรียนแบบแยกส่วนมากกว่าจะเน้นให้เห็นการดำเนินการของระบบโดยรวม (Hannon & Ruth, 2013, pp. 21-30) โดยเฉพาะในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนต้องทำความเข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์ของ

องค์ประกอบต่างๆที่ได้เรียนมาและผลกระทบจากองค์ประกอบนั้นกับส่วนอื่น ๆ ของระบบด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ หรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ผิดพลาดนำมาสู่การเข้าใจที่ผิดพลาด (Boersma, Waarlo & Klaassen, 2011, pp. 190-197) และพบว่า ปัญหาในการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นนั้นเกิดจากการที่เผชิญกับรูปแบบของระบบอันซับซ้อน (Tripto, Assaraf, Snapir & Amit, 2016, pp. 564-595) ดังนั้นวิธีการการที่จะช่วยเหลือนักเรียน ให้สามารถรับมือกับระบบอันซับซ้อนนี้ได้นั้น ต้องปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยเน้นการสร้างความเข้าใจ และเน้นวิธีการที่ช่วยให้เกิดการร่วมมือกันเรียนรู้ อภิปราย และสะท้อนคิด (Jacobson & Wilensky, 2006, pp. 11-34) รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงควรที่จะเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบเดิมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และการสร้างแบบจำลองระบบเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อให้นักเรียนได้รับแนวคิดที่จะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ (National Research Council, 2015) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) นั้นเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนทำความเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายข้อค้นพบทำนายเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหตุการณ์หรือการทดลองที่เกิดขึ้นซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นนามธรรม เข้ากับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงโดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นอาจอยู่ในรูปแบบของ ภาพวาด คำพูด ลักษณะท่าทางหรือสัญลักษณ์ จากนั้นนักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์จากแหล่งข้อมูลต่างๆว่า สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงใด หากไม่สามารถอธิบายได้นักเรียนก็จำเป็นต้องดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองจนกระทั่งสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง และพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รวมไปถึงการนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557 น. 86-99) นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น สามารถพัฒนาการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพ โดยช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจในแต่ละหน่วยย่อยของระบบได้ เพราะทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองในเชิงรูปธรรม และนำไปพัฒนาต่อยอดจนสามารถสร้างแบบจำลองนามธรรม อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งในกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนจะต้องเรียนรู้ส่วนประกอบแต่ละส่วนนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง และเชื่อมโยงแต่ละแบบจำลองย่อยเข้าเป็นระบบโดยรวมของแบบจำลองหลักได้ (Coll, France & Taylor, 2005, pp. 183-198) หรือการศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นของ Evagorou et al. (2009) ซึ่งพบว่าในระหว่างกระบวนการ

สร้างแบบจำลองของนักเรียนนั้น นักเรียนมีการใช้ทักษะการสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ และสามารถนำมาใช้ในการสร้างชิ้นงานได้อีกด้วย

จากที่มาและความสำคัญ ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าทักษะความสามารถในการคิดเชิงระบบมีความสำคัญเป็นลำดับต้นๆในชีวิตการดำรงอยู่บนโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงเช่นปัจจุบัน และเป็นสมรรถนะสำคัญในการเรียนรู้ ทั้งนี้ในชั้นเรียนวิชาชีววิทยามีลักษณะเนื้อหาที่มีความซับซ้อนประกอบไปด้วยระบบต่างๆอยู่มากต้องอาศัยทักษะการคิดเชิงระบบมาใช้ร่วมด้วย และเนื้อหาชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นนามธรรมหรือทฤษฎี การใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการประกอบการศึกษา ผู้วิจัยประสงค์เพื่อช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียนสู่การเข้าใจเนื้อหาวิชาชีววิทยามีลักษณะเนื้อหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง ซึ่งการส่งส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบก็เป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์ของหนึ่งในทักษะของหลักสูตรสมรรถนะอีกด้วย จึงนำมาสู่ การศึกษาวิจัยครั้งนี้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคุณภาพ

2. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีความพึงพอใจและสนใจในการเรียนมาก

3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้อื่น หรือระดับชั้นอื่น

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตสำหรับการวิจัยเรื่องนี้ประกอบไปด้วยขอบเขตการวิจัยของ 3 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

1. ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน มีคุณสมบัติดังนี้

1.1 เป็นอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา สาขาหลักสูตรและการสอน สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิตด้านหลักสูตรและการสอนและมีประสบการณ์ด้านการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปีจำนวน 1 คน

1.2 เป็นอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษา สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิตด้านชีววิทยาและมีประสบการณ์ด้านการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปีจำนวน 1 คน

1.3 เป็นครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญหรือชำนาญการพิเศษทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และมีประสบการณ์ด้านการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปีจำนวน 1 คน

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ปีการศึกษา 2565 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.1 การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1 : 1) ด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ได้แก่ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูงจำนวน 1 คนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 1 คน และนักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าปานกลางจำนวน 1 คนเพื่อหาข้อจำกัด และพัฒนาความเหมาะสมในด้านต่างๆ คือด้านเนื้อหาด้าน ภาษาด้านเวลา และด้านสื่อการสอนที่ใช้

2.2 การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 3) ด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน ได้แก่ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับสูงจำนวน 3 คนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 3 คนและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าปานกลางจำนวน 3 คนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหา รายวิชารายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 เรื่อง ดังนี้

(1) กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม

(2) การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน

(3) ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

ขอบเขตด้านตัวแปร

1. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้
2. ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 40 คน ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหา รายวิชารายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 เรื่อง ดังนี้

(1) กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม

(2) การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน

(3) ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ตัวแปรตาม คือ การคิดเชิงระบบ

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 40 คน

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ความพึงพอใจของนักเรียนของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ความพึงพอใจ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน** หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาเป็นลำดับขั้นตอน ที่ส่งเสริมทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้ และสิ่งนั้นทำให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยนำทฤษฎีหรือปรากฏการณ์มาสร้างเป็นโมเดลขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอน ทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ โดยผ่านการฝึกพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และเชื่อมโยงไปสู่อธิบาย ทดสอบ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิดผู้วิจัยลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียน

พิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำและใช้คำถามประกอบให้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่าน แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)

2. ความสามารถในการคิดเชิงระบบ (Systems thinking) หมายถึง กระบวนการคิดแบบองค์รวมมองถึงสิ่งที่กำลังศึกษาในเชิงลึกลงไปถึงองค์ประกอบย่อยภายใน มองในลักษณะเชื่อมโยงการทำงานภายในระบบนั้นรวมถึงการทำงานของระบบนั้นกับสิ่งแวดล้อมของตัวมันเองด้วย และเมื่อมีสิ่งใดสิ่งหนึ่งผิดปกติเกิดขึ้นกับระบบ สามารถระบุ และค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบได้ รวมถึงต้องใช้วิธีการคิดแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น ในการสืบเสาะหาวิธีการแก้ปัญหาและปริศนา ในการตีความระบบที่มีความซับซ้อนได้อย่างเข้าใจในการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบประกอบไปด้วยตัวบงชี้ 3 ข้อดังต่อไปนี้

1. การคิดแบบองค์รวม คือ การคิดที่เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมด เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่มองเฉพาะส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ปรากฏการณ์ และการระบุสาเหตุของปัญหา

2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง คือ การคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา และเขียนความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแผนภาพ

3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือ การคิดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ได้แก่ การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถวัดได้จากแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบเชิงสถานการณ์ ข้อคำถามใช้ประเมินตัวบงชี้ 3 ข้อ ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ คือ การคิดแบบองค์รวม การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

3. การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การตรวจสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยนำไปทดลองใช้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากิจกรรมนั้นมีประสิทธิภาพก่อนที่จะผลิตออกมาเป็นจำนวนมากเพื่อนำไปใช้สอนจริงโดยกำหนดเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพของของกิจกรรมการเรียนรู้ E_1 / E_2 คือ 75/75

75 ตัวแรกหมายถึงร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมใบงานหรือใบกิจกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

75 ตัวที่สองหมายถึงร้อยละของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่นักเรียนได้ทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4. **ความพึงพอใจ หมายถึง** ความรู้สึกในด้านบวกหรือความรู้สึกชอบของนักเรียนต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ซึ่งวัดได้จากแบบประเมินความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ท (Likert)

สมมติฐานของการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และการนำไปใช้
   1.1 ความสำคัญของการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์
   1.2 วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
   1.3 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
   1.4 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
   1.5 คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา 4 ว32244 สาระชีววิทยา
   1.6 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 4 ว32244 สาระชีววิทยา
2. กิจกรรมการเรียนรู้
   2.1 ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้
   2.2 องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้
   2.3 ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี
   2.4 การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้
3. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.1 ความสำคัญของแบบจำลอง
   3.2 ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.3 ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์
   3.4 ความเป็นมาของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.5 ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุนการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.6 ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

4. การคิดเชิงระบบ

4.1 ความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ

4.2 ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

4.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ

4.4 แนวคิดของการคิดเชิงระบบ

4.5 วิธีคิดและกระบวนการคิดเชิงระบบ

4.6 การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ

5. ความพึงพอใจ

5.1 ความหมายของความพึงพอใจ

5.2 แนวคิด หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

5.3 วิธีสร้างความพึงพอใจ

5.4 การวัดความพึงพอใจ

5.5 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และการนำไปใช้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1. ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 92) วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม

2. วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 127-128) เป็นรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ถึงแม้ว่าสถานศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนได้เรียนตามความเหมาะสมและตามจุดเน้นของสถานศึกษา แต่ในแนวทางปฏิบัติสถานศึกษาควรจัดให้ผู้เรียนได้เรียนทุกสาระ เพื่อให้มีความรู้เพียงพอในการนำไปใช้เพื่อการศึกษาต่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาของวิชาโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ที่สถานศึกษามักมองข้ามความสำคัญของการเรียนสาระนี้ ซึ่งเป็นการบูรณาการ

ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยา รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อมาช่วยในการอธิบายและเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ทั้งการเปลี่ยนแปลงบนผิวโลก การเปลี่ยนแปลงภายในโลกและการเปลี่ยนแปลงทางลมฟ้าอากาศ ซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดดังกล่าวล้วนส่งผลซึ่งกันและกัน รวมทั้งสิ่งมีชีวิตด้วยและที่สำคัญคือ ความรู้ในวิชานี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาต่อเพื่อประกอบอาชีพในหลาย ๆ ด้าน เช่น อาชีพที่เกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ การเดินเรือ การบิน การเกษตร การศึกษาประวัติศาสตร์ วิศวกร อุตสาหกรรมน้ำมัน เหมือง นักธรณีวิทยา นักอุตุนิยมวิทยา นักดาราศาสตร์ นักบินอวกาศ ดังนั้นพื้นฐานความรู้ทางวิชาโลกดาราศาสตร์และอวกาศจะช่วยเปิดโอกาสทางด้านอาชีพที่หลากหลายให้กับผู้เรียน เพราะในอนาคตข้างหน้า นอกจากมนุษย์จะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่ตัวเองอาศัยอยู่แล้ว ยังต้องพัฒนาตนเองเพื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่อยู่นอกโลกเพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นกลับมาพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น

3. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

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

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนองการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศประชากร

และรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมีการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกส์อย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยินปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสารรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมีดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีกฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและ

อนุภาค กัมมันตภาพรังสีแรงนิวเคลียร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์ อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา 4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ 16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ การสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ภูมิแพ้การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	• กลไกที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบจำเพาะและแบบไม่จำเพาะ • ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ ที่ผิวหนังช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และเมื่อเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและโมโนไซต์จะมีการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส ส่วนอีโอซิโนฟิลเกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิต เบโซฟิลเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการแพ้ซึ่งเป็นการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ • การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของลิมโฟไซต์ชนิดเซลล์บีและเซลล์ที • อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและตอบสนองของลิมโฟไซต์ประกอบด้วย ต่อมน้ำเหลือง ทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		• การสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของร่างกาย มี 2 แบบ คือ ภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา • การได้รับวัคซีนหรือทอกซอยด์เป็นตัวอย่างของภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้น ด้วยวิธีการให้สารที่เป็นแอนติเจนเข้าสู่ร่างกาย ส่วนภูมิคุ้มกันรับมาเป็นการรับแอนติบอดีโดยตรง เช่น การได้รับซีรัม การได้รับน้ำนมแม่ • เอดส์ภูมิแพ้และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง เป็นตัวอย่างของอาการที่เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ทำงานผิดปกติ

5. คำอธิบายรายวิชา รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ศึกษาเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต ทั้งจุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์ การย่อยอาหาร ของมนุษย์ อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อยอาหารของมนุษย์ ความผิดปกติของทางเดินอาหารในมนุษย์ ศึกษาเกี่ยวกับระบบหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและของสัตว์ การแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส การแลกเปลี่ยนแก๊ส กลไกการหายใจ การควบคุมการหายใจ การวัดอัตราการหายใจ ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอด และโรคระบบทางเดินหายใจ

ศึกษาเกี่ยวกับระบบหมุนเวียนเลือด การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์และของมนุษย์ ระบบน้ำเหลือง ระบบภูมิคุ้มกัน กลไกการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน กลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบขับถ่าย การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและของสัตว์ การขับถ่ายของมนุษย์ ไตและอวัยวะในระบบขับถ่ายปัสสาวะ ไตกับการรักษาดุลยภาพของร่างกาย โรคที่เกี่ยวข้องกับไต โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง

เป็นฐาน ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง ให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ และนำปรากฏการณ์นั้นมาอธิบายผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาได้อย่างเป็นรูปธรรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง การอภิปราย การอธิบาย และการสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม

6. ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลอธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหาร แบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหาร แบบสมบูรณ์

2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลานาเรีย

3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึม สารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์

4. สืบค้นข้อมูลอธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการ แลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์

7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

11. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุป การหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา

13. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh

14. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ การสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา

17. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดราพลานาเรียไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย

20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต

21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

รวมทั้งหมด 21 ผลการเรียนรู้

ตารางที่ 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ชีววิทยา 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/หน่วยการเรียนรู้ย่อย	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	น้ำหนักคะแนน
13	ระบบย่อยอาหาร	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหารสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ 2. สังเกต อธิบายการกินอาหารของไฮดรา และพลานาเรีย 3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างหน้าที่และกระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์	10	10
14	ระบบหายใจ	4. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดินแมลง ปลา กบและนก 5. สังเกตและอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม 6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ 7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	12	10

หน่วยการเรียนรู้	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/หน่วยการเรียนรู้ย่อย	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	น้ำหนักคะแนน
15	ระบบหมุนเวียนเลือดและระบบน้ำเหลือง	8. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด 9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือดและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกบความเร็วในการไหลของเลือด 10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ 11. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์และเขียนแผนผงสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ 12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดงเซลล์เม็ดเลือดขาวเพล็ตเลตและพลาสมา 13. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh 14. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลืองรวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลืองและต่อมน้ำเหลือง	14	10
		สอบกลางภาค	1	20

หน่วยการเรียนรู้	ชื่อหน่วยการเรียนรู้/หน่วยการเรียนรู้ย่อย	ผลการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	น้ำหนักคะแนน
16	ระบบภูมิคุ้มกัน	15.สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ 16. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ภูมิแพ้การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	12	10
17	ระบบขับถ่าย	18. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดินแมลงและสัตว์มีกระดูกสันหลัง 19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไตและโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากรางกาย 20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายและเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต 21. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ	10	10
		สอบปลายภาค	1	30
		รวมทั้งหมด	60	100

จากตารางโครงสร้างรายวิชาโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 4 ว32244 สาระชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้เลือกทำวิจัยใน หน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน จำนวน 12 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นเนื้อหาในการพัฒนา การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง

เป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2555, น. 11) อธิบายความหมายของ กิจกรรมการเรียนรู้ในพจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ไว้ว่า กิจกรรม (activity) คือ 1.ภารกิจที่ผู้สอนหรือผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และการพัฒนาทั้งในและนอกชั้นเรียน 2.กระบวนการเรียนรู้หรือสร้างนิสัยที่มีลำดับขั้นตอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ และการเรียนรู้ (learning) คือ กระบวนการหรือวิธีการเรียนรู้ที่บุคคลใช้ในการสร้างความหมายของข้อมูลและสิ่งเร้าต่างๆ ที่รับเข้ามาทางประสาทสัมผัส ให้เกิดเป็นความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ เจตคติ ความรู้สึก และพฤติกรรมที่พึงประสงค์ การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ จากประสบการณ์ และการฝึกหัดอบรมบ่มนิสัย ทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ

ชนาธิป พรกุล (2552, น. 7) ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง งานที่ผู้เรียนทำแล้วเกิดการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยที่แสดงออกเป็นพฤติกรรมที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ในตอนแรก

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546, น. 72) อธิบายความหมายของ กิจกรรมการเรียนรู้ไว้ว่า การปฏิบัติต่างๆที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนเพื่อให้การสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและการเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุสู่จุดประสงค์การสอนที่กำหนดไว้

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้หรือสร้างนิสัยที่มีลำดับขั้นตอน ประกอบไปด้วยภารกิจที่ผู้สอนและผู้เรียนปฏิบัติให้เกิดประสบการณ์ที่ส่งเสริมทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และการเรียนรู้ของผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

2. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับองค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2547, น. 157) ได้อธิบายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่สมบูรณ์จะต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. พฤติกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน ได้แก่ อาการต่างๆ ของผู้เรียนที่สังเกตได้ เช่น อ่าน เล่าเรื่อง อธิบาย บอก ชี้ หยิบ เลือก ตอบ สรุป ทำ เขียน ฟัง ปฏิบัติ จับใจความ เป็นต้น

2. สถานการณ์หรือเงื่อนไขที่ทำให้เกิดพฤติกรรม ได้แก่ โอกาสหรือสภาพ ทำให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมออกมา เช่น เมื่อกำหนดข้อความให้ เมื่อฟังคำโฆษณาแล้ว หลังจากฟังเพื่อนเล่านิทานแล้ว เมื่ออ่านเข้าใจบทเรียนแล้ว เป็นต้น

3. เกณฑ์หรือระดับความสามารถของพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกมาขั้นต่ำสุดที่จะยอมรับได้ว่าผู้เรียนเกิดความรู้จริง นั่นคือ ผ่านหรือไม่ผ่านจุดประสงค์ เช่น ทำได้ทุกข้อ อ่านได้ถูกต้อง เขียนคำให้ได้ 8 ใน 10 คำ บรรยายภาพ เป็นต้น

ประไพ ฉลาดคิด (2548, น. 4-5) ได้อธิบายถึง องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้ ไว้ว่าควรมีองค์ประกอบต่อไปนี้ในชั้นเรียน

1. ผู้สอน ผู้สอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งต่อการสอน เพราะต้องเป็นผู้รู้หลักสูตรและนำเนื้อหาสาระมาดำเนินการสอน มีการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ตลอดเวลาของการเรียนการสอน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจในบทเรียน มีทักษะกระบวนการ และมีเจตคติที่ดีตามเจตนารมณ์ของบทเรียนและหลักสูตร นอกจากนั้นครูยังต้องมีความสามารถใช้สื่อประกอบการสอน และสอนให้ตรงตามจุดประสงค์ที่ได้วางไว้ทำให้การสอนดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

2. ผู้เรียน ผู้เรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการสอน เพราะการสอนจะเกิดขึ้นได้จำเป็นต้องมีผู้เรียนเป็นผู้ได้รับความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้สอนจัดให้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่เป็นไปตามจุดประสงค์การสอนที่ตั้งไว้

3. กิจกรรมการเรียนการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบอีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อการสอน กิจกรรมการเรียนการสอนนั้นออกแบบโดยผู้สอน และผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ จนเกิดความรู้ ความเข้าใจ มีการวัดผลและประเมินผลตามที่ผู้สอนได้วางแผนไว้

4. บริบทในการเรียนการสอน ในการสอนที่ต้องการให้เกิดผลที่ดีทั้งต่อผู้สอนและผู้เรียนนั้น สภาพแวดล้อมทั้งในและนอกห้องเรียนก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึง อันได้แก่ ความเหมาะสมของสีในห้องเรียน การถ่ายเทของอากาศ ทิศทางลม เสียงรบกวนจากภายนอกห้องเรียน เช่น เสียงรถยนต์วิ่งผ่านไปมา กลิ่นเหม็นจากตลาดสด เป็นต้น

3. ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553, น. 3) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้มีลักษณะที่เด่นชัดอยู่ 3 ลักษณะ คือ

1. การจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ซึ่งหมายความว่าการจัดการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้นั้นทั้งผู้สอน และผู้เรียนต้องมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน และเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นไปตามลำดับขั้นตอนเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

2. การจัดการเรียนรู้มีจุดประสงค์ให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนี้เป็นพฤติกรรมทั้ง 3 ด้าน ได้แก่

1.1 ด้านความรู้ความคิดหรือด้านพุทธิพิสัย

1.2 ด้านทักษะกระบวนการ หรือด้านทักษะพิสัย

1.3 ด้านเจตคติหรือด้านจิตพิสัย

3. การจัดการเรียนรู้จะบรรลุจุดประสงค์ได้ดีต้องอาศัยทั้งศาสตร์ และศิลป์ของผู้สอนซึ่งหมายความว่าการจัดการเรียนรู้จะบรรลุจุดประสงค์ได้หรือไม่นั้นต้องอาศัยความรู้ความสามารถของผู้สอนทั้งด้านวิชาการ (ศาสตร์) ทักษะ และเทคนิคการจัดการเรียนรู้ (ศิลป์) เป็นสำคัญ

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546, น. 216) ได้สรุปถึงลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีมีลักษณะดังนี้

1. สอดคล้องกับหลักสูตร และแนวการสอน
2. นำไปใช้ได้จริง และมีประสิทธิภาพ
3. เขียนอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เหมาะกับผู้เรียน และเวลาที่กำหนด
4. มีความกระจ่างชัดเจน ทำให้ผู้อ่านเข้าใจง่าย และเข้าใจตรงกัน
5. มีรายละเอียดมากพอที่จะทำให้ผู้อ่านนำไปใช้สอนได้
6. ทุกหัวข้อในกิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน

กุลิสรา จิตรชญาวณิช (2562, น. 10) ได้สรุปถึงลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีในสถานศึกษาทุกระดับ ไว้ดังนี้

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มองเห็นได้ (Visible Learning) โดยผู้สอนอาจใช้วิธีการหรือมาตรการต่าง ๆ มาช่วยในการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพที่สูง เช่น การให้ผู้เรียนบอกความคาดหวังและให้เกรดตนเอง การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับวัย การอภิปรายในชั้นเรียน การมีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน การให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้เรียน การฝึกคิดเกี่ยวกับการใช้ความคิดของตนเอง (Think about Thinking) การจัดการห้องเรียนและการมีส่วนร่วมของพ่อแม่ผู้ปกครอง

2. ใช้หลักจิตวิทยาในการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ที่ดีต้องคำนึงถึงหลักจิตวิทยาและปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนและผู้สอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ได้ เช่น วัยวุฒิ ภาวะของผู้เรียน ความยากง่ายของเนื้อหาที่เรียน การใช้แรงเสริม การจัดบรรยากาศในชั้นเรียน

3. จัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้ที่ดีจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือฝึกปฏิบัติค้นพบความรู้ด้วยตนเอง และจะต้องส่งเสริมพัฒนาการผู้เรียนทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญา

4. ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายทันสมัย การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและทำให้ผู้เรียนมีความสุขสนุกในการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องพยายามใช้เทคนิค วิธีการจัดการเรียนรู้ นวัตกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายมีความน่าสนใจและทันสมัยมาใช้พัฒนาผู้เรียนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ตามที่กำหนดไว้

5. มีการวัดผลและประเมินผล การจัดการเรียนรู้ที่ดีจะต้องสามารถบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งปัจจุบันการวัดผลประเมินผลสามารถใช้วิธีการได้หลายรูปแบบ เช่น การวัดผลตามสภาพจริงทั้งนี้การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจะต้องอยู่บนจุดมุ่งหมายพื้นฐานสองประการ คือ การวัดผลและประเมินผลเพื่อพัฒนาผู้เรียน การวัดผลและประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียน

จากลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีจะต้องสอดคล้องกับหลักสูตรและแนวการสอน ทุกหัวข้อในกิจกรรมการเรียนรู้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน ต้องเหมาะสมกับวัย ความสามารถและความสนใจของผู้เรียน โดยจะต้องเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง และตัวผู้สอนเองจะต้องใช้ทั้งศาสตร์และศิลป์จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีจนสามารถบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้

4. การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ความหมายของประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการประเมินประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 7) ได้กล่าวไว้ว่า การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน หมายถึง การหาคุณภาพของสื่อหรือชุดการสอน โดยพิจารณาตามขั้นตอนของการพัฒนาสื่อหรือชุดการสอนแต่ละขั้น ตรงกับภาษาอังกฤษว่า “Developmental Testing” Developmental Testing คือ การทดสอบคุณภาพตามพัฒนาการของการผลิตสื่อหรือชุดการสอนตามลำดับขั้นเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบของต้นแบบชิ้นงาน ให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน และยังอธิบายว่า การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอนคือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบ

ประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ก่อนที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

4.2 การกำหนดเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 8-9) ได้กล่าวไว้ว่า เกณฑ์ (Criterion) หมายถึง ขีดกำหนดที่จะยอมรับว่า สิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ เช่น เมื่อมีการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว ตั้งเกณฑ์ไว้ 60/60 แบบกลุ่ม ตั้งไว้ 70/70 ส่วนแบบสนาม ตั้งไว้ 80/80 ถือว่า เป็นการตั้งเกณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง อนึ่งเนื่องจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้เป็นเกณฑ์ต่ำสุด ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1= Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2= Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. E_1 หมายถึง ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตได้จากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. E_2 หมายถึง ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้จะกำหนดเป็นเกณฑ์ ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่น่าพอใจ โดยกำหนดให้เป็นร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียน

จากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติ หรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 80%

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจโดยพิจารณาพิสัยการเรียนที่จำแนกเป็นวิทยพิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษพิสัย (Skill Domain) ในขอบข่ายวิทยวิสัย (เดิมเรียกว่า พุทธิพิสัย) เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้สูงสุดแล้วลดต่ำลงมาคือ 90/90 85/85 80/50 ส่วนเนื้อหาสาระที่เป็นจิตพิสัยจะต้องใช้เวลาไปฝึกฝนและพัฒนา ไม่สามารถทำให้ถึงเกณฑ์ระดับสูงได้ในห้องเรียนหรือในขณะที่เรียน จึงอนุโลมให้ตั้งไว้ต่ำลง นั่นคือ 80/80 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ หากตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใดก็มักได้ผลเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากระบบการสอนของไทยปัจจุบัน (2520) ได้กำหนดเกณฑ์โดยไม่เขียนเป็นลายลักษณ์อักษรไว้ 0/50 นั่นคือให้ประสิทธิภาพกระบวนการมีค่า 0 เพราะครูมักไม่มีเกณฑ์เวลาในการให้งานหรือแบบฝึกปฏิบัติแก่นักเรียน ส่วนคะแนนผลลัพธ์ที่ให้ผ่าน คือ 50 % ผลจึงปรากฏว่า คะแนนวิชาต่างๆ ของนักเรียนต่ำในทุกวิชา เช่น คะแนนภาษาไทยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยเฉลี่ยแต่ละปีเพียง 15% เท่านั้น

4.3 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น. 11-12) ได้กล่าวไว้ว่า เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้น เป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตาม ขั้นตอนต่อไปนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1-3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมาก ก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม ทั้งนี้ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าโดยประมาณ 60/60

2. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนกลุ่ม 6-10 คน โดยใช้วิธีคละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน ให้นำคะแนนมาคำนวนหาประสิทธิภาพหากผลลัพธ์ที่ออกมาไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยต้องปรับปรุงทั้งในส่วนเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนรวมถึงแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น หลังจากคำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้ผลคะแนนของผู้เรียนจะมีลักษณะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าโดยประมาณ 70/70

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในโรงเรียนขนาดเล็กอนุโลมให้ใช้กับนักเรียน 15 คนขึ้นไป) หลังเรียนนำคะแนนมาคำนวนหาประสิทธิภาพ หาก

ผลลัพธ์ที่ออกมาไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยต้องปรับปรุงทั้งในส่วนเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทำการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำอีกรอบ กับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2-3 ครั้งจนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ ปกติไม่น่าจะทดสอบประสิทธิภาพเกินสามครั้ง ด้วยเหตุนี้ ขั้นทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามจึงแทนด้วย 1:100

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกัน เกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำจากเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำ จนกว่าจะถึงเกณฑ์จะหยุดปรับปรุงแล้วสรุปว่าชุดการสอนไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือจะลดเกณฑ์ลงเพราะ “ถอดใจ” หรือยอมแพ้ไม่ได้ หากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน +2.5 ก็ยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้สูงกว่าเกณฑ์เกิน +2.5 ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น เช่น ตั้งไว้ 80/80 ก็ให้ปรับขึ้นเป็น 85/85 หรือ 90/90 ตามค่าประสิทธิภาพที่ทดสอบประสิทธิภาพได้ ตัวอย่าง เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/85.4 ก็แสดงว่าสื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ 83.5/85.4 ใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดสอบประสิทธิภาพเป็น 83.5/85.4 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น 85/85 ได้

รัตนะ บัวสนธ์ (2562, น. 37-38) การประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมมีลำดับขั้นตอนการประเมิน ดังนี้

1. การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) หมายถึงการนำนวัตกรรมไปทดลองใช้กับบุคคลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย โดยที่บุคคลดังกล่าวนี้จะคัดเลือกมาจากผู้ที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย 3 คน ได้แก่ ผู้ที่มีคุณลักษณะสูง ปานกลางและต่ำกว่าปานกลาง จากตัวอย่าง เช่น นักวิจัยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาประวัติศาสตร์ เรื่อง บุคคลสำคัญของชาติไทยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 นักวิจัยจะคัดเลือกนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ยมา 1 คน และคัดเลือกนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับปานกลางหรือใกล้ ๆ ค่าเฉลี่ยมา 1 คน และคัดเลือกนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมา 1 คน การทดลองใช้นวัตกรรมที่เรียกว่าการประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมดังกล่าวนั้นมีความเกี่ยวข้องสร้างแรงจูงใจให้กับบุคคลที่มีลักษณะเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายอย่างไร คำสั่ง คำชี้แจงและรายละเอียดที่มีอยู่ในนวัตกรรมนั้นบุคคลเหล่านี้มีความรู้ความเข้าใจหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป การประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งนั้นจึงมุ่งไปที่การค้นหาข้อจำกัดที่ได้จากคำแนะนำบอกเล่าของบุคคลที่มีคุณลักษณะเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเป้าหมายส่วนใหญ่เป็นสำคัญ เพื่อที่จะนำคำแนะนำที่ได้นี้มาปรับปรุงนวัตกรรมตามที่กล่าวนั้นเอง

2. การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก หมายถึง นำนวัตกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากการประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งมาทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนมากขึ้น เช่น อาจจะใช้การประเมินแบบหนึ่งต่อสาม (1:3) หรือแบบหนึ่งต่อสี่ (1:4) ก็ได้ ซึ่งก็หมายถึงต้องใช้กลุ่มบุคคลจำนวน 9 คน มีคุณลักษณะสูง 3 คน ปานกลาง 3 และต่ำกว่าปานกลาง 3 คน ในกรณีการประเมินแบบหนึ่งต่อสาม แต่ถ้าเป็นแบบหนึ่งต่อสี่ก็ต้องใช้กลุ่มบุคคลจำนวนทั้งสิ้น 12 คน การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มนี้จะมีการวิเคราะห์หาค่าบ่งบอกดัชนีหรือเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่เรียกว่าค่า E_1/E_2 โดยที่เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของนวัตกรรมการศึกษาเท่าที่นิยมใช้จะมีอยู่สามเกณฑ์ ได้แก่ 75/75 หรือ 80/80 และ 90/90 การจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพนวัตกรรมการศึกษาเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งจากสามเกณฑ์นี้มีหลักพิจารณาว่าถ้านวัตกรรมการศึกษานั้น ๆ มุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาความสามารถของผู้เรียนที่มีลักษณะซับซ้อนหรือมีเนื้อหาสาระค่อนข้างยากก็จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 แต่ถ้ามีเนื้อหาสาระไม่ยากมากนักมุ่งแก้ปัญหาหรือพัฒนาความสามารถของผู้เรียนที่มีลักษณะปานกลางจะนิยมใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 มากที่สุด ในทำนองเดียวกันถ้าเป็นนวัตกรรมที่มีเนื้อหาสาระมุ่งปฏิบัติหรือมุ่งพัฒนาจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติ (Psychomotor Domain) จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 90/90 นอกจากจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพตามหลักเกณฑ์ประสิทธิภาพตามหลักการดังกล่าวแล้วสิ่งที่นำมาพิจารณาประกอบในการเลือกใช้เกณฑ์ก็คือพื้นฐานความรู้เดิมหรือความสามารถทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้ได้รับการทดลองใช้และกลุ่มเป้าหมายด้วยเช่นกัน เมื่อนวัตกรรมการศึกษาผ่านการหาประสิทธิภาพและได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้วก็อุปมาดังสินค้าที่ได้มาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.) หรือมาตรฐานอาหารและยา (อย.) ก่อนจะวางจำหน่ายในท้องตลาดหรือนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายในขั้นต่อไปนั้นเอง

จากที่กล่าวมาเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้สามารถสรุปได้ว่าการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการตรวจสอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยนำไปทดลองใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขและนำมาใช้ทดลองสอนจริงอีกครั้ง และปรับปรุงเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากิจกรรมนั้นมีประสิทธิภาพก่อนที่จะผลิตออกมาเป็นจำนวนมากเพื่อนำไปใช้สอนจริง ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพจะต้องมีการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพให้กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดยกำหนดให้ร้อยละของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมดนั้น คือ E_1/E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะจะตั้งไว้ 75/75 เมื่อกำหนดเกณฑ์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็เข้าสู่กระบวนการประเมินประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการประเมินประสิทธิภาพ ตาม รัตนะ บัวสนธ์ และใช้เกณฑ์ในการประสิทธิภาพของนวัตกรรมกำหนดไว้ที่เกณฑ์ 75/75 เนื่องจากเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาที่ต้องใช้กระบวนการคิด วิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในระบบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาและด้วยลักษณะของเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ที่เป็นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมคือไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงต้องใช้การคิดและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในระบบ ของเนื้อหาเพื่อทำความเข้าใจ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ความสำคัญของแบบจำลอง

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญและประโยชน์ของการมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ดังนี้

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557, น. 86-99) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถเข้าใจแนวคิดต่างๆ ได้ง่ายขึ้น รวมถึงนำไปใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติและช่วยทำให้มองเห็นภาพปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

พรรณวิไล ชมชิด (2552, น. 33-34) ได้ระบุความสำคัญของแบบจำลองในวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง (model) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจนและสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร (communication tools)

2. แบบจำลองช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสังเกตปรากฏการณ์ที่เป็นอันตราย เสี่ยงต่อความปลอดภัย ที่ไม่สามารถสังเกตโดยตรงได้ เช่น แบบจำลองแสดงปฏิกิริยาลูกโซ่ของระเบิดนิวเคลียร์

3. แบบจำลองเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่างๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบายสิ่งต่างๆ โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงของข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีที่ช่วยให้ครูเข้าถึงวิธีการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้

จากข้อมูลข้างต้นจึงไดข้อมูลได้ว่า การสร้างแบบจำลอง เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรม และลึกซึ้งยิ่งขึ้น การเข้าใจถึงความสำคัญและแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนวิชาชีววิทยาควรศึกษา และนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ของตนเอง

2. ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) ไว้ดังนี้

Cartier, Rudolph, and Stewart (2001, pp. 1-7) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดของแนวความคิดที่ใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยต้องได้รับการยอมรับและมีหลักฐานในการสนับสนุนแนวคิด

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

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

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

S. W. Gilbert (2011, pp. 9-26) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ กฎ ทฤษฎี โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่ต้องการอธิบายซึ่งจะต้องสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้

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

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

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557, น. 86-99) ให้ความหมายของแบบจำลองว่า เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือเป็นตัวแทนของวัตถุแนวคิด กระบวนการ หรือระบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง

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

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

จากข้อมูลข้างต้นจึงสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการอธิบายหรือทำความเข้าใจ ปรากฏการณ์ แนวคิด หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยอาจเป็นวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการอธิบายกับความเป็นจริงได้และแบบจำลองนั้นต้องมีหลักฐานสนับสนุนที่มาจากมาเก็บรวบรวมข้อมูลทางทฤษฎีด้วย ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจและสามารถพัฒนาความเข้าใจให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้นรวมถึงสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้กับปรากฏการณ์อื่นๆได้

3. ประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาได้แบ่งประเภทของแบบจำลองไว้หลากหลายรูปแบบ มีรายละเอียดดังนี้

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 กลุ่มดังนี้

1. แบบจำลองที่ใช้ในวิทยาศาสตร์และการสอน (Scientific and Teaching Model)

1.1 แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Model) ใช้เพื่ออธิบายสี รูปร่างภายนอก และโครงสร้างภายนอกของสิ่งที่ต้องการอธิบาย แบบจำลองประเภทนี้ไม่แสดงถึงโครงสร้างและการใช้งานภายใน

1.2 แบบจำลองเชิงเปรียบเทียบเพื่อใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการเรียนการสอนโดยครูมักนำไปใช้ในการอธิบายในสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง เช่น โครงสร้างอะตอม

1.3 แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Model) เป็นสัญลักษณ์ ใช้อธิบายในทางเคมีโดยอาจเป็นสูตร 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 กระบวนการและความสัมพันธ์ซึ่งจะทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ได้ ง่ายขึ้น เช่น ตารางธาตุ แผนผังวิวัฒนาการ แผนภาพแสดงระบบหมุนเวียนเลือด ห่วงโซ่อาหาร สิ่งสำคัญของการใช้แบบจำลองประเภทนี้ คือนักเรียนสามารถแปลความได้หลากหลาย เนื่องจากเป็น 2 มิติ เช่น นักเรียนบางคนเข้าใจว่าคลอรีน มีอะตอม เป็นสีเขียว

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

2.3 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นแบบจำลองที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ส่วนใหญ่มักอาศัยเทคนิคทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย 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

S. W. 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 3ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นแบบจำลองที่ได้จาก กระบวนการทางปัญญาของบุคคลได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ใหม่ แบบจำลองประเภทนี้จะมีการปรับเปลี่ยนโดยการพิจารณาสถานการณ์เดิมกับสถานการณ์หรือกระบวนการใหม่

2. แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual models) เป็นแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนามโนทัศน์และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับ แบบจำลองประเภทนี้สร้างขึ้นในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อแสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ และนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างคำทำนาย

3. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนความคิดที่ได้รับการแปลความหมาย มักจะอยู่ในรูปแบบของสัญลักษณ์ และเป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาความรู้หรือการทดสอบทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

Jong, Chiu, and Chung (2015, pp. 986-1018) จำแนกประเภทของแบบจำลองตามการเรียนรู้ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) หมายถึง แบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับการอธิบาย

2. แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นคำอธิบายของนักเรียนในปรากฏการณ์ที่ มีความเฉพาะเจาะจง

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 การบรรยายโดยเปรียบเทียบจงอยปากของนกฟินซ์กับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับประทานอาหารต่าง ๆ เช่น ช้อน ส้อม ตะเกียบ เป็นต้น

3. แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic models) เช่น การใช้สัญลักษณ์ และสมการมาช่วยในการคำนวณความถี่แอลลีล เป็นต้น

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

5. แบบจำลองเชิงท่าทาง (Gestural models) เช่น การใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบเพอริสตัลซิส เป็นต้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเภทของแบบจำลอง สรุปได้ว่า ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลายตามการนำไปใช้งาน แต่แบบจำลองทุกชนิดล้วนมีหน้าที่เป็นตัวแทนคำอธิบาย ความคิด ทฤษฎี ความรู้ ซึ่งสามารถแสดงออกมาได้หลากหลายรู้แบบ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้ประเภทของแบบจำลองของ Bryce et al. (2016) โดยใช้ 3 ประเภทจาก 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองเชิงรูปธรรม แบบจำลองเชิงภาษา และแบบจำลองเชิงภาพ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ใช้เวลาไม่นานในการสร้าง และเอื้อต่อการให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างการสร้างแบบจำลอง เป็นแบบจำลองที่เหมาะกับรายวิชา ชีววิทยา เพื่อใช้อธิบายแนวคิดหรือทฤษฎีของระบบภูมิคุ้มกันจากนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมได้

4. ความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มาหลายปีโดยมีจุดเริ่มต้นจากการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ของอเมริกาโดยได้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองมากขึ้น (National Research Council, 2012) ส่งผลให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น สาเหตุสำคัญที่ทำให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังที่ J. K. Gilbert (2004) ได้กล่าวว่า การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่

ดีคือการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้ใกล้เคียงกับวิทยาศาสตร์มากที่สุด โดยนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองใน 2 แนวทาง คือ ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ และใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบต่อตนเอง ดังนั้นการใช้แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เป็นส่วนสำคัญในการอภิปรายเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มานานแล้วโดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสำคัญกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเนื่องจากแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ ใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์

5. ทฤษฎีและแนวคิดที่สนับสนุนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพื้นฐานมากจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม (Constructivism) และทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิด (Mental Model Theory) (Harrison & Treagust, 2000) ทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม ซึ่งให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเชื่อว่าสมองของมนุษย์ไม่ได้ว่างเปล่ามนุษย์ทุกคนมีโครงสร้างทางปัญญา (Schema) แตกต่างกันโดยเป็นผลมาจากประสบการณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นครูจึงไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนได้โดยตรง นักเรียนจะเรียนรู้ผ่านกระบวนการดูดซึมทางปัญญา (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เพื่อให้โครงสร้างทางปัญญาอยู่ในสภาวะที่สมดุล (Equilibrium) (Llewellyn, 2005)

ทฤษฎีการสร้างแบบจำลองได้กล่าวว่าเมื่อบุคคลได้รับประสบการณ์บุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทน (Representation) ของสิ่งที่คิดกับโลกแห่งความเป็นจริง (Real World) (J. K. Gilbert & Boulter, 2012) และ Hestenes (2006) ได้ร่างกรอบแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางปัญญาของการสร้างแบบจำลอง โดยได้กล่าวถึงความแตกต่างของคำว่าแบบจำลองทางความคิด (Mental Model) และ แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual Model) โดยได้อธิบายทฤษฎีนี้ไว้ว่า “บุคคลแต่ละบุคคลจะมีแบบจำลองทางความคิดต่อปรากฏการณ์ของตนเอง ซึ่งแต่ละบุคคลสามารถแสดงแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาให้ผู้อื่นเห็น ผ่านแบบจำลองทางมโนทัศน์ซึ่งเกิดจากการที่บุคคลใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นตัวแทนความคิดความเข้าใจของบุคคล ซึ่งสามารถสะท้อนถึงโครงสร้างทางปัญญาของแต่ละบุคคลได้” เช่นเดียวกับการศึกษา

ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่มีการสร้าง ใช้ และแบ่งปันแบบจำลองมโนทัศน์ร่วมกันเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีและกรอบแนวคิดข้างต้นนำไปสู่การศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของระบบที่กำลังศึกษา ผลการศึกษาพบว่า การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองทำให้นักเรียนสามารถปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้สอดคล้องกับระบบที่ศึกษาได้ นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ เรียกคืนความรู้ได้ดีขึ้น (Mayer, 1989) โดย J. K. Gilbert and Boulter (2012) และ Bryce et al. (2016) กล่าวว่าการใช้แบบจำลองสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เป็นส่วนสำคัญในการอภิปรายเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ และการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองใน 2 แนวทาง คือใช้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติผ่านการทดสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ และใช้เพื่อสื่อสารและอธิบายถึงข้อค้นพบต่อตนเอง

Justi and Gilbert (2002, pp. 1273-1292) ได้สร้างกรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลองที่มีผลต่อการปรับเปลี่ยนแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน โดยอธิบายว่า บุคคลจะสร้างแบบจำลองทางความคิดของแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ ปรับเปลี่ยนแบบจำลอง บุคคลต้องมั่นใจว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ผ่านกรอบแนวคิดของการสร้างแบบจำลอง

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพื้นฐานมากจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยม และทฤษฎีการสร้างแบบจำลองทางความคิด เป็นการเรียนรู้จากวิธีสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้หรือการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และเมื่อบุคคลนั้นเกิดการเรียนรู้จากประสบการ์จะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของสิ่งที่คิด

6. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Vygotsky (1987) (อ้างอิงถึงใน (Chiu, Chou, & Liu, 2002, pp. 688-712) ได้กล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ เป็นทฤษฎีที่มีการสร้างโมเดลขึ้นในการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาความคิดของผู้เรียนโดยในการเรียนการสอนนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นด้วย ทั้งระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน

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

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

จากการศึกษาสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ มาสร้างเป็นโมเดลขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอนทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ โดยผ่านการฝึกพัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และเชื่อมโยงไปสู่อธิบาย ทดสอบ ประเมิน ปรับปรุง และขยายความคิด

7. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่ามีนักการศึกษาได้แนวทางไว้ดังนี้

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

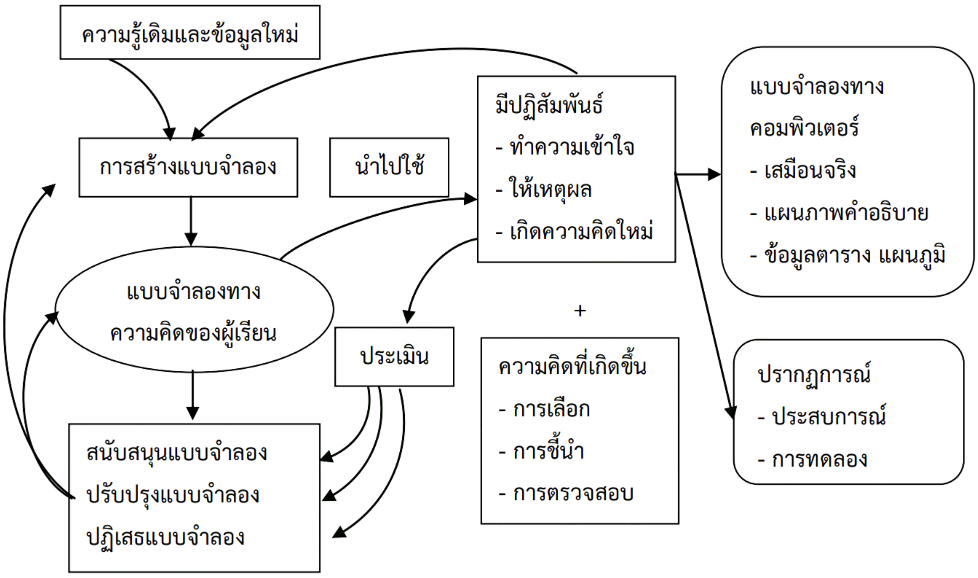
1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน จากเหตุผลที่ผู้เรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. ขั้นสร้างแบบจำลอง โดยผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ และนำมาเขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ ที่คล้ายคลึงกับที่ผู้เรียนทราบจากนั้นตรวจตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

3. ขั้นนำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. ขั้นขยายแบบจำลอง โดยผู้เรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายความคิดให้กว้างขึ้น

Buckley et al. (2004, p. 24) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักรซึ่งแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา: Buckley et al. (2004, p. 24)

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

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) โดยผู้เรียนเขียนความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับ

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ขึ้นมา

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และประเมินแบบจำลอง

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง

4.1. ขั้นปฏิเสธแบบจำลอง (Revision) ผู้เรียนปฏิเสธแบบจำลอง ถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างเหมาะสม

4.2. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้เรียนทำการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

จากการศึกษเอกสาร ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดของ Buckley et al. (2004) มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของการวิจัยครั้งนี้มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไรผ่าน แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)

การคิดเชิงระบบ

1. ความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ

เมื่อศึกษาถึงประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ พบว่า จุดเริ่มต้นปรากฏขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1930 โดย Ludwig von Bertalanffy นักชีววิทยาชาวออสเตรียที่พบว่านักวิทยาศาสตร์นั้นมุ่งเน้นเฉพาะศาสตร์สาขาของตนเอง จึงนำมาสู่การตั้งทฤษฎีระบบทั่วไป (General systems theory) ทฤษฎีระบบทั่วไปได้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายสาขาวิชาในเวลาต่อมา (Boersma et al.,

2011) ต่อมาใน ค.ศ. 1990 Peter M. Senge ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ The fifth discipline: The art and practice of the learning organization ที่เสนอรูปแบบองค์กรการเรียนรู้ (Learning organization) ที่สร้างขึ้นโดยวินัย 5 ประการ (Senge, 1990)

1. การสร้างวิสัยทัศน์ร่วมกัน (Building shared vision) เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายขององค์กรร่วมกัน เพื่อให้สมาชิกมีหลักการและแนวทางในการปฏิบัติร่วมกันนำไปสู่การประสบผลสำเร็จขององค์กร

2. ความเชี่ยวชาญของบุคคล (Personal mastery) เป็นความรู้เกี่ยวกับการทำความเข้าใจในวิสัยทัศน์และความสามารถของตนเองโดยปราศจากความลำเอียง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาสร้างผลงานที่มีประสิทธิภาพต่อไป

3. การเรียนรู้เป็นทีม (Team learning) การเรียนรู้เป็นทีมจะเกิดผลดีต่อความสำเร็จขององค์กรและสมาชิกแต่ละคนของทีมยังได้เติบโตอย่างรวดเร็วด้วย

4. แบบแผนทางความคิด (Mental models) เป็นความเชื่อ ค่านิยม หรือทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อแนวทางการปฏิบัติ ในการเปลี่ยนแปลงองค์กรจึงต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ขององค์กรในการเปลี่ยนแปลงแบบแผนทางความคิด

5. การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) เป็นความรู้ที่บูรณาการความรู้อื่น ๆ รวมเป็นทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การคิดเชิงระบบจะทำให้สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อองค์กรโดยรวม และสามารถตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน มองปัญหาที่ซับซ้อนแบบเป็นองค์รวมมากกว่ามองแยกเป็นส่วนย่อย

หนังสือดังกล่าวทำให้การคิดเชิงระบบเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งในปี ค.ศ. 2013 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ปรับเปลี่ยนจากมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ (National science education standard) มาเป็นมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Next generation science standards ที่มีความสำคัญต่อการเรียนด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวถึงแนวคิดเชื่อมโยงข้ามสาขาวิชา (Crosscutting concepts) เป็นเครื่องมือในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ กระบวนการและการทำงานทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในหัวข้อแนวคิดเกี่ยวกับระบบและแบบจำลองระบบเน้นความเชื่อมโยง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการคิดเชิงระบบ (Plate & Monroe, 2014, pp. 1-3)

จากข้อมูลข้างต้นสรุปความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ ได้ว่า เป็นหนึ่งในรูปแบบองค์กรการเรียนรู้ (Learning organization) เป็นการคิดในภาพรวมที่เป็นระบบ และมีส่วนประกอบที่

สัมพันธ์เชื่อมโยงจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลเน้นการแก้ปัญหาอย่างชาญฉลาดเพื่อให้เกิดความถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วในองค์รวม

2. ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบเป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการคิดเชิงระบบเป็นการมองแบบองค์รวมและพิจารณาความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่างๆ ตลอดจนความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถมองลึกลงไปเกินกว่าเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นและเป็นการมองให้เห็นถึงโครงสร้างของเหตุการณ์นั้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ และนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาใหม่หรือไม่ทำให้ปัญหาที่มีอยู่รุนแรงกว่าเดิม (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560) นอกจากนี้การคิดเชิงระบบเป็นการคิดพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับพฤติกรรม จากการสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับสิ่งนั้น (Plate & Monroe, 2014, pp. 1-3)

จากข้อความข้างต้นกล่าวได้ว่าการคิดเชิงระบบมีความสำคัญ เป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งทักษะการคิดเชิงระบบจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ และนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3. ความหมายของการคิดเชิงระบบ

นักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้หลายทัศนะผู้จัยได้ศึกษาและนำเสนอได้ดังนี้ โดยการคิดเชิงระบบมีรากฐานมาจากทฤษฎีระบบ (Systems theory) เป็นการจัดระบบด้วยวิธีการเชิงระบบ (Systematic approach) เป็นแนวคิดแบบองค์รวม ซึ่งเป็นแนวคิดระบบเปิดมาใช้ทดแทนแนวคิดแบบกลไก ซึ่งเป็นแนวคิดระบบปิด และการคิดเชิงระบบยังจัดให้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของวินัย 5 ประการ ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Peter M. Senge นักวิชาการผู้ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างองค์กรแห่งการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามได้มีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ดังนี้

Senge (1990, p. 6) ให้ความหมายว่า เป็นความรู้ที่บูรณาการความรู้อื่น ๆ รวมเป็นทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การคิดเชิงระบบจะทำให้สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อองค์กรโดยรวม และสามารถตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน มองปัญหาที่ซับซ้อนแบบเป็นองค์รวมมากกว่ามองแยกเป็นส่วนย่อย

Hester and Adams (2014, pp. 125-153) ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ เป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานองค์ความรู้และเครื่องมือซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้ช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อทำให้วัตถุประสงค์และวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์งานมีความชัดเจน และช่วยทำ ให้เรามองเห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ การคิดเชิงระบบมิได้ละเลยต่อปัญหาความซับซ้อน แต่จะเข้าไปจัดการกับความสลับซับซ้อนในลักษณะที่ใกล้ชิดและสะท้อนให้เห็นถึงสาเหตุแห่งปัญหา และวิธีการที่จะช่วยแก้ไขปัญหาในแนวทางที่เป็นไปได้

ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์ (2551, น. 16-17) ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง วิธีที่ต้องทำความเข้าใจโลกและระบบที่ซับซ้อน เป็นวิธีที่ต้องเรียนรู้และฝึกฝนวิธีการคิด วิธีการเชื่อมโยงและทำความเข้าใจกับความเป็นเหตุเป็นผลของกันและกัน วิธีคิดนี้จึงเป็นวิธีการคิด วิธีการมอง และการวิเคราะห์ไปที่ระบบต่างๆ ซึ่งระบบนั้นเป็นสิ่งที่มีอยู่แล้ว และทุกคนก็ดำรงอยู่ในระบบทั้งที่เป็นธรรมชาติและระบบที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งระบบมีกลไกของระบบที่ซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ ระบบเหล่านี้ประกอบด้วยระบบย่อยๆมากมาย ฉะนั้นการทำความเข้าใจกับระบบและการคิดอย่างเป็นระบบจึงเป็นหลักการเบื้องต้นในการทำความเข้าใจต่อเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิต ระบบจึงไม่อาจแยกจากการมีชีวิตของมนุษย์ การทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ ความเชื่อมโยงที่มองเห็นสัมพันธภาพและความโยงใยของชีวิต มองเห็นถึงสัมพันธภาพและเข้าใจต่อสัมพันธภาพของสรรพสิ่งบนโลกมนุษย์ และมีกระบวนการวิวัฒน์ที่ไม่หยุดนิ่ง

พชรมณฑ์ หมวดนุ่ม (2555, น. 37) ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและจัดระบบข้อมูลองค์ความรู้ที่ได้จากการคิดวิเคราะห์ และคิดสังเคราะห์ อย่างเป็นลำดับขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่อง และเป็นเหตุเป็นผล เริ่มจากการกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย และการสังเคราะห์วงจรปัญหาโดยมีทักษะที่จำเป็นในการฝึกฝนคือ ทักษะการลากเส้น (Causal loop) ทักษะการตั้งคำถาม (Inquiry) ทักษะการคิดทบทวน (Reflection) และทักษะการนำเสนอ (Advocacy)

มกราพันธุ์ จูฑะรสก (2556, น. 31-32) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยคำนึงว่าสิ่งนั้นมีความเป็นระบบในตัวของมันเองตามความคิดของทฤษฎีระบบ (Systems theory) โดยมีวิธีเลือกวิธีคิดหลักในแต่ละสถานการณ์ มีหลักเกณฑ์ และเหตุผลโดยใช้ข้อมูลหลากหลายให้สัมพันธ์กันเป็นองค์รวม

ทิศนา แขมมณี (2558, น. 201) ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การจัดระบบด้วยวิธีการเชิงระบบ ได้แก่ การจัดองค์ประกอบของระบบในกรอบความคิดของตัวป้อนกระบวนการ

กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลป้อนกลับ และนำเสนอผังของระบบนั้นในรูปแบบของระบบที่สมบูรณ์

จากข้อมูลข้างต้น สรุปความหมายของการคิดเชิงระบบ ได้ว่า การคิดเชิงระบบหมายถึงความสามารถในการคิดเชื่อมโยงองค์ประกอบภายในระบบใดระบบหนึ่งหรือทฤษฎีเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถระบุความสัมพันธ์ภายในระบบหรือทฤษฎีนั้นได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนเชื่อมโยงนำไปใช้อธิบายกับปรากฏการณ์อื่นๆที่ใช้ระบบหรือทฤษฎีเดียวกันได้

4. แนวคิดของการคิดเชิงระบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของการคิดเชิงระบบ จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีผู้ให้แนวคิดของการคิดเชิงระบบไว้หลายท่าน ดังนี้

แนวคิดของฟริตจ๊อฟคาปรา (Fritjof Capra)

ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 21-24) กล่าวว่า ฟริตจ๊อฟ คาปรา (Fritjof Capra) ได้แสดงแนวคิดของเขาเกี่ยวกับทฤษฎีกระบวนระบบ (Systems Theory) ไว้ในบทปาฐกถาชเรอดิงเจอร์ (The Schroedinger Lectures) เมื่อปี ค.ศ. 1997 ในหัวข้อ“ข่ายใยแห่งชีวิต” (The web of life) ถึงการประมวลขึ้นเป็นกรอบแนวคิดให้แก่ความเข้าใจชีวิตในมิติทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเขาใช้เวลาในการพัฒนาและลงรายละเอียดสังเคราะห์สนทนาถกเถียงกับนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากนานนับสิบปีก่อนจะออกมาเป็นหนังสือชื่อ“ข่ายใยแห่งชีวิต” (The Web of Life) ต่อมาคราปาได้ใช้วิธีกระบวนระบบเขียนหนังสือเล่มล่าสุดชื่อ“ความสัมพันธ์ที่ซ่อนเร้น” (The hidden connections)

เมื่อเออร์วินชเรอดิงเจอร์ (Erwin Scnroedinger) นักฟิสิกส์ชาวออสเตรียไปบรรยายในหัวข้อ“ชีวิตคืออะไรอันเป็นการกระตุ้นให้นักชีววิทยาเริ่มใช้แนวคิดใหม่เกี่ยวกับพันธุ์ศาสตร์และสามารถถอดรหัสในยืนพันธุกรรมได้ แต่ไม่สามารถตอบคำถามของชเรดิงเจอร์ได้นั่นคือ“ นักอนุวิทยาสามารถค้นพบบล็อกที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของชีวิตได้ แต่นั่นไม่สามารถทำให้พวกเขาเข้าใจได้ว่าองคาพยพ (Organism) ที่มีชีวิตอยู่ทั้งหลายนั้นกระทำการอย่างสอดคล้องร่วมกันเพื่อดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างไรโครงสร้างอันซับซ้อนวิวัฒนาการขึ้นมาจากการรวมตัวกันอย่างไร้กฎเกณฑ์ของอณูต่างๆได้อย่างไรความสัมพันธ์ระหว่างจิตกับสมองเป็นอย่างไรวิญญาณ (Consciousness) คืออะไร

เมื่อซิดนีย์เบรนเนอร์ (Sidney Brenner) นักอณูวิทยาได้ให้ทัศนะไว้ว่าเราอาจจะต้องเลิกมองสิ่งต่างๆในลักษณะการทำงานแบบจักรกลของนาฬิกาทำให้มีกระแสใหม่ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบมากขึ้น Systems thinking ซึ่งเป็นรากฐานในการวางเค้าโครงของทฤษฎีใหม่ว่าด้วยระบบชีวิตซึ่งเป็นบทสังเคราะห์ทฤษฎีและแบบจำลองร่วมสมัยต่างๆของ Fritjof Capra ที่น่าเอาทฤษฎีวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำภาพรวมอันเป็นหนึ่งเดียวของจิตวัตถุและชีวิตได้อันเป็นคนละขั้วกัน

กับแนวคิดของสังคมอุตสาหกรรมที่แบ่งจิตออกจากวัตถุในแนวทางของเรเนเดการ์ตส์ (Rene Dascartes) นักคณิตศาสตร์ซึ่งถือว่า "วิทยาศาสตร์ทั้งหลายคือความแน่นอน"

Fritjof Capra ได้นำวิธีคิดกระบวนระบบมาทำความเข้าใจในเรื่องของชีวิตและนำเสนอให้เห็นว่าวิสัยทัศนใหม่ที่ว่าด้วยระบบชีวิตจะเปลี่ยนวิธีที่เราสัมพันธ์กันและกันและวิถีที่เราสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมวิถีในด้านสุขภาพตลอดจนมุมมองขององค์กรธุรกิจระบบการศึกษาสถาบันทางสังคมและระบบการเมืองทำให้เราสามารถช่วยกันสร้างชุมชนที่ยั่งยืนและช่วยให้เข้าใจในธรรมชาติของพืชสัตว์และระบบนิเวศที่จัดองค์กรของตนเองได้อย่างไรเราจะเรียนรู้จากธรรมชาติได้อย่างไร

วิธีคิดกระบวนระบบนั้นแสดงให้เรารู้ว่า"องค์รวมเป็นมากกว่าผลรวมขององค์ประกอบของมัน" และสร้างความเข้าใจให้กับนักชีวภาพเกี่ยวกับความรู้ว่าด้วยการจัดการองค์กรของระบบชีวิตที่เรียกว่า" ความสัมพันธ์ในการจัดองค์กร (Organizing Relations) รวมทั้งแนวคิดในการเชื่อมโยงกันในลักษณะเครือข่าย (Network) และเมื่อนำแบบจำลองเรื่องเครือข่ายมาใช้ในระบบต่างๆอันนำไปสู่ความเข้าใจว่า "เครือข่ายคือแบบแผนที่ปรากฏอยู่ในระบบชีวิตทั้งหลายเหมือน ๆ กันเราเห็นชีวิตในที่ใดเราย่อมเห็นเครือข่ายในที่นั้น"

การเปลี่ยนย้ายกระบวนทัศน์จากองค์ประกอบไปสู่องค์รวมนั้นทำให้เห็นถึงสัมพันธภาพและความเข้าใจต่อสัมพันธภาพนั้นนักคิดเชิงระบบจึงต้องทำความเข้าใจด้วยการทำแผนที่สัมพันธภาพซึ่งก่อรูปขึ้นมาเป็นสิ่งที่เราเรียกว่าแบบแผน (Pattern) และการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีวภาพของวิธีคิดกระบวนระบบของแบร์ทาลันฟีในเรื่อง "ระบบเปิด" และลักษณะการปรับตัวในลักษณะการเลื่อนไหลทำให้คาปราวิเคราะห์เรื่องระบบชีวิตอย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้นอีกทั้งแนวคิดไซเบอร์เนติกส์ (Cybernetics) เกี่ยวกับแบบแผนของเครือข่ายและการค้นพบวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) อันเป็นการเชื่อมโยงในลักษณะที่แต่ละองค์ประกอบส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบถัดไปจนกระทั่งองค์ประกอบสุดท้าย "ป้อน" ผลกระทบ "กลับ" สู่องค์ประกอบตัวแรกของวงจร

จากการศึกษาทฤษฎีกระบวนระบบและทฤษฎีอื่นๆ อีกมากมายอาทิทฤษฎีไซเบอร์เนติกส์ (Cybornetics) ทฤษฎีซานติเอโกว่าด้วยพุทธภาวะ (The Santiago Theory of Cognition) ทฤษฎีไร้ระเบียบ (Chaos Theory) เป็นต้นรวมทั้งความรู้ความเข้าใจในกระบวนทัศน์ของศาสนธรรมตะวันออกพุทธศาสนาในนิกายต่างๆทั้งเซนเต๋าทิเบต ฯลฯ เหล่านี้ทำให้เขาสังเคราะห์ออกมาเป็นทฤษฎีที่เรียกว่า "ข่ายใยแห่งชีวิต" หรือ The web of life (1996) หรือทฤษฎีว่าด้วยระบบชีวิต (The Theory of Living System) หัวใจหลักของทฤษฎีใหม่นี้คือชีวิตทั้งหลายล้วนดำรงอยู่อย่างเป็นระบบในลักษณะที่โยงใยอยู่ด้วยกันเป็นข่ายใยโดยที่ระบบนิเวศเป็นระบบที่ใหญ่และสำคัญมากที่สุด คาปราเชื่อว่าการเข้าถึงความจริงในระบบนิเวศจะทำให้เข้าใจในระบบชีวิตทั้งหลายด้วยเนื่องจากเขา

เชื่อว่าการจัดระบบองค์กรของระบบนิเวศคือ หลักการจัดองค์กรของระบบชีวิตทุกระบบมนุษย์ในฐานะระบบชีวิตหนึ่งของระบบใหญ่จึงต้องจัดแบบแผนชีวิตระเบียบสังคมให้สอดคล้องกับแบบแผนของระบบนิเวศในทัศนะของคาปราการพูดถึงระบบนิเวศก็คือการพูดถึง “ชุมชน” (Community)

วิกฤตการณ์ทั้งหลายในสังคมมนุษย์เกิดจากกระบวนทัศน์การจัดการที่ขัดแย้งกับระบบใหญ่ที่ตนเองเชื่อมโยงอยู่ปัญหาทั้งหลายจึงไม่อาจแก้ไขหรือคลี่คลายอย่างยั่งยืนได้หากมนุษย์ไม่ทำความเข้าใจและจัดแบบแผนของระบบมนุษย์ทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระบบชีวิตของปัจเจกบุคคลครอบครัวชุมชนองค์กรสังคมโดยรวมให้สอดคล้องโยงใยกับระบบใหญ่หรือระบบนิเวศเขาเชื่อว่าการเรียนรู้อย่างรอบรู้ในระบบนิเวศ (Eco literacy) จะทำให้เกิดการคิดอย่างเป็นระบบได้ในทางกลับกันการเรียนรู้จากระบบชีวิตชุมชนของตนเองก็เป็นหนทางที่ทำให้เกิดระบบคิดอย่างเป็นระบบได้ด้วยเช่นกันความเข้าใจในกฎของระบบนิเวศ (Principal of Ecology) จึงมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานของการเข้าใจระบบชีวิตในระดับอื่นๆ ทั้งหมด และวิธีคิดกระบวนระบบ (Systems Thinking) หรือทฤษฎีของระบบชีวิตจะนำไปสู่ระบบคิดวิธีคิดแบบใหม่ที่จะเปลี่ยนกระบวนทัศน์และแก้ไขวิกฤตการณ์ทั้งหลายตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนได้จริง

อย่างไรก็ตามก็ตามทฤษฎีว่าด้วยระบบชีวิต (The Theory of Living System) ของคาปราก็ได้รับการวิพากษ์วิจารณ์จากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์เองแม้นักวิชาการไทยหลายท่านก็ยังมีการกล่าวถึงข้อดีข้อด้อยของทฤษฎีนี้แตกต่างกันไปตาม แต่มุมมองและประสบการณ์ของแต่ละคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเสนอแนวคิดของเขาแต่ละครั้งนั้นเน้นหนักไปที่วิธีคิดใหม่และการย้ายกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) ที่ทำให้เกิดข้อถกเถียงในแง่ของการให้น้ำหนักปัจจัยหรือตัวแปรด้านอื่น ๆ ที่เข้ามากระทบกับกระบวนทัศน์น้อยไปและกระบวนทัศน์ก็เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งจากหลายๆ ปัจจัยที่ทำให้เกิดวิกฤตการณ์เพียง แต่กระบวนทัศน์นั้นเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งเท่านั้นและหากมองว่าการแก้ปัญหาใดๆ ก็ตามสามารถแก้ได้ด้วยการเปลี่ยนย้ายกระบวนทัศน์ (Paradigm Shift) โดยไม่วิเคราะห์ปัจจัยหรือตัวแปรอื่นประกอบ ก็จะดูว่าการแก้ปัญหาหรือวิกฤตการณ์จะถูกทำให้ง่ายเกินจริง (Over Simplify)

ทั้งหมดที่กล่าวมานี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีกระบวนระบบ (Systems theory) หรือวิธีคิดกระบวนระบบ (Systems thinking) ที่มีอิทธิพลต่อแนวคิดและการสร้างทฤษฎีใหม่ของฟริตจ๊อฟ คาปาซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์และนักคิดคนสำคัญของยุคสมัยที่ได้ทดลองและนำมาประยุกต์ใช้เพื่อคิดค้นทฤษฎีใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์และสร้างสรรค์ปัญญาให้กับผู้ที่สนใจศึกษานำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์กับสังคมมนุษย์ต่อไป

แนวคิดของปีเตอร์เอ็ม. เซงเก้ (Peter M. Senge)

ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 24-27) กล่าวว่า ดังที่ทราบกันว่า ทฤษฎีกระบวนระบบ (Systems Theory) นั้นเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแนวคิดของนักคิดสำคัญของโลก มีการนำไปใช้ในหลากหลายสาขาอาชีพ แถมยังมีการนำไปประยุกต์ใช้และสร้างสรรค์สู่การคิดค้นของทฤษฎีต่างๆอีกมากมายและการค้นพบของแนวคิด Cybernetic เกี่ยวกับวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ซึ่งนำไปแบบแผนการจัดองค์กรและการจัดการองค์กรด้วยตัวเอง (Self Organization) จึงถูกนำไปพัฒนาต่อในการทำความเข้าใจกับปัญหาต่างๆ ทั้งระบบเศรษฐศาสตร์ อุตสาหกรรม และการจัดการที่พักอาศัยซึ่ง Jay Forrester ได้อธิบายไว้ในหนังสือ Industrial Dynamics (Productivity Press, 1961) และต่อมาในปี 1970 ฟอร์เรสเตอร์กับคณะได้ออกแบบพลวัตระดับโลก (World System Dynamic Model) ที่เห็นลักษณะความเป็นไปทั่วทั้งโลกโดยใช้วิธีคิดกระบวนระบบ

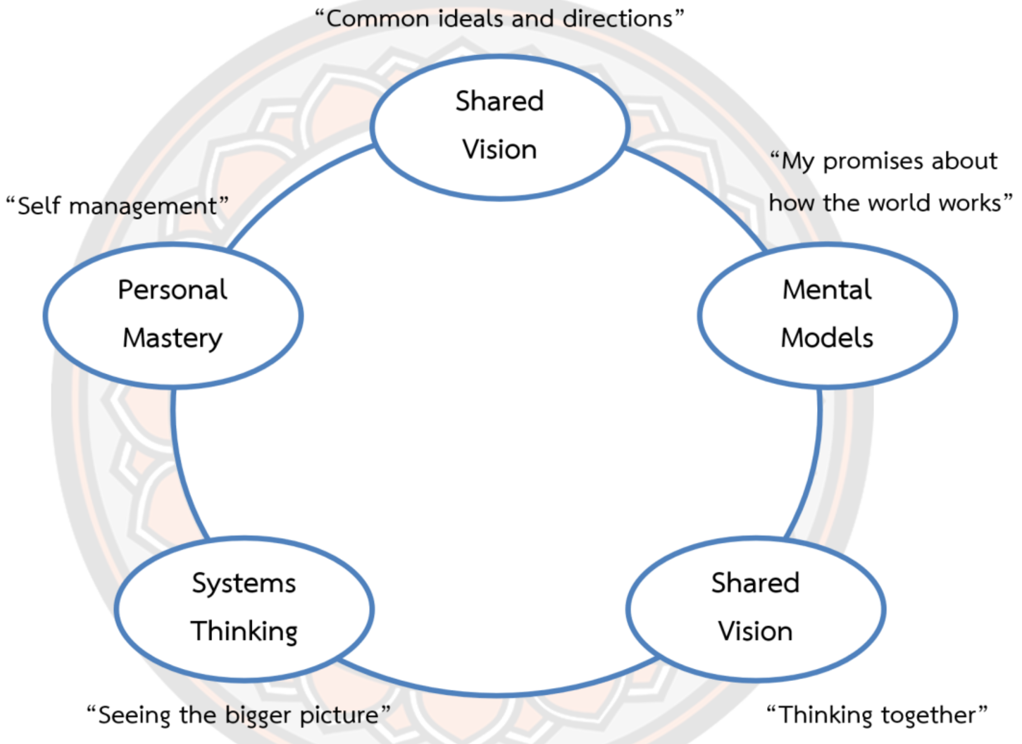
การขยายวงออกไปสู่วงการต่างๆยิ่งเน้นย้ำว่าทุกอย่างในโลกล้วนอยู่ภายใต้ระบบทั้งที่เป็นระบบย่อยและระบบใหญ่ทั้งเรื่องของการคิดค้นนวัตกรรมต่างๆเช่นคอมพิวเตอร์วิศวกรรมศาสตร์และการประดิษฐ์อุปกรณ์เครื่องไม้เครื่องมือทั้งปวงในอีกด้านหนึ่งก็มีการทำความเข้าใจกับระบบที่มีความซับซ้อนมาก ๆ อย่างเช่นปรัชญาสังคมวิทยามานุษยวิทยาจิตวิทยาญาณวิทยา (Epistemology) มากยิ่งขึ้นการสำรวจดูการป้อนกลับ (Feedback) และการศึกษาการสร้างรูปแบบของระบบที่คนเราปฏิสัมพันธ์ด้วยของ Heinz von Foerster ทำให้เกิดเป็นผลงานชื่อว่า “Second Order Cybernetics” ที่ทำให้มีการสำรวจว่า “เรารู้ได้อย่างไรหรือเรารู้ได้อย่างไรว่าเรารู้อะไร” (How We Know What We Know) โดย Francisco Varela และ Umberto Maturana อันเป็นคำถามสำคัญเกี่ยวกับสิ่งที่มนุษย์เรานั้นรับรู้เหล่านี้ล้วนเป็นคำถามที่ทำให้มนุษย์ค้นหาคำตอบของสิ่งต่างๆที่เกิดขึ้นว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรและพยายามคิดค้นปัจจัยที่จะทำให้สิ่งดีๆเกิดขึ้นในระบบต่างๆให้ได้

ปีเตอร์เซงเก้ (Peter Senge) ได้นำทฤษฎีกระบวนระบบ (Systems Theory) มาประยุกต์ใช้กับระบบบริหารและการพัฒนาองค์การเรียนรู้เป็นผู้บัญญัติแนวคิดทฤษฎีการพัฒนาองค์การเรียนรู้ (Learning Organization) ด้วยวิชา 5 ประการไว้ในหนังสือ "The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization ซึ่งเซงเก้เห็นว่าวิชาที่สำคัญที่สุดต่อการพัฒนาองค์กรไปสู่ความเป็นเลิศคือวิชาประการที่ 5 นั่นคือความคิดและความเข้าใจในภาพรวมของทั้งระบบหรือวิธีคิดกระบวนระบบ (Systems thinking) นั่นเอง

สิ่งสำคัญในแนวทางการปฏิบัติของวิชาที่ 1 ถึง 4 ของ เซงเก้ นั้น จำเป็นต้องกระทำภายใต้แนวปฏิบัติของวิชาที่ 5 อยู่ตลอดเวลา คือ ไม่ว่าจะทำอะไรก็ตาม จะต้องเข้าใจภาพรวมของทั้งระบบ

และการปฏิบัติงานใดๆ จะต้องปฏิบัติอย่างเป็นระบบซึ่งในวิชา 5 ประการที่สามารถนำไปบริหารความเปลี่ยนแปลงได้ของเชงเก้ประกอบด้วย

1. การพัฒนาศักยภาพแห่งตนเพื่อไปสู่ความเป็นมนุษย์ที่แท้ (Personal Mastery)
2. แบบจำลองความคิด (Mental Models)
3. การสร้างวิสัยทัศน์ร่วม (Shared Vision)
4. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม (Team Learning)
5. วิธีคิดกระบวนระบบ (Systems Thinking)



ภาพที่ 2 แผนภาพวินัย 5 ประการของ Peter M. Senge
ที่มา: เชงเก้ (Senge, 1990 อ้างถึงใน วชรวรรรธน์ ปิยะรัตนมงคล, 2563 , น. 26)

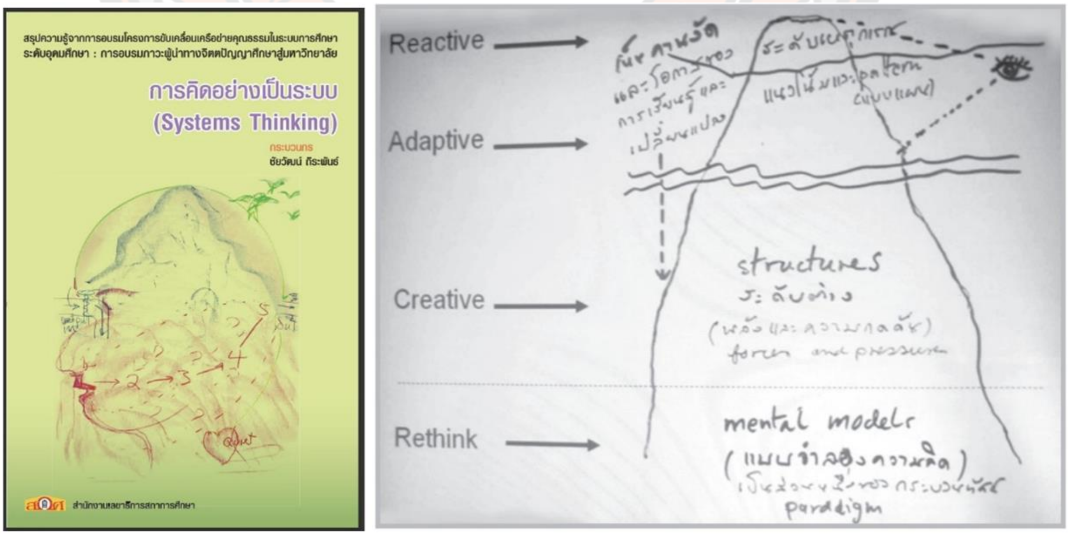
สาระสำคัญของวิชา 5 ประการสำหรับการพัฒนาองค์การเรียนรู้แล้ว ถึงแม้ว่าวิธีคิดกระบวนระบบ (Systems Thinking) จะเป็นวิชาที่ 5 แต่มีนักคิดหลายคนที่ได้อ่านงานของเขา โดยเฉพาะ Gene R. Bellinger ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน Mental Model Musings แห่งสถาบัน Annandale มลรัฐ Virginia, USA ได้กล่าวไว้ว่าภายหลังจากที่เขาอ่านหนังสือของเชงเก้แล้วเขาเชื่อว่าวิชาที่ 5 คือ Systems Thinking นั้นสำคัญยิ่ง แต่เขาข้องใจว่า Systems Thinking น่าจะเป็นวิชาอันดับแรก “The First Discipline” น่าจะเหมาะสมกว่า

Peter Senge ได้รับการยกย่องว่าเป็น Mr. Learning Organization และโดดเด่นในการนำวิธีคิดกระบวนระบบมาประยุกต์ใช้กับระบบการบริหารและการพัฒนาองค์กรยุคใหม่รวมทั้งการสร้างผู้นำที่ยอดเยี่ยมสามารถยกระดับการเรียนรู้และศักยภาพขององค์กรให้เป็นองค์การเรียนรู้ นอกจากนั้นยังเชื่อมต่อวิธีคือกระบวนระบบกับหลักคิดแบบองค์รวมที่ทำให้เราสามารถเข้าใจโลก เข้าใจชีวิตมากยิ่งขึ้นอันเป็นหลักคิดสำคัญในปรัชญาและศาสนาทุกศาสนาถ้าเราฝึกการคิดเชิงกระบวนระบบบ่อยๆแล้วทำให้เกิดความชำชองก็จะทำให้เข้าใจเรื่องอิทัปปัจจยตาและปฏิจจสมุปบาทได้ดีขึ้นและเมื่อฝึกการคิดเชิงกระบวนระบบให้ถึงที่สุดถึงขั้นตั้งคำถามเกี่ยวกับการพิจารณาโลกของตนซึ่งอยู่ลึกระดับ mental model มันทำให้ต้องลงไปสู่ระดับการฝึก “สติ” ทีเดียว

5. วิธีคิดและกระบวนการคิดเชิงระบบ

ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีคิดและกระบวนการคิดเชิงระบบ จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง ที่จะนำมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาการคิดเชิงระบบ มีผู้ให้แนวคิดไว้ดังนี้

ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์ (2552, น. 25-31) กล่าวว่า สรรพสิ่งทั้งหลายล้วนมาแต่เหตุ การคิดอย่างเป็นระบบเกิดขึ้น เพราะว่าปัญหาในโลกเริ่มซับซ้อนมากขึ้น การคิดอย่างที่เคยคิดกันมา คิดแบบแยกส่วน คิดเป็นเส้นตรง คิดแบบวิทยาศาสตร์แบบเก่า ไม่เห็นความสัมพันธ์ของกันและกัน จึงแก้ปัญหาโลกนี้ไม่ได้ ต้องโยงเป็นหนึ่งเดียวกัน ทฤษฎีว่าด้วยการคิด 4 ระดับ “มองให้ทะลุภูเขาน้ำแข็ง”



ภาพที่ 3 แสดงทฤษฎีว่าด้วยการคิด“มองให้ทะลุภูเขาน้ำแข็ง”
ที่มา: ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์ (2552)

วิธีคิดของ Systems thinking อย่างหนึ่ง คือพยายามรู้ทุกอย่าง พร้อมทั้งรู้จักตัวเองด้วย เพราะว่าตัวเองนั้นถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ ระบบ นั้นเปรียบเสมือนภูเขาน้ำแข็งเป็นปรากฏการณ์ให้เราเห็นและจับต้องได้ เช่น

1. ระดับปฏิกิริยา (Reactive) ปลายยอดของภูเขาน้ำแข็งเป็นระดับ ของเหตุการณ์ปฏิกิริยา (Reactive) เช่น เกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ เราก็ดับไฟ ตามสถานการณ์ เป็นระดับ Reaction แต่การแก้ปัญหานี้มิได้เป็นการแก้ปัญหา ทั้งระบบ ดังนั้นเราต้องมีวิธีแก้ไขเพื่อเรียนรู้ใหม่ให้ดีกว่าเดิม

2. ระดับการปรับตัว (Adaptive) หากต้องการจัดการอัคคีภัย ทั้งระบบ ต้องกลับไปดูสถิติข้อมูล ดูเวลา หรือพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้เป็นประจำ พื้นที่ เสี่ยงภัย เมื่อเรารู้รูปแบบ รู้เวลา พื้นที่ ก็แก้ปัญหา เช่น เราจะต้องจับ pattern หรือจับแนวโน้มให้ได้ ว่าไฟไหม้นั้นมักจะไหม้บ่อยในเดือนไหน แล้วสถิติจะบอกเรา ซึ่งเป็นการจับกาลเวลา อย่างที่สองลองสังเกตดูว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง แถวนั้นจะมีโอกาสไฟไหม้มาก ส่วนหมู่บ้านที่มีบ้านติดกัน อย่างบ้านจัดสรรจะ มีโอกาสน้อยกว่า หลังจากนั้นเราก็จะรู้วิธีที่จะรับมือ วิธีการแก้ปัญหาเมื่อเรารู้ แล้วว่าพื้นที่ใดเป็นที่ที่มีโอกาสเกิดเพลิงไหม้สูง ดังนั้นเราควรจัดสถานีดับเพลิง ไว้ใกล้พื้นที่นั้นให้มากที่สุด หากพื้นที่นั้นมีลักษณะซอยแคบก็ควรจะปรับปรุง รถดับเพลิงให้เล็กลงเพื่อความสะดวก การเพิ่มสายฉีดน้ำให้ยาวขึ้น หรือระยะยาว คือ เอาคนในชุมชนมาอบรมการดับเพลิง

3. ระดับความคิดสร้างสรรค์ (Creative) อย่างไรก็ตาม เมื่อ การสร้างตึกสูงขึ้น โครงสร้างของอาคารเปลี่ยนไป ทำให้ต้องสร้างสรรค์ การออกแบบอาคารเพื่อป้องกันอัคคีภัย หรือทำทางหนีไฟ จัดให้มีการออก กฎหมาย ซึ่งระดับนี้เป็นการแก้เชิงโครงสร้าง เพราะโครงสร้างก่อให้เกิดรูปแบบ ของพฤติกรรม ที่สามารถนำไปสู่ระดับสถานการณ์ ขณะเดียวกัน ระดับนี้เอง ก็เกิดมาจากความคิดของมนุษย์ เป็นการแก้ปัญหาเชิงลึก

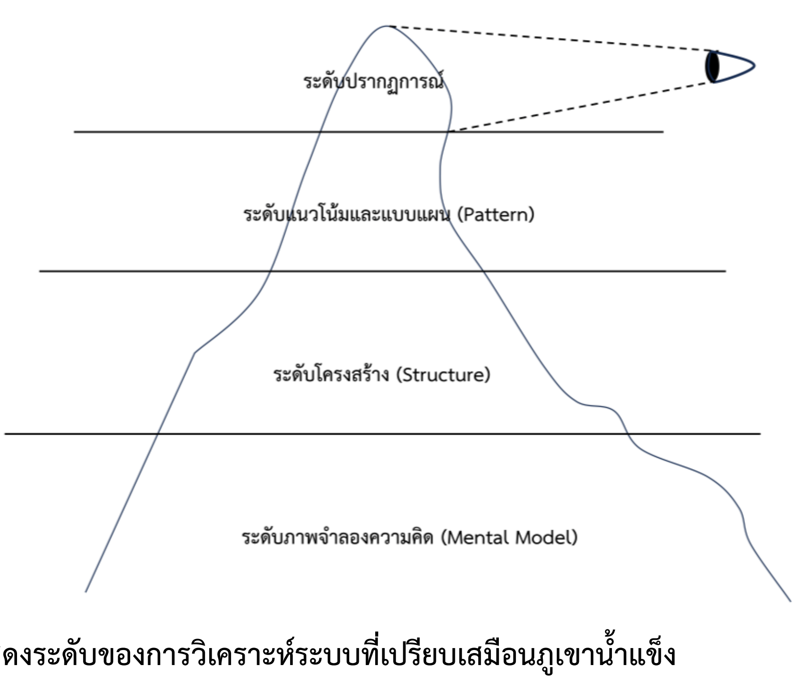
4. ระดับภาพจำลองความคิด (Mental Model) แต่การจะจัดการ ในระยะยาวให้ได้ต้องปรับวิธีคิด (Mental Model) ของผู้คนในสังคม โดย ประกอบด้วย

- World view หรือโลกทัศน์
- Core value
- Attitude
- Habit

เพราะฉะนั้นหัวใจในการแก้ไขปัญหาของ Systems thinking คือ ใช้เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยโรคเพื่อจะแก้ไขให้ถูกต้อง ดังนั้นต้องมีการ ฝึกเสมอๆ เพราะไม่ว่าเราจะทำอะไรก็ตามเราจะคิดแบบ 4 ระดับเสมอ เช่น ประเทศทางยุโรปจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาจราจรโดยการใช้ mass transit

การใช้รถราง หรือการใช้ underground ซึ่งต่างจากอเมริกาที่ใช้รถเพียง อย่างเดียว โครงสร้างเป็นตัวที่ทำให้เกิดปัญหามากมายกับชีวิตของมนุษย์ และโครงสร้างนั้นก็มาจากการสร้างของมนุษย์ โดยจินตนาการในการสร้างเมือง การจัดระบบจราจร การอยู่ร่วมกัน สังคมไทยในสมัยนี้มีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไป ทุกคนมีพื้นที่ในการอยู่ร่วมกันน้อยลง หากเรามีการสร้างสนาม กีฬา สวนสาธารณะ หรือพื้นที่ที่จะให้เราอยู่ร่วมกันก็จะสามารถช่วยเปลี่ยนรูปแบบ การดำเนินชีวิต ของเราได้ หากโครงสร้างไม่ดี ปัญหาอื่นๆ ก็จะตามมา ไม่ว่าจะ เป็นปัญหาของเด็กในปัจจุบันล้วนเกี่ยวเนื่องมาจากปัญหาโครงสร้าง และ mental model ทั้งสิ้น ทั้งปัญหาการจัดระบบต่างๆ และแม้แต่ครอบครัวก็ยังละเลยกับ ปัญหานั้นด้วยไม่มีคนช่วยกันผลักดันความสุขสาธารณะ ความสุขที่สร้างสรรค์

ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 56-63) กล่าวไว้ว่า วิธีคิดเชิงระบบ มองระบบว่าเปรียบเสมือนภูเขาน้ำแข็ง ให้ลองนึกถึงภาพภูเขาน้ำแข็ง เราลองนึกภาพภูเขาน้ำแข็งที่มีส่วนที่โผล่มานั้นเป็นอย่างไร ยอดภูเขาที่ปรากฏอาจจะมีแค่เพียงนิดเดียว แต่ลึกลงไปใต้น้ำนั้น เกิดจากการก่อตัวของน้ำแข็งก้อนมหึมา วิธีคิดกระบวนระบบ จึงมองระบบด้วยวิธีคิด 4 ระดับซึ่งเปรียบเสมือน ภูเขาน้ำแข็งไว้ดังนี้

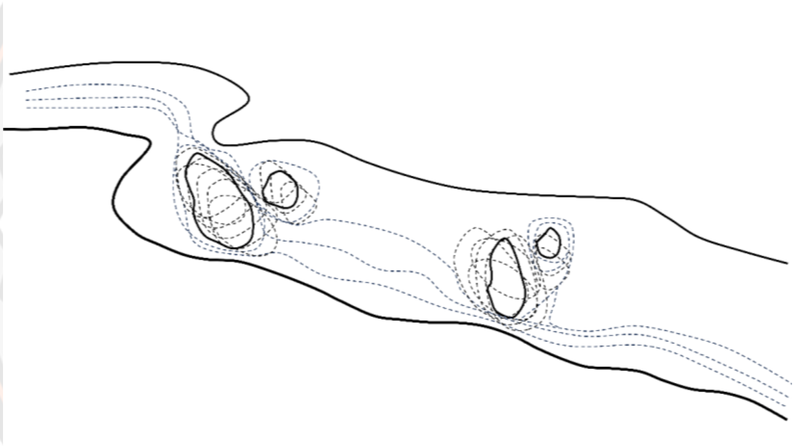


ภาพที่ 4 แสดงระดับของการวิเคราะห์ระบบที่เปรียบเสมือนภูเขาน้ำแข็ง
ที่มา: ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 56)

วิธีคิดเชิงระบบ มี 4 ระดับ ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 56-63) อธิบายการถึง การมองระบบเหมือนภูเขา น้ำแข็ง คือ

1. ระดับปรากฏการณ์หรือระดับเหตุการณ์ (event/behavior) สิ่งที่เราเห็นอยู่ ตลอดเวลา ระดับของการสัมผัสที่สัมผัสได้ คือยอดภูเขาน้ำแข็ง เป็นสิ่งที่ปรากฏออกมาให้เห็น ได้ด้วยสายตา ด้วยการรับรู้ในระดับเบื้องต้น เช่น เหตุการณ์ที่เราสามารถได้เห็น ได้ยิน ได้ รับรู้ว่าเหตุการณ์อย่างนี้ขึ้น เช่น เหตุการณ์การก่อความไม่สงบในภาคใต้ สหรัฐถล่มอิรัก ไข้หวัด นกระบาด เหล่านี้เป็นสิ่งที่เราเรียกว่า เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เรามองเห็นได้เป็นที่ ประจักษ์ชัดด้วยสายตาหรือการรับรู้ของตัวเรา

2. ระดับแนวโน้มและแบบแผน (pattern) รูปแบบความสัมพันธ์ที่เป็นแบบแผน มีความชัดเจนจนสามารถประมาณการณ์หรือคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นต่อไป แบบแผนอยู่ ใต้เหตุการณ์ เป็นฐานของภูเขาน้ำแข็ง เป็นแบบแผนพฤติกรรมของเหตุการณ์ คือสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่าหากแบบแผนเป็นเช่นนี้ ปรากฏการณ์จะเป็นเช่นไร แบบแผน (pattern) เปรียบเสมือน การไหลของน้ำ



ภาพที่ 5 แสดงรูปการไหลของน้ำเป็นแบบแผนตามโครงสร้างใต้น้ำ
ที่มา: ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 57)

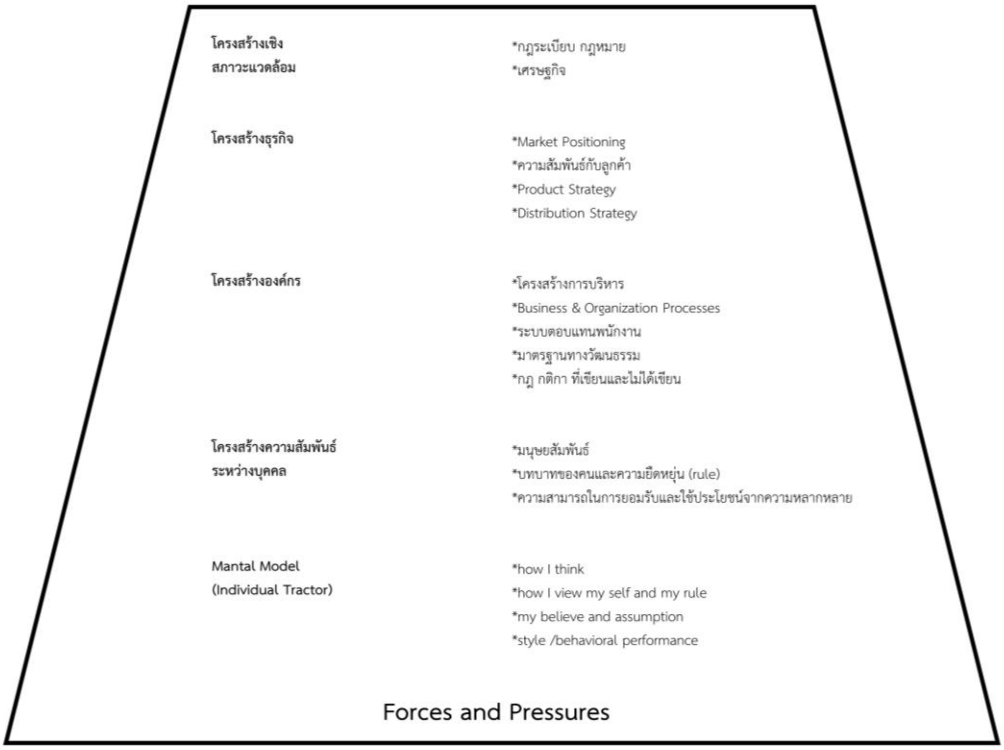
เราจะเห็นว่า การไหลของน้ำมีบางช่วงที่น้ำจะไหลวน หรือเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งเกิดจาก หินหรือสิ่งกีดขวางที่อยู่ใต้น้ำมาปรับเปลี่ยน การไหลของน้ำทำให้ทิศทางเปลี่ยนไป และหากมี การระเบิดหินใต้น้ำออก แบบแผน (pattern) การไหลของน้ำก็จะเปลี่ยนไป หินใต้น้ำนั้น เปรียบเสมือนโครงสร้างซึ่งอยู่ในระดับถัดไป ส่วนแบบแผนการไหลของน้ำก็ขึ้นอยู่กับโครงสร้าง นั้นทำให้เราเห็นการไหลของน้ำว่ามีทั้งไหลเอื่อยและมีวนบางช่วง

การจับแบบแผนของเหตุการณ์มีหลายวิธี เช่น การจัดทำสถิติ บันทึกทำให้เราเห็นอดีต สาเหตุ นำไปสู่การวิเคราะห์แนวโน้มในอนาคตเพื่อวางแผนรองรับได้ ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงรุก

3. ระดับโครงสร้าง (structure) อยู่ใต้แบบแผน (pattern) โดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มี เพียงโครงสร้างเดียว แต่โครงสร้างหลายชั้นซ้อนกัน จะออกมาเป็นเนื้อหารูปแบบใดนั้นขึ้นกับ โครงสร้าง

ทางความคิด จึงต้องฝึกวิธีคิด วิธีการมอง เพื่อให้เกิดโครงสร้างของสิ่งที่ดีและรักษา โครงสร้างที่ดีเอาไว้ให้ได้ แบบแผนการไหลของน้ำนั้นเกิดจากโครงสร้างใต้น้ำ คือหิน ความลาด ชัน ความขรุขระพื้นดินใต้น้ำ รวมไปถึงครึ่งที่เป็นกรอบกำหนดความคดเคี้ยว โครงสร้างจึง เป็นตัวกำหนดแบบแผนพฤติกรรมและสิ่งที่แสดงออกมาซึ่งปรากฏให้เห็น เราคงได้ยินคำว่า โครงสร้างบ่อยๆ เช่น หลายคนบ่นว่า โครงสร้างของระบบราชการทำให้คนทำงานไม่เต็ม ศักยภาพนั่น เพราะการทำงานภายใต้โครงสร้างที่มีกฎระเบียบมากมาย ไม่ยืดหยุ่นซึ่งฉุดพลัง การทำงานของคนให้ลดน้อยลง เราอาจจะเคยเห็นว่า หลายองค์กรมีโครงสร้างที่ดูภายนอก เหมือนกัน แต่ภายในอาจมีความยืดหยุ่นต่างกัน กระทรวงที่มีโครงสร้างของระบบราชการเหมือนกัน แต่ภายในนั้นอีกที่หนึ่งแข็งตัว มีกฎมากมายจนทำงานไม่ได้ ส่วนอีกที่หนึ่งรักษา กฎระเบียบแต่มีความยืดหยุ่นสูง ทำให้คนทำงานได้เต็มที่และทำงานเสร็จลุล่วงได้ผลดีอีกด้วย

ภายในระบบโดยส่วนใหญ่แล้วไม่ได้มีเพียงโครงสร้างเดียว เช่นเดียวกับการไหลของน้ำไม่ได้มีก้อนหินเพียงก้อนเดียว แต่มีทั้งต้นไม้ เขื่อนกั้นน้ำ ซากเรือล่ม โค้ง กุ้ง ต่าง ๆ ที่อยู่ริม แม่น้ำ จึงทำให้สายน้ำคดเคี้ยว โครงสร้างของระบบก็เช่นกัน มีโครงสร้างหลายชั้นซ้อนกัน ดัง ภาพที่ 4



ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างที่ทับซ้อนกันเป็นลำดับอยู่บนภาพจำลองความคิด

ที่มา: ปิยนาถ ประยูร (2548, น. 59)

- โครงสร้างด้านกฎหมาย ระเบียบ ซึ่งมีผลกระทบกับคนทั่วโลกและระหว่างประเทศ เช่น WTO FTA เป็นต้น

- โครงสร้างทางเศรษฐกิจ เศรษฐกิจของประเทศไทย ยังพึ่งพิงการส่งออกแก่ประเทศต่างๆ หากประเทศคู่ค้าเศรษฐกิจตกต่ำ ก็จะส่งผลกระทบต่อการค้าระหว่างประเทศรวมไปถึงเศรษฐกิจของไทยด้วย

- โครงสร้างด้านเทคโนโลยี ประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากกว่าประเทศ อื่นย่อมส่งผลกระทบต่อประเทศอื่นๆ

- โครงสร้างทางการแข่งขัน ประเทศที่เน้นการท่องเที่ยวย่อมส่งผลกระทบในเชิงนิเวศวิทยา สภาพแวดล้อม

- โครงสร้างทางธุรกิจ ได้แก่ ตำแหน่งทางการตลาด ความสัมพันธ์กับลูกค้า กลยุทธ์ สินค้า กลยุทธ์การกระจายสินค้า

- โครงสร้างขององค์กร ได้แก่ การกระจายอำนาจหรือรวมศูนย์ไว้ที่คนใดคนหนึ่ง กระบวนการสื่อสารภายใน มีทั้งมองเห็นและมองไม่เห็น

- โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคนกับคน เป็นเรื่องที่สำคัญและมีความเข้มแข็งมาก ในสังคมไทยยิ่งกว่ากฎหมาย ระบบเส้นสาย ระบบอุปถัมภ์ การเอื้อผลประโยชน์ การโยกย้าย แต่งตั้ง

- โครงสร้างภาพจำลองความคิด (Mental model) ทุกคนเมื่อคิดอะไรก็ตามจะมีโครงสร้างทางความคิด เรียกได้ว่าเป็นกระบวนทัศน์ ค่านิยม ที่จะส่งผลต่อการกระทำ คนทุกคน เมื่อทำงาน ก็จะมีรูปแบบและวิธีการทำงานซึ่งจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของบุคคล

หากเรายังมองภาพเรื่องโครงสร้างได้ไม่ชัดเจนให้นึกถึงโครงสร้างของน้ำอีกครั้ง พฤติกรรมการไหลของน้ำนั้นเกิดจากอะไรได้บ้าง และหากมีการเปลี่ยนโครงสร้างใต้น้ำ ด้วยการระเบิดหินเปลี่ยนทางน้ำไหล นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของน้ำ การไหลของ น้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามที่โครงสร้างกำหนด และก็จะเกิดผลกระทบต่อปลาและระบบนิเวศใน น้ำ รวมทั้งผู้อาศัยอยู่ สองฝั่งน้ำ

4. ระดับภาพจำลองความคิด (Mental Model) ฉันมีวิธีคิดอย่างไร? (How I think) ฉันมองตัวเองว่าเป็นอย่างไร? (How I view myself and my role) พฤติกรรมของฉันที่เลือก กระทำ (style & behavioral performance) เกิดจากพื้นฐานหรือโครงสร้างเป็นการเชื่อมโยงกับ สิ่งต่างๆ และหล่อหลอมออกเป็นวิธีคิด เป็นเรื่องของความเชื่อ นิสัย และพฤติกรรมของบุคคล เราอาจจะเห็นบางคนก่อนเป็นนักการเมือง มีบุคลิกอีกอย่างหนึ่ง แต่พอไปเป็นนักการเมืองก็มี บุคลิกอีกอย่าง นั่นเพราะโครงสร้างทางการเมือง กำหนดให้วิธีคิดและพฤติกรรมของคน เปลี่ยนไปได้ เพราะฉะนั้นโครงสร้างจึงมีผลต่อการเปลี่ยนวิธีคิด และการเปลี่ยนวิธีคิดก็ย่อม ต้องมีผลต่อโครงสร้างเช่นกัน เมื่อ

เราคิดอย่างไร เรามักทำอย่างนั้น เมื่อเราเชื่ออย่างไรเรามักทำอย่างนั้น เพราะฉะนั้น เราจึงควรฝึกวิธีคิด วิธีการมอง เพื่อให้เกิดโครงสร้างของสิ่งที่ดี และรักษาโครงสร้างดีๆ เอาไว้ได้

สุภาวดี เจริญเศรษฐมห (2550, น. 218-219) กล่าวถึงคุณสมบัติของการคิดเชิงระบบไว้ว่า

1. คิดแบบมีความเป็นองค์รวม (holistic or wholeness) ผลที่ได้จากระบบไม่ใช่ผลบวกหรือเพียง แต่มารวมกันของส่วนประกอบเหล่านั้น แต่จะได้คุณสมบัติใหม่ด้วย

2. คิดเป็นเครือข่าย (networks) คิดเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ของระบบต่างๆที่เป็นการประกอบขึ้นมาเป็นเครือข่ายของระบบ

3. คิดเป็นลำดับชั้น (Hierarchy) เนื่องจากระบบหนึ่ง ๆ อาจจะมาจากระบบย่อย ๆ หลายระบบที่ประกอบกันขึ้นมาและในระบบย่อยเองก็มีความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของระบบ

4. คิดแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน (Interaction) ระหว่างระบบด้วยกันทั้งระบบย่อยกับระบบย่อยด้วยกันระบบย่อยกับระบบใหญ่ระบบใหญ่ระบบใหญ่กับสภาพแวดล้อมการเปลี่ยนแปลงของระบบย่อยจะมีผลต่อระบบใหญ่ด้วย

5. คิดอย่างมีขอบเขต (boundary) ระบบหนึ่งมาจากระบบย่อย ๆ และระหว่างระบบย่อยกับระบบใหญ่ต่างมีขอบเขตของระบบที่แสดงให้เห็นเขตแดนว่าระบบนั้น ๆ ครอบคลุมอะไรบ้างและอะไรบ้างที่อยู่นอกเขตแดนซึ่งก็จะถือว่าอยู่นอกระบบ แต่ในหลาย ๆ ระบบนั้นก็ไม่ได้แยกเขตแดนกันอย่างเด็ดขาด แต่มีการซ้อนทับ (Overlap) กันอยู่เช่นระบบที่เป็นนามธรรมระบบธรรมชาติและระบบทางสังคมเป็นต้น

6. คิดอย่างมีแบบแผน (pattern) ระบบจะมีความคงที่แน่นอนเพื่อเป็นหลักประกันว่ากระบวนการทำงานทุกอย่างในทุก ๆ ขั้นตอนจะไม่มีการเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมายของระบบโดยรวม

7. คิดอย่างมีโครงสร้าง (system structure) แต่ละส่วนที่ประกอบเป็นระบบมีความเป็นตัวของตัวเองมีความเป็นอิสระทั้ง ๆ ที่สิ่งที่ประกอบกันอาจจะมีลักษณะรูปร่างหน้าที่หรือแบบแผนการทำงานที่ต่างกัน แต่ก็มีการเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสมทำหน้าที่อย่างสัมพันธ์กันทำงานเสริมประสานกันกับส่วนประกอบอื่น ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของระบบโดยรวม

8. คิดอย่างมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง (adaptation) ระบบต่างๆจะมีการปรับตัวและพยายามสร้างสภาวะสมดุลและคงความสมดุลนั้นไว้ด้วยการจัดระบบภายในตนเอง (self-organize)

9. คิดเป็นวงจรป้อนกลับ (Feedback Loops) การคิดเชิงระบบเป็นการคิดในลักษณะเป็นวง (loops) มากกว่าจะเป็นเส้นตรงทุกส่วนต่างมีการเชื่อมต่อทั้งโดยตรงและโดยอ้อม

Stave and Hopper (2007, pp. 9-10) ได้สรุป ลักษณะของการคิดเชิงระบบไว้ว่า การคิดเชิงระบบต้องตระหนักถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละส่วนมองเห็นภาพรวมเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆระบุความสัมพันธ์และเข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยต่างๆและสร้างรูปแบบรวมทั้งทดสอบรูปแบบ

กล่าวโดยสรุปคุณสมบัติของการคิดเชิงระบบจะมีวิธีคิดหลากหลายการคิดที่เป็นการคิดเชิงเครือข่ายการคิดเชิงกระบวนระบบคิดองค์รวมคิดเป็นเครือข่ายคิดเป็นลำดับขั้นคิดแบบมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันคิดอย่างมีขอบเขตคิดอย่างมีแบบแผนคิดอย่างมีโครงสร้างคิดอย่างมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงและคิดเป็นวงจรป้อนกลับอีกทั้งการคิดเชิงระบบต้องตระหนักถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบแต่ละส่วนมองเห็นภาพรวมเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ระบุความสัมพันธ์และเข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยต่างๆรวมทั้งทดสอบรูปแบบและสร้างรูปแบบการคิด

6. การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ เป็นการกำหนดเกณฑ์ หรือแนวทางในการวัดความสามารถที่แสดงออกถึงพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางและเกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบจากผลงาน การวิจัยทางด้านการคิดเชิงระบบของนักการศึกษา ดังนี้

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2553, น. 206-210) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมที่ แสดงความสามารถในกระบวนการคิดเชิงระบบไว้ดังนี้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของบุญเลี้ยง ทุมทอง (2553)

1. ระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
4	ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามถูกต้อง ชัดเจนครบทุกตัวแปรที่กำหนดได้
3	ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามถูกต้อง มากกว่าครึ่งหนึ่งและยังมีบางตัวแปรกำหนดผิดไม่มีลักษณะเป็นตัวแปร
2	ระบุตัวแปรไม่ถูกต้องเลยหรือผิดเป็นส่วนมาก
1	ไม่มีการระบุตัวแปรและผิดเป็นส่วนมาก
2. เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลา	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
4	เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาได้ครบทุกตัว

	แปรและมีความสมเหตุสมผล เป็นไปได้สอดคล้องกบบริบทของเรื่องนั้น
3	เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาได้ไม่ครบทุกตัวแปร แต่ความสัมพันธ์ที่กำหนดไม่ถูกต้อง ขาดความสมเหตุสมผล เป็นไปได้หรือไม่สอดคล้องกับบริบทของเรื่องนั้น
2	เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกบระยะเวลาได้แต่ขาดความสมเหตุสมผล ไม่เหมาะสมกับบริบทของเรื่องนั้นเป็นส่วนมาก
1	เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาไม่ได้เลย หรือเขียนได้แต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล ไม่เหมาะสม กับบริบท
3. การใช้ตัวแปรสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (Causal loop diagram: CLD)	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
4	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ครบถ้วน และ/หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล
3	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ไม่ครบถ้วน และ/หรือเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล
2	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ไม่ครบถ้วน และ/หรือเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล
1	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยไม่ใช้ตัวแปรที่ระบุไว้เลย หรือใช้น้อยมาก
4. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรสาเหตุ	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
4	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด
3	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย
2	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนมาก
1	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้อง
5. การระบุลักษณะวงจรสาเหตุ	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
2	ระบุวงจรสาเหตุถูกต้องทั้งหมด
1	ระบุวงจรสาเหตุผิดหรือไม่ถูกต้องเลย
6. การออกแบโครงสร้างวงจรความสัมพันธ์	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**

3	วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิดเข้าใจง่าย โครงสร้างถูกต้อง
2	วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิดเข้าใจยาก โครงสร้างบางส่วนแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง
1	วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิด ไม่สามารถสื่อความคิดได้ โครงสร้างผิดหมดหรือเป็นส่วนใหญ่

7. การวางแผนนำเสนอผลการคิดต่อที่ประชุมกลุ่ม

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดง
3	กำหนดขั้นตอนการนำเสนอที่สามารถเข้าใจและยอมรับได้ ได้คะแนน 3 คะแนน
2	กำหนดขั้นนตอนการนำเสนอที่ไม่ชัดเจน
1	ไม่สามารถจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอของตนเองได้ชัดเจน

8. จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอ

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดง
3	จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอครบถ้วน
2	จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอไม่ครบ
1	ไม่มีการจัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอ

9. ปฏิบัติตามขั้นตอนการนำเสนอที่วางแผนไว้

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดง
3	ปฏิบัติตามขั้นตอนการนำเสนอที่วางแผนไว้ทุกขั้นตอนได้
2	ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้บางขั้นตอนแต่เป็นส่วนใหญ่ (≥ ร้อยละ 70)
1	ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ หรือปฏิบัติเป็นส่วนน้อย (ไม่ถึงร้อยละ 30)

10. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มย่อย

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดง
3	ส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์งานของเพื่อนมากกว่าร้อยละ 80 ที่มีการนำเสนอ
2	มีส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์งานของเพื่อนมากกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ
1	ไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์ งานของ

คะแนน	พฤติกรรมที่แสดง
	เพื่อน หรือมีส่วนร่วมน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ
11. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มใหญ่	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
3	มีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 80 ที่มีการนำเสนอ
2	มีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ
1	ไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งานของ เพื่อนหรือมีส่วนร่วมน้อย
12. การประเมินผลงานการคิดเชิงระบบ	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
3	สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างสมเหตุ สมผล ในระดับที่เป็นตัวอย่างได้
2	สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างสมเหตุ สมผล ในระดับพอใช้ได้
1	สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอได้อย่างสมเหตุ สมผล ในระดับที่ยังไม่สมเหตุ สมผลและยังมีจุดอ่อน
13. พยายามแก้ปัญหา อุปสรรคในการคิด	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
3	ปรับเปลี่ยนวิธีคิดด้วยตนเองเมื่อพบว่าแนวทางการคิดของตนเอง ไม่เหมาะสม
2	ทำตามที่คนอื่นเสนอแนะเมื่อพบว่าแนวทางการคิดของตนเองไม่เหมาะสม
1	ไม่แก้ปัญหาหรือปรับเปลี่ยนใดๆ เลย
14. ระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดของตน	
คะแนน	**พฤติกรรมที่แสดง**
3	แสดงความคิดเห็นวิพากษ์ชิ้นงานผลการคิดของตนเองทั้งที่เป็นจุดอ่อนและจุดแข็งอย่างมีเหตุผล ยอมรับได้
2	ระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดของตนเองโดยไม่อธิบายรายละเอียด
1	ไม่สามารถระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดที่ตนเองคิดขึ้นมาได้หรือ

ระบุได้เพียงอยางใดอย่างหนึ่ง

ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560, น. 98-111) ได้กำหนดการประเมิน กระบวนการคิดเชิงระบบ โดยมี 3 องค์ประกอบ คือ การคิดแบบองค์รวม การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง และการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ใช้แบบตรวจวัดกระบวนการคิดเชิงระบบ และกำหนดระดับการให้คะแนน 3 ระดับ (Rubric score) ซึ่งแบบวัดการคิดเชิงระบบเป็นแบบวัดอัตนัยที่เป็นสถานการณ์ปัญหา ดังนี้

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)

1. องค์ประกอบที่ 1 การคิดแบบองค์รวม มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ	
	1.1 การวิเคราะห์ปัญหา
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถวิเคราะห์โดยบอกปัญหาได้อย่างถูกต้อง
1	บอกปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น
0	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
	1.2 ระบุสาเหตุของปัญหา
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป
1	สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 1 – 2 ประเด็น
0	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
2. องค์ประกอบที่ 2 การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ	
	2.1 ระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของของปัญหาได้ถูกต้อง 3 คู่ขึ้นไป
1	สามารถระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 1 - 2 คู่
0	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
	2.2 เขียนความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแผนภาพ
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถเขียนแผนภาพความสัมพันธ์โดยใช้ปัญหาที่ระบุได้ 3 ตัวขึ้นไป
1	สามารถเขียนแผนภาพความสัมพันธ์โดยใช้ปัญหาที่ระบุได้ 2 ตัว

0	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
3. องค์ประกอบที่ 3 การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ	
	3.1 อธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถอธิบายแผนภาพได้อย่างครอบคลุมสมเหตุสมผล
1	อธิบายแผนภาพได้ยังไม่ครอบคลุมสมเหตุสมผล
0	อธิบายแผนภาพได้ยังไม่ครอบคลุมสมเหตุสมผล
	3.2 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์
คะแนน	**ความหมาย**
2	สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 3 ประเด็นขึ้นไป
1	สามารถเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 1 - 2 ประเด็น
0	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ

สำหรับการประเมินการคิดเชิงระบบในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนด การประเมิน โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เป็นแบบวัดเชิงสถานการณ์ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560) ที่ได้สังเคราะห์แนวคิดของการคิดเชิงระบบจากมีผู้ให้แนวคิดของการคิดเชิงระบบหลายท่าน คือ ฟริตจ๊อฟ คาปรา (Fritjof Capra, 1997) ปี เตอร์ เอ็ม. เซงเก้ (Peter M. Senge, 1994) คอนเนอร์ โจเซฟ โอ และแมคเดอมอตต์เอียน (Connor, Joseph O and McDermott Ian, 1995) แบรี่ ริชมอนด์ (Barry Richmond, 2000) แอนเดอร์สัน และจอห์นสัน (Anderson and Johnson, 1997) และกูดแมน (Goodman, 1997) ออกมาเป็นตัวบ่งชี้ในการวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ผู้วิจัยนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับเรื่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยใช้คำถามสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ใช้เกณฑ์การให้คะแนนผลงาน แบบรูบริค (Scoring rubric) โดยกำหนดมาตรวัด (Scale) และรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนอีกครั้งก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

ความพึงพอใจ

1. ความหมายของความพึงพอใจ

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2546, น. 775) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกที่มีความสุขหรือความพอใจเมื่อได้รับความสำเร็จ หรือได้รับสิ่งที่ต้องการ

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2548, น. 189) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สภาพความรู้สึกที่มีความสุข สดชื่น เป็นภาวะทางอารมณ์เชิงบวกที่บุคคลแสดงออกเมื่อได้รับผลสำเร็จทั้งปริมาณและคุณภาพ ตามจุดมุ่งหมาย ตามความต้องการ ความพึงพอใจจึงเป็นผลของความต้องการที่ได้รับการตอบสนอง โดยมีการจูงใจ (Motivation) หรือสิ่งจูงใจ (Motivators) เป็นตัวเหตุ

จำรัส มือขุนทด (2559, น. 5) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติที่ดีของ เป็นความรู้สึกของในทางบวก ความชอบ ความสบายใจ ความสุขใจ ต่อสภาพแวดล้อมในด้านต่างๆ หรือเป็นความรู้สึกที่พอใจต่อสิ่งที่ทำให้เกิดชอบ ความสบายใจ และเป็นความรู้สึกที่บรรลุถึงความต้องการ ซึ่งมักเกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ตนต้องการ ก็จะเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้นตรงกันข้ามหากความต้องการของตนไม่ได้รับการตอบสนองความไม่พึงพอใจก็จะเกิดขึ้น

พัฒนา พรหมณี (2563, น. 59-66) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกร่วม ของบุคคล เมื่อได้รับการตอบสนองความต้องการแล้วจะเกิดความรู้สึกมีความสุข กระตือรือร้น มุ่งมั่นเกิดขวัญกำลังใจก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการกระทำกิจกรรมที่นำไปสู่เป้าหมายนั้นสำเร็จตามที่กำหนดไว้ อีกนัยหนึ่งความพึงพอใจ เป็นความรู้สึกในเชิงการประเมินค่าอันเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ของการเรียน ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลในด้านบวกหรือความรู้สึกที่พอใจ ต่อสิ่งที่ทำให้เกิดความชอบที่มาจากประสบการณ์หรือความสำเร็จที่เกิดขึ้นตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เป็นความรู้สึกที่มีความสุขหรือความพอใจเมื่อได้รับความสำเร็จ หรือได้รับสิ่งที่ต้องการ ซึ่งในการวัดความพึงพอใจในครั้งนี้ ผู้วิจัย ได้ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของนักเรียนในแบบวัดความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วย กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

2. แนวคิด หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีแนวคิด หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ ดังนี้

อรพรรณ บุญถึก (2556, น. 5-7) ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ จากรายงานของ คอตเลอร์ และอาร์มสตรอง (Kotler and Armstrong, 2002) โดยกล่าวว่า ทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มี 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีของอับราฮัม มาสโลว์ และทฤษฎีของซิก มันด์ ฟรอยด์

1. ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์ (Maslow's Hierarchy of Needs Theory)

อับราฮัม มาสโลว์ (A.H. Maslow อ้างถึงใน มารุดิศ วชิรโกเมน, 2563, น. 46-50) กล่าวถึงทฤษฎีความต้องการของมาสโลว์ (Maslow's Hierarchy of Needs Theory) ไว้ว่า ทุกคนมีความต้องการอยู่เสมอและไม่มีที่สิ้นสุด เมื่อได้รับความต้องการอย่างหนึ่งจะต้องการอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะความต้องการ 5 ระดับ ได้แก่

1.1 ความต้องการทางสรีระ (Basic Physiological Needs) เป็นความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่ ความต้องการอาหาร อากาศ น้ำ อุณหภูมิ การหลับนอน การขับถ่ายที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค การพักผ่อน ความต้องการทางเพศ เป็นต้น

1.2 ความต้องการความปลอดภัยและมั่นคง (Safety and Security Needs) เป็นความต้องการให้ตนเองปลอดภัยจากอันตรายทุกด้าน ความต้องการความมั่นคงในการทำงานตลอดจนความมั่นคงทางฐานะเศรษฐกิจ

1.3 ความต้องการความรักและเป็นเจ้าของ (Love and Belonging Needs) เป็นความต้องการความรักอยากให้ตนเป็นที่รัก เป็นที่ยอมรับจากกลุ่ม ต้องการความรักและต้องการมีส่วนร่วมในกลุ่ม ให้กลุ่มยอมรับตน เช่น กลุ่มครอบครัว กลุ่มสังคม

1.4 ความต้องการที่จะได้รับการยกย่องจากผู้อื่น (Self Esteem Needs) เป็นความต้องการที่จะให้ผู้อื่นยกย่องตน เป็นความปรารถนาของบุคคลที่ทำให้เกิดพฤติกรรมต่างๆ

1.5 ความต้องการที่จะบรรลุถึงความต้องการของตนเองอย่างแท้จริง (Self Actualization) เป็นความต้องการขั้นสูงสุดของมนุษย์ เช่น ความต้องการอยากเป็นหัวหน้าสูงสุดของหน่วยงาน ความต้องการอยากเด่นอยากดังในทางหนึ่ง

แนวความคิดของมาสโลว์ (Maslow) แสดงให้เห็นว่า มนุษย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถบรรลุความต้องการในระดับการรู้จักตนเองได้ ทำให้มนุษย์มีความต้องการในระดับสูงมากขึ้น เพราะความต้องการระดับสูงเป็นแรงผลักดันให้มนุษย์ต้องอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและทำการสื่อสารซึ่งกันและกัน เพื่อหวังผลในส่วนหนึ่งที่ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดอย่างกว้างขวาง เกิดการร่วมมือกันนำไปสู่ การปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เป็นการสนองความต้องการต่างๆ ของมนุษย์นั่นเอง เมื่อมนุษย์ทุกคน มีความต้องการและความต้องการนั้นได้รับการบริการหรือตอบสนองแล้ว ย่อมทำให้เกิดความพึงพอใจ

2. ทฤษฎีแรงจูงใจของฟรอยด์ (Freud's theory of motivation)

ซิกมันด์ ฟรอยด์ (S.M. Freud อ้างถึงใน สายช่อ อังศุพานิช, 2559, น. 9-10) พบว่า บุคคลไม่รู้สึกถึงสิ่งกระตุ้นพฤติกรรมที่แท้จริง เพราะสิ่งกระตุ้นได้กำหนดรูปร่างตั้งแต่ตอนเป็นเด็กจากกระบวนการทางสังคม ตามทฤษฎีของฟรอยด์เด็กอยู่ในโลกที่มีสิ่งกระตุ้นตามสัญชาตญาณ และพยายามทำตามสิ่งประสงค์ โดยการแสดงออกด้วยการร้องไห้ หรือการไขว่คว้าเมื่อไม่พอใจจะทำให้

เกิดความรู้สึกคับข้องใจ และพยายามทำให้สำเร็จด้วยวิธีต่างๆ จิตใจของเด็กจะเพิ่มความยุ่งเหยิงเมื่อเด็กเจริญเติบโตขึ้น ฟรอยด์พบว่าพฤติกรรมของมนุษย์ถูกควบคุมโดยความนึกคิดพื้นฐาน 3 ระดับ คือ

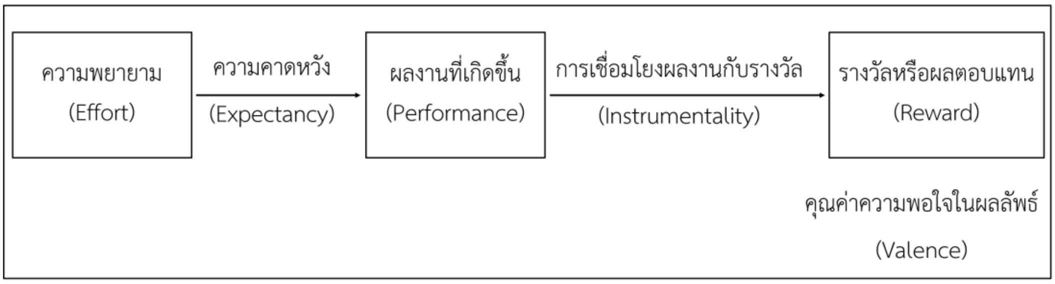
2.1 อิด (Id) เป็นความรู้สึกแอบแฝงที่ค่อยๆสะสมขึ้น และเป็นสัญชาตญาณที่ติดตัวมาแต่กำเนิด โดยทั่วไปจะเป็นความต้องการพื้นฐานตามธรรมชาติของมนุษย์ เช่น ความต้องการทางเพศ ความต้องการในการแสวงหาความพึงพอใจทางด้านต่างๆ ตามที่เขาต้องการ

2.2 อัตตา หรือ อีโก้ (Ego) เป็นศูนย์กลางความรู้สึกสำหรับการวางแผนการกระทำเพื่อให้ได้รับความพึงพอใจ และทำหน้าที่คอยเหนี่ยวรั้งทำความเข้าใจความต้องการจากอิด (Id) ควบคุมพฤติกรรมของมนุษย์ให้แสดงออกในวิถีทางที่เหมาะสม สอดคล้องกับการยอมรับของสังคม

2.3 อธิอัตตาซูเปอร์อีโก้ (Super Ego) คือ สภาพจิตใต้สำนึกซึ่งพัฒนามาจากอีโก้โดยผ่านกระบวนการรับประสบการณ์ต่างๆ ซุปเปอร์อีโก้เป็นกฎทางวัฒนธรรมและศีลธรรม ซึ่งจะนำพฤติกรรมของคนให้อยู่ในกรอบของทำนองครองธรรม ซุปเปอร์ฮีโก้เกิดจากประสบการณ์ในวัยเด็ก เช่น คำสอนของบิดามารดา การลงโทษ ตัวอย่างที่เคยได้เห็นมา เป็นต้น คุณธรรม ความงาม ความดี ประเพณี และจริยธรรม เป็นศีลธรรมและความรู้สึกที่ฝังอยู่ภายในเป็นคุณสมบัติที่เด็กๆ ได้จากพ่อแม่โดยตรง และโดยการเรียนรู้ว่าถูกหรือผิด ดีหรือชั่ว ด้วยตนเอง

ทฤษฎีแรงจูงใจของฟรอยด์ แสดงให้เห็นภาพพฤติกรรมของมนุษย์เกิดจากความรู้สึกแอบแฝงที่สะสมมาตั้งแต่กำเนิดเป็นความต้องการพื้นฐาน และมีการวางแผนการกระทำหรือคอยเหนี่ยวรั้งคือ อีโก้ ส่วนซุปเปอร์อีโก้ เกิดจากการรับประสบการณ์จากวัยเด็ก เช่น คำสอน ตัวอย่าง โดยการเรียนรู้ ดังนั้น ประสบการณ์การเรียนรู้เป็นตัวแปรที่อาจจะกลายเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้ของมนุษย์

ภูมิสิทธิ์ ศิระศุภฤกษ์ชัย (2561, น. 7-10) ได้ศึกษาทฤษฎีแรงจูงใจของวรูม (Vroom's Expectancy Theory) ตั้งต้นมาจากการศึกษาคำถามสำคัญ คือ กระบวนการที่กระตุ้นให้มนุษย์เลือกกระทำบางสิ่งบางอย่างในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ไปจนกระทั่งหยุดมีปัจจัยอะไรที่เกี่ยวข้องบ้างและมีความเกี่ยวข้องอย่างไร (Barbosa dos Santos, 2014) โดยเป็นทฤษฎีที่ประกอบด้วยความสัมพันธ์ของปัจจัย 3 สิ่ง คือ ความพยายาม (Effort) ที่คนคนหนึ่งใส่เข้าไปในการทำงานของตนเอง, ผลลัพธ์หรือผลงาน (Performance) ที่คนคนนั้นทำสำเร็จขึ้นมา และรางวัลหรือผลตอบแทน (Reward) ที่คนคนนั้นจะได้รับจากความพยายามและผลลัพธ์หรือผลงานของเขา (Lunenburg, 2011) ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้



ภาพที่ 7 รูปแสดงทฤษฎีแรงจูงใจของวรูม (Vroom’s Expectancy Theory)

ที่มา: ภูมิสิทธิ์ ศิระศุภฤกษ์ชัย (2561, น. 7)

ความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่ามนุษย์จะถูกกระตุ้นแรงจูงใจโดยระดับของความเชื่อ 3 ข้อ (Lunenburg, 2011) คือ

1. ความเชื่อว่า ความพยายาม (Effort) ของเขาจะนำไปสู่ผลงานที่ตนคาดหวัง โดยเราเรียกความเชื่อนี้ว่า Expectancy

2. ความเชื่อว่า ผลงานที่เกิดขึ้น (Performance) จะช่วยให้ตัวเขาได้รับรางวัลหรือผลตอบแทนบางอย่าง (Reward) เป็นความเชื่อที่เรียกว่า Instrumental หรือก็คือระดับความสัมพันธ์ระหว่างผลงานที่เกิดขึ้นกับรางวัลหรือผลตอบแทนนั่นเอง (Lawler 3rd, 1973)

3. ความเชื่อว่า รางวัลหรือผลตอบแทน (Reward) เป็นสิ่งที่มีคุณค่าต่อตัวเขา ไม่ว่าจะในทางบวกหรือทางลบ ความเชื่อนี้คือคุณค่าความพอใจในผลลัพธ์ (Valence) โดยค่าของคุณค่าความพอใจในผลลัพธ์ (Valence) นี้จะเป็นค่าที่เป็นผลรวมของคุณค่าของรางวัลหรือผลตอบแทนในทุกระดับ (Lee, 2007) (เพราะบางครั้งคุณค่าที่ได้รับก็นำไปสู่คุณค่าอื่นๆ ได้อีก เช่น รางวัลคือการได้เลื่อนขั้น คุณค่าขั้นต้นคือระดับเงินเดือนที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งนำมาสู่คุณค่าต่อมาคือระดับการใช้ชีวิตที่สูงขึ้น)

ทฤษฎีแรงจูงใจของวรูม (Vroom’s Expectancy Theory) นี้ได้บอกว่า แรงจูงใจของมนุษย์ (Motivation) จะยิ่งสูงขึ้นเมื่อระดับความเชื่อในผลของความพยายาม (Expectancy) ระดับความเชื่อในรางวัลหรือผลตอบแทน (Instrumentality) และระดับของการให้คุณค่าในรางวัลหรือผลตอบแทนนั้น (Valence) ตัวใดตัวหนึ่งเพิ่มสูงขึ้นหรือเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 3 ตัว และแรงจูงใจ (Motivation) จะลดต่ำลงถ้าหากความเชื่อใดความเชื่อหนึ่งหรือความเชื่อทั้ง 3 ตัวนี้ลดต่ำลง หรือยิ่งไปกว่านั้นแรงจูงใจ (Motivation) อาจจะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าหากความเชื่อใดความเชื่อหนึ่งมีค่าเป็น 0 (ไม่เชื่อว่าความพยายาม (Effort) จะนำมาซึ่งผลงาน (Performance) หรือ ไม่เชื่อว่าผลงาน (Performance) จะนำมาซึ่งรางวัลหรือผลตอบแทน (Reward) หรือ ไม่ได้ให้คุณค่าทั้งทางบวกและทางลบต่อรางวัลหรือผลตอบแทนนั้น) นอกจากนี้ยังมีการนำทฤษฎีแรงจูงใจของวรูม (Vroom’s Expectancy Theory) มาใช้ในภาคการศึกษาโดยเป็นการศึกษาแรงจูงใจในการเรียนของผู้เรียน

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ สรุปได้ว่า ความต้องการของบุคคลที่ต้องการทำในสิ่งที่ตนเองคาดหวังจนเกิดความพึงพอใจ และไม่มีที่สิ้นสุด เมื่อได้รับความต้องการอย่างหนึ่งจะต้องการอีกอย่างหนึ่งต่อไปเรื่อยๆ เช่นเดียวกับการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน การนำแนวคิดที่มีผลให้เกิดความพึงพอใจมาใช้ คือการสร้างสมประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่ดี ที่มาจากผู้สอน และมีการให้รางวัลหรือผลตอบแทน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจ และมีความพึงพอใจในการเรียนรู้ เพื่อที่จะให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจและมีแรงจูงใจที่เรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

3. วิธีสร้างความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีสร้างความพึงพอใจพบว่า มีการศึกษาในด้านความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างสภาพทางจิตใจกับผลการเรียน โดยมีวิธีการที่น่าสนใจคือ การสร้างความพึงพอใจในการเรียนตั้งแต่เริ่มต้นให้กับเด็กทุกคน ซึ่งในเรื่องนี้มีผู้ให้แนวคิดไว้หลายท่าน ดังนี้

สกินเนอร์ (Skinner, 1972 อ้างถึงใน จันทิมา เมยประโคน, 2555, น. 40-42) อธิบายว่า การปรับพฤติกรรมของคนอาจทำได้โดยเทคโนโลยีทางกายภาพและทางชีวภาพเท่านั้น แต่ต้องอาศัยเทคโนโลยีพฤติกรรม ซึ่งหมายถึงเสรีภาพและความภาคภูมิ จุดหมายปลายทางที่แท้จริงของการศึกษา คือ การทำให้คนมีความเป็นตัวของตัวเอง มีความรับผิดชอบต่อการกระทำของตน เสรีภาพและความภาคภูมิเป็นครรลองของการไปสู่ความเป็นคนดังกล่าวนั้น

เสรีภาพ ในความหมายของ สกินเนอร์ (Skinner) หมายถึง ความเป็นอิสระจากการควบคุม วิเคราะห์ และเปลี่ยนหรือปรับปรุงรูปแบบให้แก่สิ่งแวดล้อมนั้น โดยทำให้อำนาจการควบคุมอ่อนตัวลงจนบุคคลเกิดความรู้สึกตนว่าตนมิได้ถูกควบคุมหรือแสดงพฤติกรรมใดๆ ที่เนื่องจากความกดดันภายนอกบางอย่าง บุคคลควรได้รับการยกย่องยอมรับในผลสำเร็จของการกระทำ แต่การกระทำที่ควรได้รับการยกย่องยอมรับมากเท่าไหร่ จะต้องเป็นการกระทำที่ปลอดจากการบังคับหรือควบคุมสิ่งใดๆ มากเท่านั้น นั่นคือสัดส่วนปริมาณการยกย่องยอมรับที่ให้แก่การกระทำ จะเป็นส่วนกลับกับความเด่นหรือความสำคัญหรือสาเหตุที่จูงใจให้กระทำ

สกินเนอร์ (Skinner) ได้อ้างคำกล่าวของ จอง จาค รูสโซ (Jean – Jacques Rousseau) ที่แสดงแนวความคิดเดียวกันจากหนังสือ “เอมีล” (Emile) ว่า จงทำให้เด็กเกิดความเชื่อว่าเขาอยู่ในการควบคุมของตัวเอง แม้ว่าผู้ควบคุมที่แท้จริงคือครู ไม่มีวิธีการใดดีไปกว่าการให้เขาได้แสดงความรู้สึกว่าเขามีอิสรภาพ ด้วยวิธีนี้คนจะมีกำลังใจด้วยตนเอง ครูควรปล่อยให้เด็กได้ทำเฉพาะในสิ่งที่เขาอยากทำ แต่เขาควรต้องจะอยากทำเฉพาะในสิ่งที่ครูต้องการเท่านั้น

แนวคิดของ สกินเนอร์ (Skinner) สรุปความได้ว่า เสรีภาพนำไปสู่ความภาคภูมิ และความภาคภูมินำไปสู่การเป็นตัวของตัวเอง เป็นผู้มีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจการกระทำและผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำของตนเอง นั่นคือเป้าหมายปลายทางแท้จริงของการศึกษาสิ่งที่ สกินเนอร์ (Skinner) ต้องการเน้นคือ การปรับแก้พฤติกรรมของคน ต้องแก้ด้วยเทคโนโลยีของพฤติกรรมเท่านั้น

จึงจะสำเร็จ ส่วนการใช้เทคโนโลยีพฤติกรรมนี้กับใคร อย่างไร ด้วยวิธีไหน ถือเป็นเรื่องของการตัดสินใจใช้ศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยภูมิปัญญาของผู้ใช้นั้น

ไวท์เฮด (Whitehead, 1967, pp. 1-41) กล่าวถึงการสร้างภูมิปัญญาในระบบการศึกษาว่าได้ปฏิบัติกันอย่างผิดพลาดมาตลอด โดยใช้วิธีฝึกทักษะอย่างง่ายๆ ธรรมดา และคาดเดาเอาว่าจะทำให้เกิดภูมิปัญญาได้ ถนนที่มุ่งสู่ความเกิดภูมิปัญญามีอยู่สายเดียวคือ เสรีภาพในการแสดงความรู้ และถนนที่มุ่งสู่การแสดงความรู้ก็มีสายเดียวเช่นกันคือ วิทยาการที่จัดไว้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น เสรีภาพและวิทยาการเป็นสาระสำคัญสองประการของการศึกษาประกอบเป็นวงจรการศึกษา 3 จังหวะ คือ เสรีภาพ - วิทยาการ - เสรีภาพ ดังนี้

เสรีภาพ - จังหวะแรกก็คือ ขั้นตอนการสร้างความพอใจในวิทยาการ การสร้างความพอใจนักเรียนรับสิ่งใหม่ มีความตื่นเต้น พอใจในการได้พบและเก็บสิ่งใหม่

วิทยาการ - จังหวะที่สองคือ ขั้นทำความกระจ่าง การทำความกระจ่าง มีการจัดระบบระเบียบ ให้คำจำกัดความ มีการกำหนดขอบเขตที่ชัดเจน

เสรีภาพ - จังหวะที่สามคือ ขั้นการนำไปใช้ การนำสิ่งใหม่ๆ ที่ได้มา ไปจัดสิ่งใหม่ๆ ที่จะได้พบต่อไปเกิดความตื่นเต้นที่จะเอาไปจัดสิ่งใหม่ๆ ที่เข้ามา

วงจรเหล่านี้ไม่ได้มีวงจรเดียว แต่มีลักษณะเป็นวงจรซ้อนวงจร วงจรหนึ่งเปรียบได้กับเซลล์หนึ่งหน่วย และขั้นตอนการพัฒนาอย่างสมบูรณ์ของมันก็คือโครงสร้างอินทรีย์ของเซลล์เหล่านั้น เช่นเดียวกับวงจรเวลาที่มีวงจรเวลาประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำเดือน ประจำปี ประจำฤดูกาล เป็นต้น วงจรของบุคคลตามช่วงอายุ จะเป็นระดับดังนี้

ตั้งแต่เกิดจนถึงอายุ 13 หรือ 14 ปี เป็นขั้นอายุของความสนใจ

อายุ 14 - 18 ปี เป็นขั้นของการค้นหาความกระจ่าง

อายุ 18 ปีขึ้นไปเป็นขั้นของการนำไปใช้

นอกจากนี้วิทยาการทั้งหลายในแขนงต่างๆ ก็มีวงจรของการพัฒนาการเหล่านี้เช่นกัน สิ่งที่ไวท์เฮด (Whitehead) ต้องการย้ำเรื่องนี้ก็คือ ความรู้ที่ต่างแขนงวิชา การเรียนที่ต่างวิธีการ ควรให้แก่นักเรียนเมื่อถึงเวลาสมควร และเมื่อนักเรียนมีพัฒนาการทางสมองอยู่ในขั้นที่เหมาะสม หลักการนี้เป็นที่ทราบกันอยู่แล้ว แต่ยังไม่มีการถือปฏิบัติโดยคำนึงถึงจิตวิทยาในการดำเนินทาง การศึกษาเรื่องทั้งหมดนี้ยังไม่ได้ถูกหยิบยกขึ้นมาอภิปรายเพื่อให้เกิดการปฏิบัติอย่างจริงจังและถูกต้อง ความล้มเหลวของการศึกษาเกิดจากการใช้จังหวะการศึกษาไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการสร้างความพอใจหรือจังหวะของเสรีภาพในช่วงแรก การละเลยหรือการขาดประสบการณ์ในส่วนนี้ผลที่เกิดขึ้นคือความรู้ที่ไร้พลังและไร้ความคิดริเริ่มผลเสียหายสูงสุดที่เกิดขึ้น คือความรังเกียจไม่ยอมรับความคิดเห็นนั้น และนำไปสู่การไร้ความรู้ในที่สุด

แนวคิดของ ไวท์เฮด (Whitehead) สรุปความได้ว่า หากต้องการพัฒนาคุณลักษณะใดๆ ให้เกิดตามวิถีทางธรรมชาติ ควรต้องสร้างกิจกรรมที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในตัวมันเอง เพราะการพอใจที่จะทำจะเป็นแรงในตัวคนผู้นั้นมีการพัฒนาตนได้อย่างเหมาะสม ส่วนความเจ็บปวดแม้จะทำให้เกิดการตอบสนองแต่ก็ไม่ทำให้คนพอใจ สำหรับ ไวท์เฮด (Whitehead) ในการสร้างพลังความคิด ไม่มีอะไรมากไปกว่าสภาพจิตที่มีความพึงพอใจในขณะที่ทำกิจกรรม สำหรับการศึกษาด้านเชาว์ปัญญานั้น เสรีภาพเท่านั้นที่จะทำให้เกิดความคิดที่มีพลัง และความคิดริเริ่มใหม่

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา (2552, น. 149-150) อธิบายถึง การสร้างความพึงพอใจในการเรียนการสอนไว้ ดังนี้

1. ครูควรสร้างความต้องการของผู้เรียนแต่ละวัย และจัดเนื้อหาวิชาให้สนองความต้องการของผู้เรียนเนื้อหาที่สอนควรเกี่ยวกับชีวิตจริง และมีความหมายสำหรับผู้เรียน

2. ก่อนเริ่มบทเรียน ครูควรมีวิธีการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อดึงความสนใจและแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้

3. ครูควรแนะนำให้ผู้เรียนฝึกการวางเป้าหมายในการเรียนสำหรับตนเอง เพราะคนที่เรียนหรือทำงานอย่างมีเป้าหมายจะกระทำด้วยความตั้งใจ

4. ในบรรยากาศการเรียนการสอน ควรมีการไต่ถาม มีการอภิปรายและทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยเพื่อให้เด็กเกิดความกระตือรือร้น ฝึกความเป็นผู้ฟังที่ดีและมีการยอมรับซึ่งกันและกัน

5. ใช้วิธีการเสริมแรง ตามความเหมาะสมและความจำเป็น เพื่อให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่พึงปรารถนา และบางครั้งอาจลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้เพราะรางวัล คำชมเชย การพยักหน้า การยิ้ม การให้ความสนใจ นับว่าเป็นการเสริมแรงที่มีอิทธิพลต่อผู้เรียนเป็นอย่างมาก

6. ใช้การทดสอบ การทดสอบจะเป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนตื่นตัว เตรียมพร้อมและเอาใจใส่ต่อการเรียนรู้ตลอดเวลา

7. แจ้งผลการสอบให้ผู้เรียนทราบอย่างทันท่วงที เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบว่าสิ่งที่เรียนรู้ไปนั้นมีความเข้าใจมากน้อยเพียงใด และมีข้อบกพร่องที่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขหรือไม่ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ผู้เรียนต้องเอาใจใส่ติดตามเนื้อหาวิชาอยู่ตลอดเวลา

8. การพาผู้เรียนออกไปศึกษานอกสถานที่ หรือวิทยากรภายนอกมาให้ความรู้ ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน

9. การติดตามผลการทำงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติ เพื่อดูความสำเร็จของงานนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนของครู เพราะความสำเร็จที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในแต่ละครั้งเมื่อได้รับความสนใจจากครูผู้สอน จะเกิดความพึงพอใจและกำลังใจที่จะเรียนรู้ในคราวต่อไป

อารี พันธ์มณี (2557, น. 198) อธิบายว่า ความพึงพอใจในการเรียนรู้นั้นมีผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูควรส่งเสริมให้เด็กเกิดพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการเรียนรู้โดยสร้างความพึงพอใจให้เกิดแก่ผู้เรียน ดังนี้

1. การชมเชยและการตำหนิ ทั้ง 2 ประการ จะมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. การทดสอบบ่อยครั้ง การทดสอบเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจการเรียนมากขึ้นเพราะอาจหมายถึงการเลื่อนชั้น การสำเร็จการศึกษา การทดสอบบ่อยครั้งจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ การเรียนอย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอ ซึ่งจะส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูง และเป็นความพึงพอใจของผู้เรียน

3. การค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ครูส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยเสนอแนะหรือกำหนดหัวข้อที่ผู้เรียนสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนค้นคว้าเพิ่มเติมด้วยตนเอง

4. ใช้วิธีการเรียนการสอนที่แปลกใหม่ เพื่อเร้าความสนใจเพราะวิธีการที่แปลกใหม่ที่ผู้เรียนยังไม่มีประสบการณ์มาก่อน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความตื่นตัวและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้มากขึ้น

5. ตั้งรางวัลสำหรับงานที่มอบหมาย เพื่อยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความพยายามในงานที่ได้รับมอบหมายประสบผลสำเร็จด้วยดีและเกิดความพึงพอใจกับความสำเร็จนั้น ๆ

6. ตัวอย่างจากสิ่งที่เด็กไม่เคยพบ หรือคาดไม่ถึงการยกตัวอย่างประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน ควรเป็นตัวอย่างที่ผู้เรียนคุ้นเคย เพื่อให้เข้าใจบทเรียนได้ง่ายและเร็วขึ้น

7. เชื่อมโยงบทเรียนใหม่กับสิ่งที่เรียนรู้มาก่อน การเชื่อมโยงสิ่งใหม่ให้สัมพันธ์กับสิ่งที่เป็นประสบการณ์เดิม จะทำให้เข้าใจได้ง่ายและชัดเจนขึ้น และจะทำให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนยิ่งขึ้นเพราะผู้เรียนคาดหวังไว้ว่าจะนำสิ่งที่เรียนไปใช้ประโยชน์และเป็นพื้นฐานต่อไป

8. เกมและละคร การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นปฏิบัติจริง เช่น การเล่นเกมและการแสดงละครนั้นจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกสนานเพลิดเพลิน ส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและช่วยให้เข้าใจบทเรียนให้ดียิ่งขึ้น

9. สถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนไม่พึงปรารถนา เช่น สภาพความจำเจในห้องเรียน เสียงดังหรือบรรยากาศในห้องเรียนที่ไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ อาจจะเป็นสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนเบื่อ ไม่พอใจขัดแย้งควรหาทางลดหรือขจัดให้หมดไป เพราะเป็นสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

จากการศึกษา วิธีสร้างความพึงพอใจให้กับนักเรียน สรุปว่า ความพึงพอใจส่งผลต่อพฤติกรรมของนักเรียน การพัฒนาคุณลักษณะใดๆ ตามวิถีทางของธรรมชาติควรต้องสร้างกิจกรรมที่ทำให้เกิดความพอใจในตัวนักเรียนเอง เพราะความพอใจจะทำให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการสร้างกิจกรรมหรือประสบการณ์การเรียนรู้เป็นหน้าที่ของผู้สอนในการออกแบบส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความพอใจในตัวนักเรียนเอง ในการร่วมกิจกรรมหรือผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นมาเอง และนำไปสู่การเรียนรู้ในที่สุด

4. การวัดความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การวัดความพึงพอใจ พบว่าสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

ชวลิต ชูกำแพง (2553, น. 110-115)ชวลิต ชูกำแพง (2553, หน้า 110-115) ได้กล่าวถึงเครื่องมือการวัดจิตพิสัย ดังนี้

1. แบบสอบถาม (questionnaire) เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น เพื่อวัดความคิดเห็นต่าง ๆ หรือวัดความจริงที่ไม่ทราบ ทำใหได้ข้อเท็จจริงทั้งอดีต ปัจจุบัน และการคาดการณ์ในอนาคต ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุด ๆ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่

1.1 แบบปลายเปิด (open-ended form) เป็นแบบสอบถามที่ไม่ได้กำหนดคำตอบ ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างอิสระ

1.2 แบบปลายปิด (closed-ended form) เป็นแบบสอบถามที่มีคำถามและ ตัวเลือก ซึ่งตัวเลือกนี้คาดว่าผู้ตอบสามารถเลือกตอบได้ตามต้องการ และมีอย่างเพียงพอเหมาะสม แบบสอบถามชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ

1.2.1 แบบเติม (short Answer)

1.2.2 แบบจัดอันดับความสำคัญ (ranking) ให้ผู้ตอบบอกข้อคิดเห็นสำคัญ โดยเรียงลำดับความสำคัญมากไปหาน้อย ตามความรู้สึกของผู้ตอบ

1.2.3 แบบตรวจสอบรายการ (checklist) เป็นการสร้างรายการของข้อความที่เกี่ยวหรือสัมพันธ์กับคุณลักษณะของพฤติกรรม หรือการปฏิบัติ แต่ละรายการจะถูกประเมิน หรือชี้ว่า มี หรือ ไม่มี การตรวจสอบรายการนิยมนำไปใช้ประเมิน ความสนใจ เจตคติ กิจกรรม ทักษะ และคุณลักษณะส่วนตัว

1.2.4 แบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) เป็นแบบประเมินที่นักเรียนใช้พิจารณาตนเองหรือสิ่งอื่น ใช้ทั้งการประเมินการปฏิบัติงาน กิจกรรม ทักษะต่าง ๆ พฤติกรรมด้านจิตพิสัย เช่น เจตคติ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสนใจ ฯลฯ อาจเป็นข้อความลักษณะเชิงนิมาน (positive) หรือเชิงนิเสธ (negative) มาตราส่วนประมาณค่ามีระดับความคิดเห็นตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป

2. แบบสังเกต (observation) เป็นเครื่องมือที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นพฤติกรรมอาจเป็นบุคคล สิ่งแวดล้อม หรือวัตถุต่าง ๆ โดยการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการติดตามอย่างใกล้ชิด

3. การสัมภาษณ์ (interview) คือการสนทนาหรือเจรจาโต้ตอบกันอย่างมีจุดมุ่งหมาย เพื่อค้นหาความรู้ ความจริง ประกอบด้วยบุคคล 2 ฝ่าย คือ ผู้สัมภาษณ์ (interviewer) และผู้ถูกสัมภาษณ์หรือผู้ให้สัมภาษณ์ (interviewee) ซึ่งทำให้ทราบบุคลิกภาพ เช่น ท่วงทีวาจา เจตคติ อุปนิสัย ปฏิภาณไหวพริบ เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 121) ได้กล่าวถึง การกำหนดระดับของความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามม มีวัตถุประสงค์เพื่อบ่งชี้ ระดับความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายหรือ กลุ่มตัวอย่างซึ่งมีเกณฑ์ในการกำหนดน้ำหนักคะแนนความพึงพอใจ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งระดับความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด แล้วหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำค่าเฉลี่ยไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สรุปจากลักษณะและวิธีการประเมินความพึงพอใจ วิธีการวัดความพึงพอใจ สามารถทำได้หลากหลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับว่าผู้วิจัยต้องการได้รับการประเมินละเอียดมากน้อย สิ่งที่ต้องการได้รับการประเมิยและระยะเวลา ซึ่งต้องใช้องค์ประกอบอื่นๆในการตัดสินใจเพื่อให้เหมาะสมที่สุด

5. การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2556 อ้างถึงใน พัฒนา พรหมณี, 2563, น. 59-66) อธิบาย วิธีการสร้างแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ แบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายของความพึงพอใจว่า คืออะไร จะประเมินความพึงพอใจด้านใดบ้าง จากนั้น ระบุความหมายของความพึงพอใจให้ชัดเจน ลำดับต่อไปจึงกำหนดโครงสร้างของความพึงพอใจว่าประกอบด้วยด้านใดบ้าง แต่ละด้านจะประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง ซึ่งอาจกำหนดประเด็นกว้างๆ เป็นข้อๆ

2. รวบรวมข้อคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อเป้าหมาย หลีกเลี่ยงข้อความกำกวม ไม่น้อยกว่า 20 ข้อ โดยกำหนดข้อคำถาม จากโครงสร้างความพึงพอใจที่ได้กำหนดไว้แล้ว แบ่งเป็นด้านๆ แล้วสร้างและรวบรวมข้อคำถาม แต่ละด้านตามประเด็นที่กำหนดไว้

3. นำข้อคำถามที่สร้างแล้วไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของข้อคำถามว่า ตรงตามโครงสร้างของการประเมินความพึงพอใจตามที่ได้กำหนดไว้แล้วในแต่ละด้าน และในแต่ละประเด็นย่อยหรือไม่ หากมีความคลุมเครือหรือไม่ชัดเจน จะได้แก้ไขก่อนสร้างเป็นแบบสอบถาม จากนั้นทดลองใช้กับผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 10 เท่าของจำนวนข้อในพื้นที่ที่คล้ายคลึงกัน หรือใกล้เคียงกับพื้นที่ในการเก็บข้อมูลจริง

4. กำหนดน้ำหนักในการตอบแต่ละตัวเลือกโดยกำหนดน้ำหนักคะแนนระดับของความพึงพอใจ มีเกณฑ์ในการกำหนดน้ำหนักคะแนนความพึงพอใจ ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	กำหนดให้ 5 คะแนน
พึงพอใจมาก	กำหนดให้ 4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	กำหนดให้ 3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	กำหนดให้ 2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	กำหนดให้ 1 คะแนน

จากการศึกษาการวัดความพึงพอใจ การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) มาใช้สำหรับศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดคำถามแบ่งเป็นด้านต่างๆที่ผู้สอนได้จัดกิจกรรมขึ้นมา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

พชรมณฑ์ หมวดนุ่ม (2555) ศึกษา เปรียบเทียบความสามารถการคิดอย่างเป็นระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียนของนักเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟิกและศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคผังกราฟฟิก โดยใช้โปรแกรมในคอมพิวเตอร์สร้างผังกราฟิก XMind พบว่าความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ. 05 โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับเห็นด้วยมาก

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556) ได้ศึกษา ทำวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด มีการสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจให้กับนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด ประกอบกับการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม และการใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า หลังจัดการเรียนรู้นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้น

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2559) ได้ศึกษา ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 60 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่ ในกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบผสาน

รวม จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป จานวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐานและมีคะแนนเฉลี่ยผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีความคงทนในการเรียนรู้หลังทาการทดสอบ 2 ครั้งเมื่อผ่านไป 5 สัปดาห์

นิยม กิมานุวัฒน์ (2559) ได้ศึกษา พัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนและเปรียบเทียบกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบก่อนและหลังใช้รูปแบบการสอนในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ได้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มี 4 องค์ประกอบคือ 1) ขั้นตอนการจัดกิจกรรม นำเสนอเป็น 6 ขั้น ประกอบด้วยขั้นที่ 1 นำเสนอสถานการณ์, ขั้นที่ 2 พัฒนาแนวทางการคิด, ขั้นที่ 3 พิจารณาปัญหา, ขั้นที่ 4 สนทนาแลกเปลี่ยน, ขั้นที่ 5 เรียนรู้ผลงานกลุ่ม และขั้นที่ 6 สรุปร่วมกัน 2) ระบบทางสังคม 3) หลักการตอบสนอง และ 4) ระบบที่นำมาสนับสนุน ให้กับนักเรียน และพบว่า กระบวนการคิดเชิงระบบของนักเรียน หลังใช้รูปแบบการสอนสูงกว่าก่อนใช้รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560) ได้ศึกษา วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและทดสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาจำนวน 569 คนเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบ 3 ขั้นตอนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดการคิดเชิงระบบที่มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถาม 0.80 - 1.00 ค่าความเชื่อมั่นของการวัดเท่ากับ 0.869 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.34 - 0.92 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 คือการคิดแบบองค์รวมมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.96 องค์ประกอบที่ 2 คือการคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยงมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.85 และองค์ประกอบที่ 3 คือการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.89 ทุกองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ. 05 ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดการคิดเชิงระบบและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่า มีความ

สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงว่าโมเดลการวัดที่สร้างขึ้น สามารถนำมาอธิบายการคิดเชิงระบบได้

บุญล้อม ด้วงวิเศษ (2562) ได้ศึกษา การส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้เทคนิคแผนผังทางปัญญาสำหรับนักศึกษาครูมหาวทยาลัยราชภัฏ โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาครูคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรีโปรแกรมวิชาการประถมศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 29 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า หลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคแผนผงทางปัญญา นักศึกษาครูมีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบอยู่ในระดับดีมาก และมีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบหลังสอนสูงกว่าก่อนสอน นอกจากนี้ยังมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2560) ได้ศึกษา แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบภายหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เริ่มจากการทำความเข้าใจและระบุองค์ประกอบผ่านการสังเกตสื่อที่ครูกำหนด การพัฒนาแบบจำลองอย่างง่าย จากผลการสังเกตองค์ประกอบของระบบ การพัฒนาแบบจำลอง 2 มิติของกลุ่มให้สมบูรณ์โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองอย่างง่ายของสมาชิกในกลุ่มการนำแบบจำลอง 2 มิติ มาใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนด และการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ โดยผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบในด้านการระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในระดับชีวภาพเดียวกันได้ดีมาก การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่างระดับทางชีวภาพและการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาด้วยแบบจำลองอยู่ในระดับดี ส่งผลให้นักเรียนมีภาพรวมการคิดอย่างเป็นระบบอยู่ในระดับดีมาก

พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์ (2562) ได้ศึกษา การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่องการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ อยู่ในระดับปานกลาง ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับสูง คือ ระบบหมุนเวียนเลือดระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับปานกลาง คือ ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย และระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับต่ำ คือ ระบบประสาท เมื่อพิจารณาพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบที่คำนวณค่าพัฒนาการเปรียบเทียบระหว่างเรื่อง ระบบหายใจ และการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบสูงขึ้นจานวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 และนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบลดลงจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Fanta, Braeutigam, and Riess (2020) ศึกษา การส่งเสริมการคิดเชิงระบบในนักศึกษาครูวิชาชีววิทยาและภูมิศาสตร์ผ่านการศึกษาแทรกแซง (กิจกรรมที่ผู้สอนสอดแทรกช่วยผู้เรียนหรือหนุนเสริมให้เปลี่ยนไปทางที่ดีขึ้น) โดยการพัฒนาความคิดเชิงระบบของนักเรียน เป็นความต้องการที่มักจะเกิดขึ้นในด้านการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Education For Sustainable Development = ESD) และความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ การศึกษาหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าการคิดเชิงระบบสามารถปลูกฝังให้นักเรียนในระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องสอนหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ควรมีความเชี่ยวชาญในการคิดเชิงระบบและสามารถถ่ายทอดความรู้นั้นให้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการวิจัยการคิดเชิงระบบในพื้นที่เชิงนิเวศน์และพื้นที่หลายมิติ ได้ศึกษาผลของกิจกรรม 3 คอร์สที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบในนักศึกษาครูวิชาชีววิทยาและภูมิศาสตร์ คอร์สต่างๆ มีความแตกต่างกันในสัดส่วนของพื้นฐานทางเทคนิคของวิทยาการระบบ และเนื้อหาการสอนสำหรับการสอนการคิดเชิงระบบ มีการพัฒนารูปแบบโครงสร้างการสอนแบบ ฮิวริสติกส์ (Heuristics) โมเดลสำหรับพัฒนาการคิดเชิงระบบ และโมเดลนี้เป็นพื้นฐานสำหรับการทดสอบในการประเมิน ในการวิจัยกึ่งทดลองที่ใช้กลุ่มควบคุมการทดสอบก่อนหลัง และติดตามผล หลังจากจบคอร์ส ผลของการทดสอบพบว่า กิจกรรมช่วยเสริมสร้างความคิดเชิงระบบได้ในทุกกลุ่มของคอร์สที่ผู้สอนออกแบบเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

Tripto et al. (2016) ศึกษา การสะท้อนคิด ระบบคืออะไร ผ่านการจัดกิจกรรมบูรณาการความรู้ของนักเรียนมัธยมปลาย ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบที่ซับซ้อนในชีววิทยามนุษย์ โดยการศึกษานี้ใช้วิธีการเขียนแผนผังสะท้อนคิดการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือในการประเมินและอำนวยความสะดวกในการใช้ ภาษาของระบบ ในนักเรียนที่เรียนวิชาชีววิทยาจบแล้วในปีแรกของระดับมัธยมปลาย จำนวนนักเรียน 83 คน โดยให้เขียน Concept maps หรือแผนผังความคิด 2 อันในตอนที่นักเรียนอยู่เกรด 10 คือเขียน 1 อันที่ต้นปีการศึกษาและ 1 อันเมื่อสิ้นสุดปีการศึกษา แผนผังอันแรกมีไว้ใช้เพื่อชี้แนะเปรียบเทียบสะท้อนคิดการเรียนรู้ทั้งสองของนักเรียนเอง และด้วยวิธีการสอนการสอนทางตรงหรือการสอนแบบชัดแจ้งและแบบไม่ชัดแจ้ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการสอนแบบชัดแจ้งเมื่อเปรียบเทียบแผนผังความคิดทั้งสองมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการสอนแบบไม่ชัดแจ้ง โดยกระตุ้นให้นักเรียนเห็นปฏิสัมพันธ์ความแตกต่างมีการโต้ตอบสะท้อนกัน อธิบายได้ละเอียดเฉพาะเจาะจงมากขึ้น (เช่น การจัดลำดับ, การเคลื่อนไหว, การรักษาดุลยภาพ) ในคำอธิบายของนักเรียนเกี่ยวกับระบบร่างกายของมนุษย์ กิจกรรมบูรณาการสะท้อนคิดพบว่า เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการ

ประเมินแนวความคิดของ ความเป็นระบบที่ซับซ้อน และสำหรับแยกแยะลักษณะของระบบที่มักเข้าใจผิดกันมากที่สุดได้

Evagorou et al. (2009) ได้ศึกษาการสอนแบบสืบเสาะจากสถานการณ์จำลองเชิงโต้ตอบเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในโรงเรียนประถมศึกษา กรณีศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์เสมือนจริง เป็นวิธีการสอนที่จัดสิ่งแวดล้อมให้เสมือนจริงในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา (อายุ 11 ถึง 12 ปี) การจำลองเชิงโต้ตอบโดยใช้ซอฟต์แวร์ Stagecast Creator เพื่อจำลองระบบนิเวศของบึง เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาการคิดเชิงระบบ เนื่องจากมีศักยภาพที่จะเน้นให้เห็นลักษณะความเป็นพลวัตของระบบและความสมดุลของระบบเคลื่อนที่ และนำไปใช้ (ในบทเรียน 90 นาที) นักเรียนจะทำแบบทดสอบข้อเขียน 2 ฉบับ เพื่อตรวจสอบพัฒนาการของการคิดเชิงระบบทั้ง 7 ด้าน โดยใช้แบบทดสอบเดียวกันหลังจัดกิจกรรม โดยแบ่งเป็นงาน 4 ชิ้นใช้ทดสอบการรู้เรื่องเกี่ยวกับโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ และงาน 3 ชิ้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการและปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ ผลวิจัยพบว่านักเรียนมีการพัฒนาการศักยภาพด้านทักษะการคิดเชิงระบบ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้และกระบวนการเรียนรู้ช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาอย่างมากในทักษะการคิดเชิงระบบแต่ทั้งนี้ยังเป็นกิจกรรมช่วงเวลาที่สั้น อย่างไรก็ตามกิจกรรมลักษณะนี้ก็พบข้อจำกัดคือยังไม่ส่งเสริมการคิดแบบย้อนกลับซึ่งสามารถนำข้อค้นพบไปเป็นข้อต่อยอดในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาต่อไป

Kenyon et al. (2008) ได้ศึกษาประโยชน์ของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการสร้าง ใช้ ประเมิน และแก้ไขแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่ช่วยให้นักเรียนมีความคิดก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์ เรียนรู้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทดลองจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 สัปดาห์ เรื่อง การระเหยและการควบแน่น โดยจัดกิจกรรมจัดตามรูปแบบลักษณะสำคัญ 4 ประการของการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ คือ การสร้าง ใช้ ประเมิน และแก้ไข แบบจำลอง ใช้อุปกรณ์ ขวดน้ำ น้ำ จาน แหล่งความร้อนธรรมชาติใช้ดวงอาทิตย์ ประกอบกับคำถามและการอธิบายแนวคิดเกี่ยวกับก๊าซและแนวคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิจากครู สังเกตุทุกครั้งที่เข้าเรียนและบันทึกเป็นไดอะแกรมแสดงถึงระบบการเปลี่ยนแปลง จากการทดลองสรุปคือ การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์การทดสอบแบบจำลอง และการใช้แบบจำลองเพื่อทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง มีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สำคัญเกี่ยวกับการระเหยและการควบแน่น อีกทั้งยังพบว่าลำดับการสร้างแบบจำลองยังสามารถรวมเข้ากับเนื้อหาอื่นๆได้ เพราะ

นักเรียนบางคนชอบวาดรูป เขียน หรือแม้ทบทวนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์สามารถนำมารวมกันและออกมาเป็นผลงานได้อย่างมีความหมาย

Verhoeff et al. (2008) ได้ศึกษาการสร้างแบบจำลองระบบและพัฒนาความเข้าใจในการเชื่อมโยงกันในชีววิทยาของเซลล์ โดยการออกแบบการศึกษาเกี่ยวกับกลยุทธ์การเรียนรู้และการสอนสำหรับชีววิทยาของเซลล์ในการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การสร้างแบบจำลองเป็นหลักในการเรียนการสอน กลยุทธ์สอนประกอบด้วยสี่ขั้นตอน คือ 1) ให้พัฒนาสร้างแบบจำลองของเซลล์สิ่งมีชีวิตแบบอิสระ 2) สร้างแบบจำลองเซลล์ 2 มิติทั่วไป 3) สร้างแบบจำลองเซลล์พืช 3 มิติ และ 4) นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิดอย่างเป็นรูปแบบโดยการสร้างแบบจำลองปรากฏการณ์ชีวิตแบบระบบลำดับขั้น กลยุทธ์นี้ได้รับการคิด ปรับปรุง และทดสอบภาคสนามในห้องเรียนหลายรอบ เก็บข้อมูลวิจัยโดยการสังเกตในห้องเรียน การสัมภาษณ์ เทปเสียงการอภิปราย ใบงาน การทดสอบข้อเขียน และแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า แม้จะได้รับความสามารถในการคิดเชิงระบบแต่ในระดับอภิปัญญาต้องใช้ความพยายามมากขึ้น กลยุทธ์การสอนนี้มีส่วนช่วยในการปรับปรุงผลการเรียนรู้ นั่นคือการได้มาซึ่งความเข้าใจเชิงแนวคิดที่สอดคล้องกันของชีววิทยาของเซลล์ และการได้มาซึ่งความสามารถในการคิดเชิงระบบเริ่มต้น จากการใช้กิจกรรมสร้างแบบจำลองเป็นหลักในกลยุทธ์การสอน

Assaraf and Orion (2005) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในบริบทของการศึกษาระบบโลก กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประมาณ 50 คนจากสองห้องที่แตกต่างกันของโรงเรียนมัธยมต้นในเขตเมืองของอิสราเอล ที่ศึกษาหลักสูตรตามระบบโลกที่เน้นเรื่องวัฏจักรของน้ำ โดยการพัฒนาสภาพแวดล้อมการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้จากประสบการณ์ผ่านแผนการสอนที่พัฒนาขึ้นชื่อว่า “The Blue Planet” มุ่งเน้นให้เห็นระบบของน้ำภายในระบบโลกบนการจัดจำแนกวัฏจักรของน้ำโดย ประกอบด้วยอยู่ห้องปฏิบัติการ 45 ชั่วโมง และกิจกรรมการเรียนรู้นอกสถานที่แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยกิจกรรมเหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้นักเรียนได้รับความคิดเชิงระบบในบริบทของวัฏจักรของน้ำ พบว่ามีนักเรียนความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับเริ่มต้นเพียงเล็กน้อย แต่ส่วนใหญ่มีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญ และหนึ่งในสามของนักเรียนไปสามารถพัฒนาไปถึงระดับสูงสุดของการคิดเชิงระบบในเรื่องของวัฏจักรน้ำ พบปัจจัยหลักสองประการที่เป็นที่มาของการพัฒนาที่แตกต่างกันของนักเรียน คทอ ความสามารถทางปัญญาของนักเรียนแต่ละคน และระดับการมีส่วนร่วมในกิจกรรมบูรณาการความรู้ระหว่างการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทั้งในและนอกอาคาร

จากการรวบรวมและศึกษางานวิจัยชิ้นต่างๆสรุปได้ว่าการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นอาจสามารถพัฒนา การคิดอย่างเป็นระบบ ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาชีววิทยาที่เนื้อหามีลักษณะเชื่อมโยงต่อกันและการทำงานที่เป็นระบบของเพราะนักเรียนจะได้ทบทวนและนำเอาความคิดของตนเองออกมาใช้ในการสร้างแบบจำลองอย่างเป็นขั้นตอนและใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

Buckley et al. (2004, pp. 23-41) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task)
2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model)
3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation)
4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision)
5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration)

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

1. แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models)
2. แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)
3. แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic models)
4. แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)
5. แบบจำลองเชิงท่าทาง (Gestural models)

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่างให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ <u>แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)</u> บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ <u>แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models)</u> กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ <u>แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)</u> ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียน แลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่าหากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ <u>แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)</u> ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่าน <u>แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)</u>

ตัวแปรตาม : การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) กำหนดตัวบ่งชี้ 3 องค์ประกอบ (ปารมี ศรีบุญทิพย์, 2560) ดังนี้

1. การคิดแบบองค์รวม คือ การคิดที่เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมด เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่มองเฉพาะส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ปรากฏการณ์ และการระบุสาเหตุของปัญหา

2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง คือ การคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา และเขียนความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแผนภาพ

3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือ การคิดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ได้แก่ การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ภาพที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75

ขั้นตอนที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แหล่งข้อมูล

1. ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดคุณลักษณะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ธำรงโสตถิสกุล อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

1.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราณี นางงาม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.3 นางสาวศรัญญา มงคล ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอนการประเมินดังนี้

2.1 การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1 : 1) ด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ได้แก่ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงจำนวน 1 คนนักเรียนที่มีคุณลักษณะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางจำนวน 1 คนและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าปานกลางจำนวน 1 คนเพื่อหาข้อ จำกัด และพัฒนาความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ คือด้านเนื้อหาด้าน ภาษาด้านเวลาและด้านสื่อการสอนที่ใช้

2.2 การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 3) ด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน ได้แก่ นักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงจำนวน 3 คนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับปานกลางจำนวน 3 คนและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าปานกลางจำนวน 3 คนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

โดยคุณลักษณะของนักเรียนใช้เกณฑ์ในการจำแนก ดังนี้

นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูง คือ นักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ย รายวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในช่วง 3.00-4.00

นักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับปานกลาง คือ นักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ย รายวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในช่วง 2.00-2.99

นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าปานกลาง คือ นักเรียนที่มีเกรดเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในช่วง 0.00-1.99

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 ศึกษาเอกสารและข้อมูลของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม

1.2 ศึกษาและวิเคราะห์ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ ซึ่งเนื้อหาอยู่ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม สาระชีววิทยา 4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม

ตารางที่ 5 แสดงมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหน่วยการเรียนรู้ที่ 16 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สาระการเรียนรู้	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (ชั่วโมง)**
กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ	6
การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ การสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา	3
คามผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ภูมิแพ้การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	3
รวม		**12**

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์และนำมาออกแบบโครงสร้างเนื้อหา และพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ 1 กิจกรรม เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยโดยผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาออกเป็นเนื้อหาเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน 12 ชั่วโมง แบ่งเป็นเรื่องกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม เป็นแบบจำเพาะและ

ไม่จำเพาะ 6 ชั่วโมง การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน 3 ชั่วโมง และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน 3 ชั่วโมง รวมทั้งหมดสามส่วนดังนั้นเวลาทั้งหมดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เท่ากับ 12 ชั่วโมง

1.3 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้ โดยแนวคิดของ Buckley et al. (2004) ที่ได้เสนอรูปแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีวิธีการและลำดับขั้นตอนมีความชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสร้าง ใช้งาน ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองสำหรับนำไปใช้ประกอบการอธิบายขยายปรากฏการณ์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาของวิชาชีววิทยา เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดของ Buckley et al. (2004) มาเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้นรวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองมีลักษณะ 2 มิติขึ้นไปเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่างทางชีววิทยาเกี่ยวกับ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ที่ปรากฏขึ้นในชีวิตประจำวัน ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ถึงเนื้อหาที่ใช้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วตัวกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีกระบวนการที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้

แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยนักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมผ่านแบบจำลองที่เป็นรูปธรรม พร้อมทั้งกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดีจึงทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับหลักฐานเชิงประจักษ์หรือแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นมาส่งเสริมให้ผู้เรียนมีองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบตามกระบวนการการจัดการเรียนรู้

ขั้น	**ลักษณะของกิจกรรม**	**ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ ตัวบ่งชี้ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)**
1	**ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ** (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ <u>แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)</u> บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้	ในข้อ การคิดแบบองค์รวม คือ การวิเคราะห์ปรากฏการณ์ เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น
2	**ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น** (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ <u>แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models)</u> กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน	ในข้อ การคิดแบบองค์รวม คือ การคิดที่เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมด
3	**ขั้นนำไปใช้และประเมิน** (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ <u>แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)</u> ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น	ในข้อ การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง คือ การคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน การระบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยภายในระบบ

ขั้น	ลักษณะของกิจกรรม	ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ ตัวบ่งชี้ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)
4	**4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง** (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียน แลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น	ในข้อ การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือ การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์
5	**ขั้นขยายแบบจำลอง** (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่าน แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)	ในข้อ การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ คือ การคิดเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

1.4 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิเคราะห์เนื้อหาสาระสำคัญใน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน แต่ละเรื่อง ร่วมกับพิจารณาประเภทของแบบจำลองทางชีววิทยาตามการนำไปใช้ในการเรียนรู้ชีววิทยา ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะเนื้อหาสาระสำคัญของเรื่อง และแบบจำลองทางชีววิทยาตามการนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เรื่อง	ลักษณะเนื้อหาสาระสำคัญ	ประเภทแบบจำลองที่ใช้
กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม มี 2 แบบ คือกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่	แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) เป็นแบบจำลองลักษณะมี

เรื่อง	ลักษณะเนื้อหาสาระสำคัญ	ประเภทแบบจำลองที่ใช้
	จำเพาะ และกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ มีลักษณะเนื้อหาที่ ศึกษากระบวนการการทำลายสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย เริ่มต้นจากภายนอกเข้าสู่เนื้อเยื้อ และจากเนื้อเยื้อเข้าสู่ระบบการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมในระดับการทำงานของเซลล์ในแต่ละชนิดที่เกี่ยวข้อง	มิติ ทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจหน้าที่ขององค์ประกอบภายในระบบที่เล็กระดับเซลล์ได้ง่ายขึ้น
การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย มี 2 แบบคือ ภูมิคุ้มกันรับมาและภูมิคุ้มกันก่อเอง มีลักษณะเนื้อหาที่ ศึกษาความสำคัญของวิธีการสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน ประเภทของการสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน และระยะช่วงเวลาที่เหมาะแก่การได้รับการสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน	แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) เป็นแบบจำลองมีลักษณะใช้การบรรยาย ประกอบท่าทาง ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจและอธิบายให้เหตุผลเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ผู้สอนมอบให้
ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน มีลักษณะเนื้อหาที่ ศึกษาเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน ในกรณีที่เซลล์เม็ดเลือดขาวไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือเกิดผิดปกติขึ้นทำให้ร่างกายอาจได้รับสิ่งแปลกปลอมได้ง่ายขึ้น ทำให้เกิดโรคต่างๆตามมา	แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นแผนภาพ ผู้เรียนสามารถใช้สัญลักษณ์อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นกับปรากฏการณ์ที่ผู้สอนมอบให้

1.5 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเนื้อหาความรู้ ในเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน ประกอบด้วย 3 เรื่อง ได้แก่ (1) กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบ่งเป็นแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ (2) การสร้างภูมิคุ้มกัน (3) ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน โดยดำเนินการสร้างแผนประกอบกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 4 แผน รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง มีรายละเอียดดังนี้

แผนที่ 1 เรื่อง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ จำนวน 3 ชั่วโมง

เนื้อหา

- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ

แผนที่ 2 เรื่อง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ จำนวน 3 ชั่วโมง

เนื้อหา

- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

แผนที่ 3 เรื่อง การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน จำนวน 3 ชั่วโมง

- ภูมิคุ้มกันรับมา
- ภูมิคุ้มกันก่อเอง

แผนที่ 4 เรื่อง ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน จำนวน 3 ชั่วโมง

- โรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน

1.6 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำ มาปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบของกิจกรรมและแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรม

1.8 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยกว่า 1.00 ถือว่าเป็นกิจกรรมที่มีความเหมาะสม ถ้ากิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ใดไม่เป็นไปตามเกณฑ์ต้องนำมาปรับปรุง

1.9 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วมาประเมินประสิทธิภาพ เป็นการประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) โดยนำกิจกรรมการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงจำนวน 1 คน นักเรียนที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใน

ระดับปานกลางจำนวน 1 คน และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าปานกลาง จำนวน 1 คน เพื่อหาความเหมาะสมของภาษา เนื้อหาและเวลาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงเพื่อให้สอดคล้องเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง

1.10 นำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วมาประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1:3) โดยนำไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จำนวน 9 คน เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับสูงจำนวน 3 คน นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับปานกลางจำนวน 3 คน และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับต่ำกว่าปานกลาง จำนวน 3 คน โดยอธิบายวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดำเนินกิจกรรม เก็บคะแนนจากใบงานหรือใบกิจกรรมระหว่างทำกิจกรรมและเก็บคะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์และนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความเหมาะสม

2.2 กำหนดจุดประสงค์ในการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

2.2.1 การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task)
2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model)
3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation)
4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision)
5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration)

2.2.2 การประเมินความเหมาะสมของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย

1) ผลการเรียนรู้

2) จุดประสงค์การเรียนรู้

3) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4) คุณลักษณะอันพึงประสงค์

5) สาระสำคัญ

6) สาระการเรียนรู้

7) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับอินโฟกราฟิก

8) สื่อและแหล่งการเรียนรู้

9) การวัดและประเมินผล

2.3 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) และส่วนท้ายมีแบบปลายเปิดเพื่อสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ โดยเป็นมาตรส่วน

ประมาณค่า 5 ระดับ บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 103) ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

2.4 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำและนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.5 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ มีกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยดำเนินการดังนี้

1. การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ติดต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้

1.2 ดำเนินการขอหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจแก้ไขเครื่องมือจากบัณฑิตวิทยาลัย

1.3 นำกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ใช้แบบจำลองเป็นฐาน พร้อมกับแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.4 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพต่อไป

2. การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 ติดต่อทางบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อออกหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือวิจัย ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล และนำกิจกรรมการเรียนรู้ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน แบ่งเป็นนักเรียนที่มี คุณลักษณะสูงจำนวน 1 คน นักเรียนที่มีคุณลักษณะปานกลางจำนวน 1 คน และนักเรียนที่มี คุณลักษณะต่ำกว่าปานกลางจำนวน 1 คน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของภาษา เนื้อหาและเวลาที่ใช้ จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง

1.2 นำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จำนวน 9 คน เป็นนักเรียนที่มีคุณลักษณะสูงจำนวน 3 คน นักเรียนที่มีคุณลักษณะปานกลางจำนวน 3 คน และนักเรียนที่มีคุณลักษณะต่ำกว่าปานกลางจำนวน 3 คน โดยอธิบายวัตถุประสงค์ขั้นตอนจัดกิจกรรม ดำเนินกิจกรรม เก็บคะแนนจากใบกิจกรรมประเมินการคิดเชิงระบบระหว่างจัดกิจกรรมจำนวน 4 ครั้ง และทำแบบทดสอบแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนจำนวน 3 สถานการณ์ ครอบคลุมตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ 3 ตัว คือ การคิดแบบองค์รวม การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง และการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดการเก็บคะแนนในการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

รายการเก็บคะแนน	ครั้งที่ 1 (คะแนน)	ครั้งที่ 2 (คะแนน)	ครั้งที่ 3 (คะแนน)	ครั้งที่ 4 (คะแนน)	แบบทดสอบหลังเรียน
แบบประเมินการคิดเชิงระบบ	12	12	12	12	36
รวม	12	12	12	12	84

จากตาราง 8 แสดงรายละเอียดการเก็บคะแนนจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ดังนี้

ครั้งที่ 1 ใบกิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ที่ 1 เวลา 3 ชั่วโมง 12 คะแนน
ครั้งที่ 2 ใบกิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ที่ 2 เวลา 3 ชั่วโมง 12 คะแนน
ครั้งที่ 3 ใบกิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ที่ 3 เวลา 3 ชั่วโมง 12 คะแนน
ครั้งที่ 4 ใบกิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ที่ 4 เวลา 3 ชั่วโมง 12 คะแนน

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีเกณฑ์ในการแปลความหมายตามแนวของ บุญชม ศรีสะอาด (2556, น. 103) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51-5.00 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51-4.50 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51-3.50 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51-2.50 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00-1.50 หมายถึง มีระดับความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำในการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้และแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหรือเท่ากับ 3.51 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1.00 ถือว่ามีความเหมาะสม

2. การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตามเกณฑ์ 75/75 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตามสูตร E_1/E_2 โดยพิจารณา ดังนี้

เกณฑ์ E_1 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนที่นักเรียนที่ได้จากการทำกิจกรรม ใบงานหรือใบกิจกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน

เกณฑ์ E_2 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนที่นักเรียนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคมภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยมีแบบแผนการทดลองดังนี้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2562, น. 42) ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงแบบแผนการทดลอง

Gr_1	O_1	T	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

Gr_1 หมายถึง กลุ่มหนึ่ง

O_1 หมายถึง การทดลองหรือการสอบวัดก่อนการใช้กิจกรรม

T หมายถึง การใช้กิจกรรม

O_2 หมายถึง การทดลองหรือการสอบวัดหลังใช้กิจกรรม

โดยการศึกษาผลการใช้ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล มีรายละเอียดของการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ จำนวน 4 ห้อง จำนวน 168 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 1 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ จำนวน 40 คน ที่ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ

การพัฒนาเครื่องมือ

การสร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ 5 มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหนังสือ และเอกสารที่เกี่ยวข้องในเรื่อง ความสามารถในการคิดเชิงระบบ เนื้อหาสาระการเรียนรู้เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เทคนิคการเขียนข้อสอบ และวิธีการสร้างข้อสอบ การวัดและประเมินผลของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. ศึกษาขอบเขตเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามโครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ ใช้สำหรับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ ก่อนและหลังการเรียน เป็นข้อสอบแบบสถานการณ์ถามตอบแบบอัตนัย ประกอบด้วยคำถามที่เป็นกรณีศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน โดยคำถามที่ใช้จะใช้ขั้นตอนวิธีการคิดเชิงระบบมาเป็นคำถาม เพื่อให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความมสามารถในการคิดเชิงระบบ 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ 1) การคิดแบบองค์รวม 2) การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง 3) การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

4. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 3 ข้อใหญ่ ซึ่งข้อคำถามเป็นลักษณะสถานการณ์ปัญหาหรือกรณีศึกษาให้นักศึกษาได้อธิบายวิธีการและเขียนแสดงวิธีคิดในการแก้ปัญหา โดยให้ครอบคลุมตามวิธีการคิดเชิงระบบ โดยผู้วิจัยต้องการใช้ข้อสอบ 3 สถานการณ์ ใน 1 สถานการณ์จะมีข้อคำถามย่อย 6 ข้อ ผู้วิจัยสร้างข้อสอบที่เป็นสถานการณ์ทั้งจำนวนข้อหมดที่สร้าง และจำนวนข้อที่ใช้ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงสาระการเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบที่สร้าง และข้อสอบที่ต้องการวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	จำนวนข้อที่สร้าง	จำนวนข้อที่ใช้
1.กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	2	1
2.การสร้างภูมิคุ้มกัน	2	1
3.ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน	2	1
รวม	**6**	**3**

5. นำแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความครอบคลุมของประเด็นในการประเมิน ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

6. จากนั้นกำหนดเกณฑ์แบบวัดการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการปรับจากของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560) และออกแบบให้เข้ากับผู้เรียนและเนื้อหาสาระการเรียนรู้ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอีกครั้ง นำเกณฑ์การวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงเกณฑ์การวัดการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาจากตัวบ่งชี้ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ลักษณะการเขียนตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
1. การคิดแบบองค์รวม		
1.1 การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	วิเคราะห์โดยบอกหลักการที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง	2
	บอกหลักการได้ได้แต่ไม่ตรงประเด็น	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0
1.2 ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป	2
	ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 1 – 2 ประเด็น	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0
2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง		

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ลักษณะการเขียนตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
2.1 ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 3 คู่ขึ้นไป	2
	ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 1 - 2 คู่	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0
2.2 เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 3 ตัวขึ้นไป	2
	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 2 ตัว	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0
3. การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์		
3.1 อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	เขียนอธิบายแผนภาพได้อย่างครอบคลุมสมเหตุสมผล	2
	เขียนอธิบายแผนภาพได้ยังไม่ครอบคลุมสมเหตุสมผล	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0
3.2 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 3 ประเด็นขึ้นไป	2
	เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 1 - 2 ประเด็น	1
	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ	0

7. นำแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ได้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

8. ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) และคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.50 เป็นต้นไป (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 248-249) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่ามีความเหมาะสม

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ามีความเหมาะสม

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่มีความเหมาะสม

9. นำมาปรับปรุงและจัดทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ เพื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน ซึ่งเคยเรียนเรื่องระบบภูมิคุ้มกันมาแล้ว แล้วนำผล มาวิเคราะห์หาคุณภาพ ดังนี้

9.1 ทำการตรวจสอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยใช้วิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers (อ้างอิงจาก โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527, น. 276) รายข้อที่เป็นการตรวจสอบค่าความยากที่ได้อยู่ระหว่าง 0.20-0.7075 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.75 โดยมีข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์จำนวน 34 ข้อ จากที่สร้างไว้ 36 ข้อ

9.2 คัดเลือกข้อคำถามที่ค่าอำนาจจำแนกที่ดีที่สุดในแต่ละสถาณการณ์ บริบทและครอบคลุมเนื้อหามาหาค่าความเชื่อมั่นจากสูตรของลิวิงสตัน (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 236) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ควรจะมีค่าสูงกว่า 0.70 จึงจะถือว่าแบบทดสอบนั้นมีผลการวัดที่มีความคงที่แน่นอนเป็นที่เชื่อถือได้ซึ่งพบว่า แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.95

10. นำแบบวัดการคิดเชิงระบบ ที่มีคุณภาพไปจัดพิมพ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อขอออกหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ชี้แจงรายละเอียด และวัตถุประสงค์เบื้องต้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้เข้าใจถึงกระบวนการ และขั้นตอนการเรียนการสอน

3. ทดสอบก่อนเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม โดยใช้เวลาการสอบ 90 นาที

4. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน ใช้เวลาเรียนจำนวน 12 ชั่วโมง

5. ทดสอบหลังเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน โดยทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน จำนวน 3 ข้อ สถานการณ์ ใช้เวลา 90 นาที แบบวัดการคิดเชิงระบบเป็นชุดเดียวกันที่ใช้สอบก่อนเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1.2 กำหนดประเด็นเนื้อหาที่ต้องการประเมิน ให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน โดยจะมี องค์ประกอบการวัดความพึงพอใจ 4 ด้าน ดังนี้

(1) ด้านสาระการเรียนรู้

(2) ด้านการจัดการเรียนรู้

(3) ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้

(4) ด้านการวัดและประเมินผล

2. ศึกษาเทคนิคการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจและ ศึกษาวิธีการสร้าง แบบสอบถามความพึงพอใจ มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ ตามหลักของลิเคอร์ท (Likert) เพื่อให้ทราบแนวทางและหลักการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 103)

5 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

4 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก

3 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง

2 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อย

1 หมายถึง มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

3. สร้างแบบสอบถามตามจุดมุ่งหมาย ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ

4. นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมินความสอดคล้อง ข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ได้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

5. วิเคราะห์ข้อมูลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบสอบถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้สูตร IOC

6. จัดพิมพ์แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการ ดังนี้

หลังจากใช้การเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ครบทุกขั้นตอนแล้ว ผู้วิจัยแจกแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่หลังจบกิจกรรม แล้วผู้วิจัยเก็บรวบรวมแบบประเมินความพึงพอใจและนำมาตรวจนับคะแนนเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลขั้นนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. นำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นำมาหา ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

2. ตรวจให้คะแนนโดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

3. ผลการให้คะแนนมาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556, น. 103) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

4. นำข้อมูลที่เป็นปลายเปิด ซึ่งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เสนอความคิดเห็นเพิ่มเติมจากแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น มาทำการวิเคราะห์เนื้อหา และสร้างข้อสรุป

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตร ดังนี้ (ปกรณ์ ประจัญบาน, 2552, น. 214)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนน

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร ดังนี้ (ปกรณ์ ประจัญบาน, 2552, น. 228)

$$S = \frac{\sqrt{n\sum x^2 - (\sum x)^2}}{n(n-1)}$$

เมื่อ S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Σx แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้สูตร E_1/E_2 ดังนี้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2552, น. 103)

$$E_1 = \frac{\Sigma x_1}{\frac{N}{A} x 100}$$

$$E_2 = \frac{\Sigma x_2}{\frac{N}{B} x 100}$$

โดย E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการศึกษาที่เกิดในระหว่างการใช้

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการศึกษาที่เกิดขึ้นภายหลังการใช้ สิ้นสุดลงหรือผลสรุปรวม

Σx_1 หมายถึง คะแนนรวมของทุกคนจากแบบฝึกหัดย่อยแต่ละชุดหรือจากผลการปฏิบัติแต่ละครั้ง

Σx_2 หมายถึง คะแนนรวมของทุกคนจากแบบทดสอบสรุปรวม

N หมายถึง จำนวนนักเรียน

A หมายถึง ผลรวมคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือการฝึกปฏิบัติย่อย

3. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงระบบ

3.1 การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ด้วยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) โดยใช้ สูตรของโรวิเนลลี และแฮมเบลตัน (Rowinelli and Hambleton) ดังนี้ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, น. 248-249)

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

ΣR หมายถึง ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก

ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยใช้วิธีของ D.R Whitney และ D.L Sabers (อ้างอิงจากโกวิท โกวิท ประวาลพฤกษ์, 2527, น. 276) ดังนี้

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

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) = $\frac{(S_H-S_L)}{(N_H)(X_{Max}-X_{Min})}$

เมื่อ S_H แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบ)

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบ)

N_H แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

N_T แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

3.3 หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดการคิดเชิงระบบด้วยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (Cronbach, 1990) ดังนี้

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

เมื่อ α แทน ความเชื่อมั่นของเจตคติทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อความในแบบวัดการคิดเชิงระบบ

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

4. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test แบบ dependent (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) ดังนี้

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

เมื่อ

t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤต เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างผลคะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้และหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ได้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ ได้นำทฤษฎีรวมถึงวิธีการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ และได้ออกแบบลำดับขั้นของการจัดกิจกรรม ที่เน้นให้ได้สร้างแบบจำลองเป็นหลักในการเรียนรู้ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ผู้เรียนจะได้นำทฤษฎีจากบทเรียนมาสร้างเป็นแบบจำลองขึ้นมาเพื่อทำความเข้าใจกับบทเรียนโดยผู้เรียนจะได้เห็นภาพที่เป็นมิติการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน สามารถอธิบายระบบ สังเกตุความผิดปกติ พร้อมทั้งลองคิดแก้ปัญหาหากเกิดความผิดปกติกับระบบภูมิคุ้มกันผ่านการขยายแนวคิดไปสู่สถานการณ์อื่นๆ เป็นกิจกรรมที่ ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ที่ผู้เรียนสามารถนำวิธีการคิดมาใช้ในการทำความเข้าใจในบทเรียน

และขยายไปสู่สถานการณ์อื่นในชีวิตประจำวันได้ โดยผลของการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับผู้เรียน

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่าตัวอย่างที่ผู้สอนกำหนดให้มีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร

2. ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ที่ได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ปรากฏในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงผลการพิจารณาความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีการอธิบายรายละเอียด ไว้ชัดเจน สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้ง่าย	4.33	0.58	มาก

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
2.	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ครูมีหน้าที่ในการช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา	4.67	0.58	มากที่สุด
3.	ชิ้นงานแบบจำลองที่มอบหมายมีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน ไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนสามารถเข้าใจได้ง่าย	4.33	0.58	มาก
4.	กิจกรรมการเรียนรูทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ กับเพื่อนในชั้นเรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
5.	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
6.	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียน	4.00	0.00	มาก
7.	กิจกรรมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	4.67	0.58	มากที่สุด
8.	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	4.67	0.58	มากที่สุด
9.	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ได้	4.33	0.58	มาก
10.	การกำหนดบทบาทของผู้สอนมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ยรวม		4.50	0.51	มากที่สุด

จากตาราง พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ที่ได้รับการประเมินตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = 0.51) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

2.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนประกอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.	**สาระสำคัญ**			
	- เนื้อหามีความถูกต้อง	5.00	0.00	มากที่สุด
	- ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.83	0.41	มากที่สุด
2.	**ผลการเรียนรู้**			
	- ผลการเรียนรู้ถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปีพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปีพุทธศักราช 2560)	5.00	0.00	มากที่สุด
3.	**จุดประสงค์การเรียนรู้**			
	- สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของรายวิชา	5.00	0.00	มากที่สุด
	- ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงระบบ	4.00	0.00	มาก
	- ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ	4.67	0.58	มากที่สุด
	- ระบุถึงพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน	4.67	0.58	มากที่สุด
	- มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.60	0.51	มากที่สุด
4.	**กิจกรรมการเรียนรู้**			
	- กิจกรรมเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4.67	0.58	มากที่สุด
	- ครูผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองจริง	5.00	0.00	มากที่สุด
	- กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4.67	0.58	มากที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	- การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี	4.67	0.58	มากที่สุด
	- การสร้างแบบจำลองทำให้เข้าใจเป็นระบบมากขึ้น	4.67	0.58	มากที่สุด
	- แบบจำลองที่สร้างไม่ยากเหมาะกับผู้เรียน	4.33	0.58	มาก
	- ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.00	0.00	มาก
	- ครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำเสมอ	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.58	0.50	มากที่สุด
5.	**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**			
	- เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4.33	0.58	มาก
	- ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้เข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น	4.67	0.58	มากที่สุด
	- เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนตามสาระการเรียนรู้	4.33	0.58	มาก
	- สามารถใช้ทบทวนย้อนหลังได้	4.33	0.58	มาก
	เฉลี่ย	4.42	0.51	มาก
6.	**ชิ้นงานหรือภาระงาน**			
	- ให้ระยะเวลาทำที่เหมาะสม	4.00	0.00	มาก
	- ไม่ยากเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.33	0.58	มาก
	เฉลี่ย	4.17	0.41	มาก
7.	**การวัดและประเมินผล**			
	- การวัดและประเมินผลครบผลการเรียนรู้	4.67	0.58	มากที่สุด
	- แบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์	3.67	0.58	มาก
	- เกณฑ์การประเมินผลเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย	3.67	0.58	มาก
	เฉลี่ย	4.00	0.71	มาก
เฉลี่ยรวม		4.51	0.55	มากที่สุด

จากตาราง พบว่าผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนประกอบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากการประเมินโดยรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) ผู้วิจัยได้ปรับปรุง

แก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้เครื่องมือ ใช้ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

3. ผลประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ หลังทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างชุดทดลองใช้เครื่องมือ ปรากฏดังนี้

3.1 ผลการนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้เครื่องมือ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและเวลา ซึ่งพบว่ามีสิ่งที่ต้องปรับปรุงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและเวลา

ประเด็น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ด้านเนื้อหา	- เนื้อหาสำหรับเรื่องระบบภูมิคุ้มกันเป็นเนื้อหาที่เน้นให้รู้ถึงระบบการทำงานภายในเซลล์ ทำให้ผู้เรียนนึกภาพระบบไม่ออก และคำศัพท์เยอะมากยากต่อการจดจำ ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจในเนื้อหา	- เพิ่มสื่อการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมองภาพของระบบเป็นลำดับเพื่อให้ผู้เรียนจดจำเป็นลำดับซึ่งจะทำให้สามารถจำศัพท์ได้ ปรับสื่อและเพิ่มวิธีการให้เหมาะกับเนื้อหา
ด้านภาษา	- ผู้เรียนยังไม่เข้าใจถึงใบงานที่ผู้สอนมอบหมายให้ทำให้ไม่สามารถทำบางข้อได้ - ผู้เรียนยังไม่เข้าใจชิ้นงานแบบจำลองที่ผู้สอนให้สร้างขึ้น	- อธิบายคำถามในแบบทดสอบหรือใบงานให้ชัดเจน ให้ผู้เรียนเปิดดูและสอบถามก่อนลงมือทำหรือก่อนนำกลับไปทำที่บ้าน - ผู้สอนอธิบายขอบเขตข้อจำกัดของแบบจำลองให้ชัดเจน พร้อมยกตัวอย่าง
ด้านเวลา	- เวลาที่ให้ทำใบงานหรือแบบทดสอบค่อนข้างน้อย ผู้เรียนทำไม่ทัน เพราะส่วนใหญ่เน้นการเขียนและการสร้างชิ้นงาน	- เพิ่มเวลา หรือปรับเป็นระบบกลุ่มเพื่อช่วยกันสืบค้นและแสดงความคิดเห็น

3.2 ผลการนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม สังกัด

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิษณุโลก อุตรดิตถ์ จำนวน 9 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ มีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ตามเกณฑ์ 75/75 กับนักเรียน จำนวน 9 คน

	คะแนนระหว่างการจัดการเรียนรู้					แบบทดสอบหลังเรียน
	ครั้งที่ 1 12 คะแนน	ครั้งที่ 2 12 คะแนน	ครั้งที่ 3 12 คะแนน	ครั้งที่ 4 12 คะแนน	รวม 48 คะแนน (E_1)	36 คะแนน (E_2)
เฉลี่ย	8.44	8.89	9.00	9.78	36.11	27.11
ร้อยละ	70.37	74.04	75.00	81.48	**75.23**	**75.31**
รวมเฉลี่ย E_1/E2 = 75.23/75.31						

จากตาราง พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยภาพรวมมีประสิทธิภาพ 75.23/75.31 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ผลคะแนนการคิดเชิงระบบ เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ปรากฏดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แบบวัดการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน $\bar{X}$	ก่อนเรียน S.D.	หลังเรียน $\bar{X}$	หลังเรียน S.D.	t	Sig.
การคิดแบบองค์รวม							
1.วิเคราะห์หลักการที่ใช้จากสถานการณ์โจทย์	6	2.98	0.53	5.25	0.67	16.99*	.000
2.ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการที่เลือก	6	2.53	0.51	4.65	0.66	15.76*	.000

แบบวัดการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน $\bar{X}$	ก่อนเรียน S.D.	หลังเรียน $\bar{X}$	หลังเรียน S.D.	t	Sig.
การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง							
3.ระบุความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในระบบ	6	2.50	0.51	4.43	0.75	14.69*	.000
4.เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในระบบผ่านแผนภาพวงจร	6	2.25	0.67	4.25	0.74	14.93*	.000
การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์							
5.อธิบายแผนภาพวงจรที่เขียนขึ้น	6	1.93	0.69	3.95	0.64	17.46*	.000
6.เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์	6	1.38	0.63	3.85	0.66	19.18*	.000
รวม	36	13.55	2.48	26.38	3.48	23.42*	.000

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากตาราง พบว่าคะแนนในการคิดเชิงระบบก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 13.55 และ 26.38 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนในการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีกับการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะมีองค์ประกอบการวัดความพึงพอใจ 4 ด้าน โดยนักเรียนจำนวน 40 คนทำแบบประเมินความพึงพอใจ ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนปรากฏดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนมีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ด้าน	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1.	**ด้านสาระการเรียนรู้**			
	1.1 เนื้อหาครบถ้วนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้	4.30	0.64	มาก
	1.2 มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา วิธีการเรียนการ	4.30	0.68	มาก

ด้าน	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	สอน ภาระงานที่ต้องทำ และการประเมินผลในบทเรียนให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า			
	1.3 เนื้อหาที่สอนทันสมัยนำไปใช้ได้จริง	4.33	0.72	มาก
	1.4 ลำดับเนื้อหาทำให้เชื่อมต่อกับเรื่องถัดไปได้ง่าย	4.45	0.63	มาก
	เฉลี่ย	4.34	0.67	มาก
2.	**ด้านการจัดการเรียนรู้**			
	2.1 ครูผู้สอนมีความสนใจผู้เรียนอยู่ตลอดเวลา	4.30	0.75	มาก
	2.2 ระยะเวลาที่ครูผู้สอนกำหนดเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย	4.10	0.77	มาก
	2.3 ครูผู้สอนชี้แจงถึงลำดับกิจกรรมและอธิบายจนนักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรม	4.10	0.70	มาก
	2.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยนักเรียนไม่ยาเกินไป	4.23	0.69	มาก
	2.5 ครูผู้สอนอธิบายเรื่องแบบจำลองให้นักเรียนเกิดความเข้าใจก่อนมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรม	4.03	0.69	มาก
	2.6 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้ดีขึ้น	4.35	0.69	มาก
	2.7 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบของเรื่องที่ศึกษาได้มากขึ้น	4.23	0.76	มาก
	2.8 แบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย	4.23	0.72	มาก
	เฉลี่ย	4.19	0.72	มาก
3.	**ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้**			
	3.1 สื่อการสอนมีความทันสมัย สามารถทบทวนย้อนหลังได้	4.30	0.71	มาก
	3.2 เปิดกว้าง มีสื่อที่หลากหลาย มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.23	0.76	มาก
	3.3 อุปกรณ์ที่ครูผู้สอนเตรียมให้เหมาะสมในการทำกิจกรรม	4.45	0.67	มาก
	3.4 อุปกรณ์เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนทุกครั้ง	4.55	0.63	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.38	0.69	มาก

ด้าน	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
4.	**ด้านการวัดและประเมินผล**			
	1.1 ครบทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	4.40	0.70	มาก
	1.2 มีการชี้แจงภาระงานที่ต้องทำให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	4.38	0.66	มาก
	1.3 เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสมกับภาระงานที่นักเรียนที่ได้รับมอบหมาย	4.48	0.63	มาก
	เฉลี่ย	4.42	0.66	มาก
	เฉลี่ยรวม	4.33	0.69	มาก

จากตาราง พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ตามผลการประเมินของนักเรียน 40 คน โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.69)

บทที่ 5

บทสรุป

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการของ Research and Development โดยแบ่งเป็น 3 ขั้น ดังนี้ต่อไปนี้ คือ ขั้นที่ 1 การสร้างและประเมินประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75 ขั้นที่ 2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และขั้นที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือสำหรับใช้ในงานวิจัย คือ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ แบบวัดความพึงพอใจ และสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสถิติ t-test (One-Group Pretest-Posttest Design)

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สรุปผลการวิจัย

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพของ การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ เรื่อง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ, เรื่อง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ, เรื่อง การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน และเรื่อง ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน โดยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน มีขั้นตอน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) 2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) 3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) 4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) 5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ซึ่งความเหมาะสมของกิจกรรม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = 0.51) ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และประสิทธิภาพของขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 (E_1/E_2 = 75.23/75.31)

2. ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานการวิจัย

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนแล้ว นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สรุปโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55)

อภิปรายผล

จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 อภิปรายผลได้ คือ

1. จากผลการสร้างและประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ ได้ดังนี้ คือ ผลสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน โดยการตรวจสอบความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = 0.51) และความเหมาะสมของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) ทั้งนี้ เหตุเพราะผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ และได้ดำเนินการตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา ตามขั้นตอนที่มีความน่าเชื่อถือ โดยได้ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวคิดทฤษฎี และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ แล้วจึงออกแบบขั้นของการจัดเรียนรู้ และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) 2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) 3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) 4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) 5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) โดยมีเนื้อหาของกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ (1) กลไกการต่อต้านหรือทำ ลายสิ่งแปลกปลอม (2) การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน และ (3) ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำ และปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสม จากนั้นจึงนำเครื่องมือวิจัยทั้งหมดส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน พิจารณาความเหมาะสมจึงทำให้เครื่องมือวิจัยในการจัดกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้และหลักสูตรแกนกลาง หลักสูตรของโรงเรียน ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระชีววิทยา 4 หน่วยที่ 16 เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน จากนั้นศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับการนำมาส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ ในวิชาชีววิทยา และด้วยธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมโดยส่วนใหญ่ ผู้วิจัยจึงนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของ Buckley et al. (2004) โดยผู้วิจัยปรับปรุง

ลักษณะการจัดกิจกรรมให้ มีความสอดคล้องกับหลักสูตรและแนวการสอน ทุกหัวข้อในกิจกรรมการเรียนรู้ มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน มีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียน ความสามารถและความสนใจของผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง และตัวผู้สอนเองจะต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวก จะทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน และในขณะเดียวกันก็ดำเนินการกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีจนสามารถบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ได้ สอดคล้องกับ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553, น. 58) ที่ได้กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีต้องเป็นการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาวิชา มีลำดับขั้นตอน เน้นให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองและส่งเสริมกระบวนการคิด โดยผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันจำนวน 4 แผนการเรียนรู้ โดยให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ นำกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขด้านเนื้อหา ภาษา และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม และนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนจำนวน 9 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ได้กิจกรรมที่มีคุณภาพเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพคือ 75.23/75.31 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ตามจุดมุ่งหมายงานวิจัย

2. จากผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้ดังนี้ คือ ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียน พบว่า ผลคะแนนในการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เหตุเพราะจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ จากการจัดกิจกรรมและการสร้างแบบจำลอง โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลอง คือ ขั้นที่ 1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) พบว่า เมื่อผู้เรียนได้บันทึกข้อมูลในแบบจำลองเชิงภาพแล้ว ผู้เรียนสามารถเริ่มอธิบายองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่นำเสนอได้ สอดคล้องกับ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2558) ซึ่งพบว่า การที่ผู้สอนใช้สื่อหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งในเชิงเปรียบเทียบนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันจะช่วยให้นักเรียนสนใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น อีกทั้ง สอดคล้องกับ ปราณี คำภีระ (2563) คือ การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์โดยมีหลักฐานทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื่อหาเป็นอย่างดี นอกจากนี้การดึงเอาความรู้เดิมมาใช้ในการสังเกตองค์ประกอบจะช่วยให้ผู้เรียนระบุองค์ประกอบได้ง่ายขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kenyon et al. (2008) ซึ่งพบว่า การกระตุ้น

ความสนใจให้นักเรียนเห็นความสำคัญในองค์ประกอบย่อยของระบบ เป็นพื้นฐานในการพัฒนาความคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียน นอกเหนือจากการใช้สื่อการสอนแล้วการให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองร่วมกับกระบวนการตอบสนองของร่างกายด้วยการปฏิบัติ อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2560) ที่กล่าวว่า การเชื่อมโยงเหตุการณ์ในที่เกิดขึ้นในชีวิตมาเป็นกรณีศึกษาใช้ในการระบุองค์ประกอบของระบบนั้นจะช่วยให้นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของระบบได้ดีขึ้น เพราะนักเรียนจะเกิดการแบ่งปันประสบการณ์ของแต่ละคนเข้าด้วยกันทำให้สามารถระบุองค์ประกอบพื้นฐานที่เป็นสิ่งแรกต้นขอการคิดเชิงระบบได้ ต่อมาในขั้นที่ 2.ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) ผู้เรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายระบบปรากฏการณ์ที่บันทึกไว้ในขั้นที่1 พบว่า ผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองและนำแบบจำลองที่ตนสร้างมาอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีขึ้นรวมทั้งการสร้างแบบจำลองนั้นจะช่วยให้สามารถจดจำรายละเอียดและนักเรียนเริ่มเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆระบบมากขึ้นเพราะนักเรียนได้นำเอาองค์ประกอบต่างๆมาจัดเรียงเพื่อให้สัมพันธ์กับการทำงานของระบบสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ซึ่งกล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เน้นให้ผู้เรียนมีการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์ส่งผลให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาแต่ละระดับได้ และยังส่งผลทางความคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกแนวคิด ต่อมาในขั้นที่ 3.ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ พบว่า ผู้เรียนอธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ในการทำงานของระบบได้ และในการประเมินจะทำให้ผู้เรียนเกิดข้อค้นพบหรือข้อบกพร่องของแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น ข้อนี้ทำให้ผู้เรียนสามารถรู้ข้อจำกัดของแบบจำลองและต้องสืบค้นข้อมูลเพื่อพัฒนาแบบจำลองของตน ผู้เรียนจะลงมือกระทำในขั้นถัดไปคือในขั้นที่ 4.ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) พบว่า ผู้เรียนได้นำเสนอแบบจำลองและยังตอบข้อคำถามในบางข้อไม่ได้ ทำให้ผู้เรียนทราบถึงข้อจำกัดของแบบจำลองของตนเองในการกลับไปปรับปรุงให้ดีขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ซึ่งระบุว่าหากนักเรียนทราบถึงข้อ จำกัด ของแบบจำลองของตน และได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแบบจำลองของตนจะช่วยให้นักเรียนขยายความสามารถในการอธิบายได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้นักเรียนอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้องและเป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น และขั้นสุดท้าย ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) ผู้สอนจับกลุ่มให้ผู้เรียนเอา

แบบจำลองมาใช้อธิบายตามสถานการณ์แตกต่างกันที่ผู้สอนกำหนดให้ พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการทำงานของระบบตามปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันตามที่ผู้สอนมอบให้ได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2560) อีกที่ได้รายงานไว้ว่า การกระตุ้นให้ผู้เรียนได้อธิบายกระบวนการของระบบผ่านแบบจำลองของตนเองร่วมกัน จะกระตุ้นให้นักเรียนได้ช่วยกันอภิปรายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลองร่วมกันทั้งห้องเรียน และยังมีส่วนช่วยในการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะการเข้าใจการทำงานความสัมพันธ์เชื่อมโยงของแต่ละองค์ประกอบต่อองค์ประกอบอื่นๆ จนสามารถเกิดเป็นปรากฏการณ์ได้ นำไปสู่การนำไปใช้กับปรากฏการณ์ในระดับที่ใหญ่ขึ้นได้อย่างเหมาะสม และได้ผลการวิจัยว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบกับผู้เรียนได้

3. จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ดังนี้ คือ นักเรียนที่ร่วมกิจกรรมมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้ง 4 ด้าน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน และผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความน่าสนใจ ให้ผู้เรียนเรียนรู้จากวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้มาสร้างแบบจำลองระบบ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบย่อยภายในระบบช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมให้เห็นชัดเจนออกมาเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับ ปราณี คำภีระ (2563) ที่กล่าวว่าการพัฒนากิจกรรมของผู้สอนแต่ละขั้นมีส่วนส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และมีความสามารถในการให้เหตุผล และกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังสามารถนำไปใช้วิเคราะห์แก้ปัญหานำสิ่งที่เรียนรู้เพื่อไปใช้ประโยชน์ต่อไป สอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการ (2560) ที่เสนอว่า บรรยากาศในชั้นเรียนมีความสำคัญมาก ครูผู้สอนต้องจัดบรรยากาศให้เอื้อต่อการเรียนรู้ และดูแลช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ และสอดคล้องกับ อารี พันธ์มณี (2557) กล่าวว่า ความพึงพอใจในการเรียนนั้นมีผลต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้สอนควรส่งเสริมให้เด็กเกิดพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการเรียนรู้โดยสร้างความพึงพอใจให้เกิดแก่ผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนยิ่งขึ้น เพราะผู้เรียนคาดหวังไว้ว่าจะนำสิ่งที่เรียนไปใช้ประโยชน์ และเป็นพื้นฐานในการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

จากการอภิปรายผลการวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ ให้กับผู้เรียนเนื่องจากกิจกรรมช่วยส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบที่ช่วยให้ผู้เรียนการมองเห็นก้อนของปัญหา วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงย่อย และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่าง

สร้างสรรค์ มีการสร้างแบบจำลองมาใช้เป็นตัวแทนปรากฏการณ์หรือทฤษฎีที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมและสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน และยังสามารถขยายความนำไปใช้แก้ปัญหากับสถานการณ์ตัวอย่างอื่น ที่ผู้สอนยกขึ้นมาหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งเป็นระบบที่ใหญ่กว่าเดิมได้อย่างเข้าใจ

ข้อเสนอแนะ

1.ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ควรใช้วิธีการสร้างแบบจำลองให้เข้ากับบริบทของห้องเรียนและธรรมชาติของเนื้อหารายวิชา เนื้อหาเหมาะกับกิจกรรมลักษณะนี้ควรเป็นเนื้อที่หาที่มีลักษณะเป็นระบบมีองค์ประกอบและกระบวนการซับซ้อน จึงจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบได้ดี อย่างเช่น นิเวศวิทยา วัฏจักรของสาร และระบบการทำงานของร่างกาย

1.2 ประเมินเนื้อหาของบทเรียนและกำหนดรูปแบบของแบบจำลองที่ให้สร้างมี ให้เหมาะสมกับเวลา หรือในเชิงเนื้อหาที่เชื่อมต่อกันอาจใช้วิธีรวมแบบจำลองต่อกันไปเพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงบทเรียนได้ด้วย

2.ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ในระหว่างการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนแต่ละตัวบ่งชี้ในระดับที่มีความแตกต่างกัน โดยตัวบ่งชี้สุดท้ายคือ การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยน้อยกว่าข้ออื่น ๆ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงระบบ และความคิดสร้างสรรค์ ให้กับนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

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

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

กาญจน์ เรื่องมนตรี. (2543). *เอกสารประกอบการบรรยายในชั้นเรียน*. มหาสารคาม: ภาควิชาบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

กุลิสรา จิตรชญาวณิช. (2562). *การจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โกวิท ประวาลพฤกษ์. (2527). *การประเมินในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

จำรัส มือขุนทด. (2559). *ความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการสวนสาธารณะของเทศบาลเมืองนางรอง อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์*. (ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชนาธิป พรกุล. (2552). *การออกแบบการสอนและบูรณาการ การอ่าน การคิดวิเคราะห์ และการเขียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนาธิป โหตรภวานนท์. (2560). *การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชวลิต ชูกำแพง. (2553). *การวิจัยหลักสูตรและการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยสารคาม.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). *การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1)*, 7-20.

ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์. (2552). *การคิดอย่างเป็นระบบ (Systems Thinking)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.

ชัยวัฒน์ ถิระพันธุ์, ธนา นิลชัยโกวิทย์, อดิศร จันทรสุข, พงษธร ตันติฤทธิศักดิ์ และอัญชลี สถิรเศรษฐ์. (2551). *วิธีคิดกระบวนระบบ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์คุณธรรม.

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

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

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิยม กิมานุวัฒน์, วิชิต สุรัตน์เรืองชัย และสุนทร บำเรอราช. (2559). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์, 27(1)*, 61-73.

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

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2548). *คู่มือการวิจัยการเขียนรายงานการวิจัยและวิทยานิพนธ์* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

บุญล้อม ด้วงวิเศษ. (2562). *การส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ โดยใช้เทคนิคแผนผังทางปัญญาสำหรับนักศึกษาครูมหาวิทยาลัยราชภัฏ. วารสารวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14(2)*, 190-207.

บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2553*). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ วิชาคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปกรณ์ ประจัญบาน. (2552). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์*. พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.

ประไพ ฉลาดคิด. (2548). *หลักการสอน*. กรุงเทพฯ: เกษมศรี ซี.พี.

ปราณี คำภีระ. (2563). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาแบบสืบเสาะหาความรู้ (7Es) เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ เพื่อส่งเสริมความสามารถการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 3(7)*, 54-65.

ปารมี ศรีบุญทิพย์. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงบูรณาการเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ*. (ปริญญานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ปิยนาถ ประยูร. (2548). *วิธีคิดกระบวนระบบ (Systems Thinking)*. กรุงเทพฯ: โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข (สรส.).

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. (2552). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

พชรมณฑ์ หมวดนุ่ม. (2555). *การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเพื่อเชื่อมโยงการเขียน โดยใช้เทคนิคผังกราฟิกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

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

พัฒนา พรหมณี, ยุพิน พิทยาวัฒนชัย และจีระศักดิ์ ทัพผา. (2563). *แนวคิดเกี่ยวกับความพึงพอใจและการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในงาน. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.), 26(1)*, 59-66.

พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์. (2562). *การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณทิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูมิสิทธิ์ ศิระศุภฤกษ์ชัย. (2561). *แรงจูงใจในการเป็นพี่ต้นแบบอาชีพ*. (บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มกราพันธุ์ จูฑะรสก. (2556). *การคิดอย่างเป็นระบบ: การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: บริษัท ธนาเพรส จำกัด.

มนตรี แย้มกสิกร. (2546). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบของนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการศึกษา*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2556). *การพัฒนาเครื่องมือวัดด้านเจตพิสัย*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มารุดิศ วชิรโกเมน. (2563). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยแบบฝึกหัดเสริมทักษะการใช้เครื่องมือโปรแกรม Adobe Captivate 8 สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คำสมัย.

รัตนะ บัวสนธ์. (2562). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล. (2560). *การคิดเชิงระบบ: ประสบการณ์การสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ. วารสารครุศาสตร์, 45(2)*, 209-224.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วชรวรรธน์ ปิยะรัตนมงคล. (2563). *การประยุกต์ใช้บอร์ดเกมในการฝึกอบรมที่ส่งผลต่อความคิดเชิงระบบ และการเรียนรู้ของหัวหน้างาน*. (ศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร.

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

วิจารณ์ พานิช. (2558). *การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง Transformative Learning*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชีววิทยาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สายช่อ อังศุพานิช. (2559). *องค์ประกอบแรงจูงใจในการซื้อสินค้าเกษตรอินทรีย์ของผู้บริโภควัยทำงาน อำเภอเมืองสงขลา*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2558). *การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุเพื่อพัฒนาสมรรถนะกำลังคนรองรับโลกศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการการศึกษา.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *แนวทางการพัฒนาการวัดและประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2547). *การสร้างสื่อการสอนและนวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาผู้เรียน*. ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.

สุภาวดี เจริญเศรษฐมห. (2550). *ความคิดเชิงระบบ. วารสารรามคำแหง, 24(3),* 65-85.

อรพรรณ บุญถึก. (2556). *การศึกษาความพึงพอใจในการใช้บริการห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*. (งานวิจัยแหล่งทุนภายใน ปีงบประมาณ 2556). มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สถาบันวิจัยและพัฒนา.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2546). *หลักการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อารี พันธ์มณี. (2557). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Assaraf, O. B.-Z., Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High school students' understanding of the human body system. *Research in Science Education, 43*, 33-56.

Assaraf, O. B. Z., & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 42*(5), 518-560.

Boersma, K., Waarlo, A. J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education, 45*(4), 190-197.

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., & Stewart, J. (2001). The nature and structure of scientific models. 1-7.

Chiu, M. H., Chou, C. C., & 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., & 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., & Lajium, D. (2011). Modeling and the future of science learning. In *Models and modeling: Cognitive tools for scientific enquiry* (pp. 3-21): Springer.

Council, N. R. (2015). Guide to implementing the next generation science standards.

Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: A case study with fifth-graders and sixth-graders. *International Journal of science education, 31*(5), 655-674.

Fanta, D., Braeutigam, J., & Riess, W. (2020). Fostering systems thinking in student teachers of biology and geography–an intervention study. *Journal of Biological Education, 54*(3), 226-244.

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

Gilbert, J. K., & Boulter, C. (2012). *Developing models in science education*: Springer Science & Business Media.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9): Springer.

Gilbert, S. W. (2011). *Models-based science teaching: Understanding and using mental models*: NSTA Press.

Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of science education, 22*(9), 891-894.

Halloun, I. A. (2006). Learning Cycles. *Modeling Theory in Science Education*, 185-235.

Hannon, B., & Ruth, M. (2013). *Dynamic modeling*: Springer.

Harrison, A. G., & 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., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of science education, 22*(9), 1011-1026.

Hestenes, D. (2006). *Notes for a modeling theory.* Paper presented at the Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education.

Hester, P. T., & Adams, K. M. (2014). *The why of systemic thinking*: Springer.

Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the learning sciences, 15*(1), 11-34.

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

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of science education, 24*(12), 1273-1292.

Kenyon, L., Schwarz, C., & Hug, B. (2008). The benefits of scientific modeling. *Science and Children, 46*(2), 41-44.

Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry: A case study approach*: Corwin Press.

Mayer, R. E. (1989). Models for understanding. *Review of educational research, 59*(1), 43-64.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*: National Academies Press.

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review, 13*, 52-73.

Plate, R., & Monroe, M. (2014). A structure for assessing systems thinking. *The Creative Learning Exchange, 23*(1), 1-3.

Riess, W., & Mischo, C. (2010). Promoting systems thinking through biology lessons. *International Journal of science education, 32*(6), 705-725.

Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. London: Random House Business Books.

Stave, K., & Hopper, M. (2007). *What constitutes systems thinking? A proposed taxonomy.* Paper presented at the 25th international conference of the system dynamics Society.

Tripto, J., Ben-Zvi Assaraf, O., Snapir, Z., & Amit, M. (2016). The 'What is a system'reflection interview as a knowledge integration activity for high school

students' understanding of complex systems in human biology. *International Journal of science education, 38*(4), 564-595.

Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of science education, 30*(4), 543-568.

Whitehead, A. N. (1967). The Aims of Education and Other Essays. *New York: The Free Press*.

Windschitl, M., & Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigation: The impact of preservice instruction on teachers' understandings of model-based inquiry. *American educational research journal, 43*(4), 783-835.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ธำรงโสตถิสกุล อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราณี นางงาม อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. นางสาวศรัญญา มงคล ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ
3. แผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ
4. แบบประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ
5. แบบประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ
6. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
7. ตัวอย่างแบบวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน
8. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงระบบ นำมาปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ลำดับขั้นตอน ปรับมาจากแนวคิดของ Buckley et al. (2004) มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของการวิจัยครั้งนี้มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้

2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน

3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น

5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่าน แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)

บทบาทครู บทบาทนักเรียน

<table>
<tr><th>บทบาทครู</th><th>บทบาทนักเรียน</th></tr>
<tr><td colspan="2">1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ครูผู้สอนนำเสนอสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาผ่านการยกตัวอย่าง ให้ผู้เรียนได้สืบค้น รวบรวมข้อมูล โดยใช้ แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models) บันทึกข้อมูลที่ค้นพบ บรรยายเกี่ยวกับข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบมาเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดให้</td></tr>
<tr><td>ผู้สอนป้อนข้อมูลเรื่องที่กำลังศึกษา ผ่านการบรรยายหลักการและทฤษฎี ผ่านการเชื่อมโยงความรู้เดิมต่อเนื่องกับความรู้ใหม่ ครูผู้สอนอธิบายถึงหลักการการทำงานของเรื่องที่สอน องค์ประกอบของระบบภูมิคุ้มกันที่สอนผ่านการบรรยาย เพื่อเป็นการป้อนข้อมูลให้นักเรียนและตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนผ่านการตั้งคำถามเป็นระยะๆ และคอยตอบคำถามผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนไม่ออกนอกเรื่องให้อยู่ในเรื่องที่กำลังศึกษา</td><td>นักเรียนตั้งใจฟังบรรยายพร้อมคิดตามเมื่อครูถามคำถาม ตอบคำถามจากข้อมูลที่ได้ สรุปข้อมูลตามที่ครูมอบหมายให้ สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากอินเทอร์เนต มีข้อสงสัยยกมือถามครูผู้สอน</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ครูมอบหมายให้ผู้เรียน นำข้อมูลองค์ประกอบที่ค้นพบ มาสร้างแบบจำลองเริ่มต้นแสดงถึงระบบการทำงาน โดยชี้นำให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลที่ได้มีปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร โดยใช้ แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป วัสดุหาได้ทั่วไปตามความสะดวกของนักเรียน</td></tr>
<tr><td>ลงมือสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ขึ้นมาผ่านแบบจำลองทางความคิด ในรูปแบบของแผนภาพวงจร ครูผู้สอนอธิบายให้ผุ้เรียนรู้ที่มา ซึ่งแบบจำลองทางความคิดนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการบรรยายมาเชื่อมโยงให้เห็นการทำงานของระบบในเรื่องที่กำลังศึกษาได้ หลังจากที่ผู้เรียนร่างแบบจำลองของระบบที่กำลังศึกษาไว้ได้แล้ว ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองของตนเอง ทั้งนี้ผู้สอนเปิดกว้างในนักเรียนออกแบบสร้างแบบจำลองของตนเองเพิ่มเติมได้อย่างเต็มที่สามารถเลือกอุปกรณ์ตามที่ตนเองสามารถจะสร้างออกมาทำความเข้าใจได้ ผู้สอนให้คำปรึกษาเมื่อผู้เรียนมีข้อสงสัยระหว่างสร้างแบบจำลอง</td><td>ผู้เรียนสร้างแบบจำลองตามข้อมูลที่ได้รับ จากการสรุปข้อมูลของตนเองไว้นำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางความคิดของตนเอง ลงมือปฏิบัติสร้างแบบจำลองและสอบถามครูผู้สอนเมื่อมีข้อสงสัยระหว่างการสร้างสรรค์ผลงาน</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้สอนกำหนดวิธีการนำแบบจำลองไปใช้ผ่านการ บรรยาย โดย การจัดทำวีดีโอ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการทำความเข้าใจ และให้เหตุผล ถึงปฏิสัมพันธ์ ขององค์ประกอบย่อยของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้น</td></tr>
<tr><td>ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายในชั้นเรียน สมาชิกในห้องเรียนร่วมกันประเมินความเข้าใจ ผู้สอนคอยป้อนข้อมูลเพิ่มเติมระหว่างที่ผู้เรียนนำแบบจำลองมาอธิบาย เปิดโอกาสให้เพื่อนในห้องแสดงความเห็นให้เจ้าของแบบจำลองได้นำไปพิจารณา และครูผู้สอนเป็นคนสุดท้ายช่วยสรุปและชี้แจ้งหลักการที่ถูกต้องให้ผู้เรียนได้พิจารณาแบบจำลองของตนเอง</td><td>ผู้เรียนอธิบายถึงการทำงานในแบบจำลองของตนเองให้เพื่อนและครู เพื่อนในห้องมีส่วนร่วมและช่วยกันประเมิน ผู้เรียนเก็บข้อมูลตามความเห็นของเพื่อนๆและครูไว้พิจารณาแก้ไขแบบจำลองของตนเอง</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้สอนจับกลุ่มให้กับผู้เรียนแลกเปลี่ยนแบบจำลองกันทดลองว่า หากแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้นแล้ว ยังสามารถใช้อธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้หรือไม่ได้ เพื่อนร่วมชั้นให้คำแนะนำ และครูผู้สอนคอยอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำ ขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ใช้ แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models) ในการแนะนำปัญหาหรือข้อผิดพลาดให้กับเพื่อนร่วมชั้น</td></tr>
<tr><td>ผู้สอนคอยสังเกตุผู้เรียนในการปรับแก้ข้อเสนอแนะที่ได้รับมา ผู้สอนช่วยอธิบายหลักการอีกครั้งเพื่อให้ผู้เรียนได้แก้ไขแบบจำลองของตนเองให้เป็นไปตามหลักของเนื้อหาให้ถูกต้อง คอยตอบคำถามเมื่อผู้เรียนเกิดข้อสงสัย</td><td>ผู้เรียนพิจารณาแบบจำลองของตนเองและแก้ไขให้ถูกต้องตามหลักการเนื้อหา จากการได้รับการประเมินจากเพื่อนๆและครูผู้สอน ถามคำถามเมื่อเกิดข้อสงสัย</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration) ครูผู้สอน จับกลุ่มให้กับผู้เรียน และนำเสนอกรณีตัวอย่าง ชี้นำให้ผู้เรียนได้นำไปคิดว่ามีสัมพันธ์เชื่อมโยงกับ แบบจำลองระบบที่ตนเองทำมาอย่างไร ผ่าน แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)</td></tr>
<tr><td>ผู้สอนกำหนดสถานการณ์ในลักษณะที่ต่าง แต่ใช้หลักการเดียวกันกับที่เรียนแล้วนั้น ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดเชื่อมโยงกลับมายังหลักการแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นได้ เพื่อขยายแนวคิดว่ายังมีอีกหลายเหตุการณ์ที่สามารถใช้หลักการนี้ในการอธิบายได้</td><td>นำไปเชื่อมโยงกับแบบจำลองของตนเองเพื่อใช้อธิบายถึงการทำงานในหลักการเดียวกันแต่อยู่สถานการณ์หรือเหตุที่ต่างออกไปได้ขยายให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ได้มากขึ้น</td></tr>
</table>

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่างๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ และโปรดระบุข้อความลงในช่องว่าง

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง ผู้เชี่ยวชาญโปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมี 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง ระดับเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง ระดับเหมาะสมมาก

3 หมายถึง ระดับเหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง ระดับเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง ระดับเหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีการอธิบายรายละเอียด ไว้ชัดเจน สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้ง่าย					
2	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ครูมีหน้าที่ในการช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา					
3	ชิ้นงานแบบจำลองที่มอบหมายมีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียนไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนสามารถเข้าใจได้ง่าย					
4	กิจกรรมการเรียนรูทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ กับเพื่อนในชั้นเรียน					
5	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้					
6	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียน					
7	กิจกรรมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน					
8	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน					
9	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันได้					
10	การกำหนดบทบาทของผู้สอนมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

ลงนาม.......................................ผู้เชี่ยวชาญ

(...)

3. แผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1
เรื่อง กลไกลการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาชีววิทยา4 รหัสวิชา ว32244
หน่วยการเรียนรู้ที่ 16 ระบบภูมิคุ้มกัน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 3 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565
ผู้สอน นางสาววรรณชนก เปรมบุญ (นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู)

....

1. สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

เมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย ร่างกายจะมีกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะประกอบด้วย การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อ และการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เนื้อเยื่อแล้วโดยการทำงานของฟาโกไซต์และการอักเสบ ส่วนกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะเป็นการทำงานของเซลล์นำเสนอแอนติเจนร่วมกับลิมโฟไซต์ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมนั้น ในกรณีที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายไม่สามารถทำหน้าที่ได้ซึ่งอาจเกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันหรือการได้รับเชื้อไวรัสบางชนิด ก็จะส่งผลเสียต่อการดำรงชีวิตหรืออาจเสียชีวิตได้

2. ผลการเรียนรู้

15.สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

2.เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำ ลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ

3.สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ

4.การคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการจัดการเรียนรู้

4. สาระการเรียนรู้

➢กลไกการต่อต้านสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ คือ กลไกการต่อต้านสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่เนื้อเยื่อและกลไกการต่อต้านสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เนื้อเยื่อ

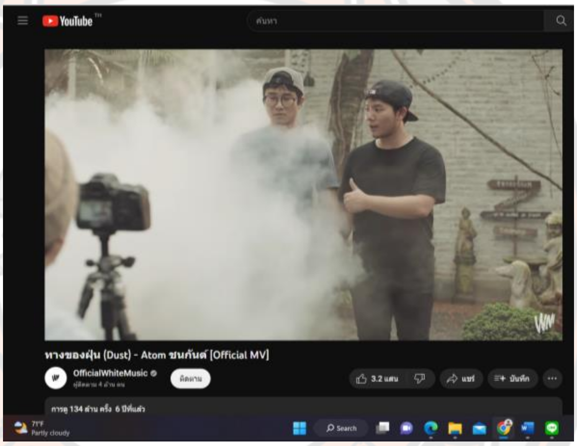
➢- กลไกการต่อต้านสิ่งแปลปลอมแบบจำเพาะ คือ กลไกการทำงานของเซลล์บี และกลไกการทำงานของเซลล์ที

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task)

แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)

1.ครูผู้สอนมอบสถานการณ์จำลองให้กับผู้เรียนได้ฉุดคิด ในที่นี้ครูเปิดเพลง ทางของฝุ่น เพื่อเรียกร้องความสนใจจากผู้เรียนให้เกิดความสงสัยและคิดวิเคราะห์ตาม



ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=EEocnHtlU8

ครูผู้สอนใช้คำถามถามนักเรียน : จากวีดีโอนักเรียนคิดว่า มีความเกี่ยวข้องกับ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ที่เรากำลังจะเรียนหรือไม่อย่างไรบ้าง

ครูให้คำชี้แนะเพิ่มเติม : เนื้อหาใน MV อาจจะทำให้เรานึกถึงเรื่องราวความรักแสนเศร้าของตัวละคร แต่ถ้าสังเกตและลองคิดแบบชีววิทยา ก็จะเห็นว่าพระเอก MV มีการร้องไห้มีน้ำตาไหลออกมาแสดงว่าระบบร่างกายของเขามีการตอบสนองต่อสิ่งใดเข้าแล้ว อาจจะเป็นความรู้สึกที่ได้รับ ณ จุดนั้นก็ได้ ซึ่งแน่นอนว่าเขาต้องปกปิดความจริงโดยการกล่าวอ้างว่า “ที่เธอเห็นแค่ฝุ่นมันเข้าตา ฉันไม่ได้ร้องไห้” พระเอกกล่าวอ้างเพื่อปิดบังความจริง แสดงว่าพระเอกมีความรู้เกี่ยวกับการหลั่งของน้ำตาอีกแบบ ที่ไม่ได้มาจากความรู้สึกที่ได้รับ แต่มาจากการได้รับสิ่งแปลกปลอมเข้าไป ระบบร่างกายจึงตอบสนองด้วยการขับมันออกมา

2.ครูให้นักเรียนสืบค้นประกอบกับอ่านเนื้อหาในบทเรียน ระบุให้ได้ว่าการหลั่งน้ำตาเป็นกลไกการต่อต้านแบบใดในเรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อเข้าสู่เนื้อหาที่กำลังจะเรียน คือ กลไลการ

ต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม หลังนักเรียนได้ลองค้นคว้าข้อมูล จะทำให้นักเรียนรู้แล้วว่า เรื่อง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ
- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

ครูผู้สอนบรรยายในหัวข้อผ่านสื่อที่เตรียมมา PowerPoint และ VDO เพื่อให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลองค์ประกอบทั้งหมดเข้าไปเก็บไว้ก่อน และหลังบรรยายครูผู้สอนใช้คำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ

3.ประเมินแนวความคิดหลัก

2.1. ให้ผู้เรียนวาดแบบจำลองของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมทั้ง 2 แบบตามความเข้าใจของตนเองลงสมุดประจำรายวิชา

2.2 ให้ผู้เรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนงานวาดของตนเองกับสมาชิกประจำโต๊ะที่ตนเองนั่ง

2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อทบทวนแนวคิดของกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมทั้ง 2 แบบเป็นการกำหนดขอบเขตของระบบที่ผู้เรียนกำลังศึกษา มองภาพรวมขององค์ประกอบย่อยภายในระบบทั้งหมด

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) (การบ้าน)

<u>แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models) กำหนดให้ มีลักษณะ 2 มิติขึ้นไป</u>

1.ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นเลขที่คู่และเลขที่คี่โดยนักเรียนทุกคนจะต้องสร้างแบบจำลองเป็นของตนเอง

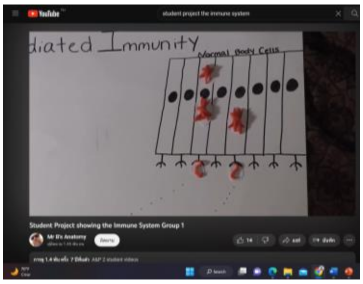
- นักเรียนที่เป็นเลขคู่ ทำแบบจำลองกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ

- นักเรียนที่เป็นเลขคี่ ทำแบบจำลองกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

2.ครูอธิบายขอบเขตของงานสร้างแบบจำลอง

- แบบจำลองต้องแสดงถึงระบบการทำงานของกลไกนั้นสามารถใช้ลูกศรแสดงทิศทาง หรือเคลื่อนย้ายตามระบบการทำงานได้ ให้ผู้เรียนออกแบบวัสดุตามที่ผู้เรียนจะออกแบบ

- ทำ VDO การนำเสนอแบบจำลองระบบการทำงานของกลไกที่นักเรียนได้สร้างขึ้น <u>ยกตัวอย่างจาก YouTube</u> ให้ผู้เรียนได้เข้าใจลักษณะ และเปิดโอกาสให้ซักถามก่อนกลับไปทำ



ที่มา : https://www.youtube.com/watch?v=vOTvl4fqgP8

ขั้นที่ 3 ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation)

แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)

1.นักเรียนใช้แบบจำลองของตัวเองที่สร้างขึ้นอธิบายผ่าน VDO ระหว่างนั้นครูผู้สอนคอยป้อนคำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตุและเปรียบเทียบระหว่าง

- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ
- กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

2.ผู้สอนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

3.ครูผู้สอนสรุปความแตกต่างระหว่าง กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะกับกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

ครูผู้สอนสรุปการทำงานและความแตกต่างของกลไกให้กับผู้เรียน

ประเด็น	กลไกแบบไม่จำเพาะ	กลไกแบบจำเพาะ
1.เซลล์เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องในการทำงาน	-ฟาโกไซต์ เช่น แมโครฟาจ นิวโทรฟิล โมโนไซต์ -เยื่อบุผิวหรือต่อมต่างๆ การหลั่งสารคัดหลั่ง	-ลิมโฟไซต์ได้แก่ เซลล์ บี และเซลล์ที -เซลล์นำเสนอแอนติเจน เช่น แมโครฟาจ
2.กระบวนการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม	-ฟาโกไซต์ เช่น แมโครฟาจ นิวโทรฟิล โมโนไซต์ -เยื่อบุผิวหรือต่อมต่างๆ การหลั่งสารคัดหลั่ง	-เซลล์บีพัฒนาไปเป็นเซลล์พลาสมา สร้างแอนติบอดีเพื่อจับกับแอนติเจนให้รวมกันและถูกทำลายได้ง่าย -เซลล์ทีชนิด CD4 กระตุ้นการทำงานของเซลล์บีและเซลล์ทีชนิด CD8 ทำลายเซลล์แปลกปลอมหรือเซลล์ที่ติดเชื้อไวรัส
3.ความสามารถในการจดจำสิ่ง	-กระบวนการฟาโกไซโทซิส	-มีการจดจำ เพราะมีเซลล์

แปลกปลอม	โดยฟาโกไซต์ -ทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยสารคัดหลั่งต่างๆ	ความจำ
4.ความจำเพาะต่อสิ่งแปลกปลอม	-ไม่มีการจดจำ เพราะไม่มีเซลล์ความจำ	-มีการจดจำ เพราะมีเซลล์ความจำ

ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision)

<u>แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)</u>

1.ครูยกแบบจำลองของนักเรียนขึ้นมาอธิบายอีกครั้งหลังจากสรุปให้นักเรียนฟังจากขั้นตอนที่แล้วแสดงให้เห็นถึงข้อแก้ไขที่นักเรียนต้องนำกลับไปแก้

2.นักเรียนพิจารณาแบบจำลองที่ตนเองสร้างกับคำแนะนำของครูผู้สอน พิจารณาในประเด็นดังนี้

- แบบจำลองที่นักเรียนสร้างใช้กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบ
- แบบจำลองที่นักเรียนสร้างใช้อธิบายเมื่อร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมแบบไหน
- แบบจำลองของนักเรียนมีจุดเด่นอะไรบ้าง
- แบบจำลองของนักเรียนมีข้อจำกัดอะไรบ้าง
- ถ้าต้องปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนคิดว่ามีส่วนไหนบ้างที่ควรปรับปรุง

3.ให้นักเรียนนำข้อพิจารณาตนเองและครูผู้สอนไปใช้ในการปรับปรุง

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration)

<u>แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)</u>

1.ครูผู้สอนให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละจำนวน 8 คน

2.แจ้งรายละเอียดกิจกรรม ครูจะพานักเรียนขยายแบบจำลอง โยงเรื่องราวย้อนกลับไปเชื่อมกับขั้นตอนที่ 1 ที่เคยใช้ สถาณการณ์ตัวอย่าง ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตมนุษย์ ผ่านแบบจำลองแผนภาพวงจรสาเหตุ (Causal Loop Diagrams : CLD)

สื่อการสอน: PowerPoint

3.รับหัวข้อสถานการณ์ที่ครูมอบหมายให้ และนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ลักษณะกิจกรรม

- ครูเตรียมแบบจำลองของนักเรียนที่ผ่านการแก้ไขแล้วมาในรูปแบบรูปภาพเพื่อให้นักเรียนเลือกแบบจำลองที่คิดว่าใช้อธิบายสถานการณ์ที่ครูให้ได้มาอธิบาย
- หลังเลือกแล้วให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันระดมความคิดและสร้างแบบจำลองแผนภาพวงจรสาเหตุ (Causal Loop Diagrams : CLD) อธิบายการเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ที่กลุ่มตนเองได้กับกลไกการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมเชื่อมโยงกันอย่างไร
-นำเสนอหน้าชั้นเรียนแลกเปลี่ยนกับเพื่อนกลุ่มอื่นๆ

4.ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปอภิปรายแลกเปลี่ยนความเห็นเพื่อให้ได้ข้อสรุปจากการทำกิจกรรม

6. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

- สื่อ Power Point เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน
- หนังสือ สสวท ชีววิทยา เล่ม 2
- แหล่งเรียนรู้ตามอัธยาศัย

7. ชิ้นงานหรือภาระงาน (หลักฐาน/ร่องรอยการเรียนรู้)

- แบบจำลองระบบการทำงานของกลไกการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและจำเพาะ
- แบบจำลองแผนภาพวงจรสาเหตุ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้

8. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1.สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ	หลักฐานการสืบค้น	มีการบันทึกเป็นข้อมูลในสมุด
2.เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำ ลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ	การตอบคำถาม	สามารถตอบคำถามได้
3.สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างหรือตอบสนองของภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ	หลักฐานการสืบค้น	มีการบันทึกเป็นข้อมูลในสมุด

4.การคิดอย่างเป็นระบบระหว่างการจัดการเรียนรู้	แบบประเมินการคิดเชิงระบบ	ผ่านเกณฑ์ 6 คะแนน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

เรื่อง กลไกลการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม

....

<u>คำชี้แจง</u> : ครูผู้สอนทำการประเมินผู้เรียนจากการนำเสนอแบบจำลอง ประกอบกับการใช้คำถามเพื่อพิจารณา โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนตามระดับเกณฑ์การประเมิน

ที่	ชื่อ-สกุล	การประเมินกระบวนการคิดเชิงระบบ						รวมคะแนน
		การวิเคราะห์ระบบที่มอบให้	การระบุสาเหตุความเชื่อมโยงของระบบ	อธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบ	เขียนความสัมพันธ์ของระบบในรูปแผนภาพ	อธิบายแผนภาพที่สร้างขึ้น	เสนอแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์	
		2	2	2	2	2	2	12

หมายเหตุ

....

....

ลงชื่อ...ผู้ประประเมิน

(...)

วันที่.........เดือน...........................พ.ศ...........

เกณฑ์การให้คะแนนจากพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
การวิเคราะห์ระบบที่มอบให้	ระบุองค์ประกอบครบถ้วนถูกต้อง	ระบุองค์ประกอบได้อย่างน้อย 1 ส่วน	ไม่สามารถระบุองค์ประกอบย่อยได้
การระบุสาเหตุความเชื่อมโยงของระบบ	ระบุสาเหตุความเชื่อมโยงของระบบครบถ้วนถูกต้อง	ระบุสาเหตุความเชื่อมโยงของระบบอย่างน้อย 1 คู่	ไม่ระบุสาเหตุความเชื่อมโยงของระบบ
อธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบ	อธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบครบถ้วนถูกต้อง	อธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบได้แต่ไม่ครบ	ไม่สามารถอธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบได้
เขียนความสัมพันธ์ของระบบในรูปแผนภาพ	เขียนความสัมพันธ์ของระบบครบองค์ประกอบ	เขียนความสัมพันธ์ของระบบได้แต่ไม่ครบองค์ประกอบ	ไม่สามารถเขียนความสัมพันธ์ของระบบ
อธิบายแผนภาพที่สร้างขึ้น	อธิบายแผนภาพที่สร้างขึ้นถูกต้องครบถ้วน	อธิบายแผนภาพที่สร้างขึ้นถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	ไม่สามารถอธิบายแผนภาพที่สร้างขึ้นได้
เชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้น	เชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผล	เชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผลแต่ขาดบางประเด็น	ไม่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผล

ใบกิจกรรม 1 เรื่อง สิวเกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันอย่างไร

4. การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ โดยเฉพาะแบคทีเรีย *Cutibacterium acnes* หรือชื่อเดิมคือ *Propionibacterium acnes* เป็นแบคเรียที่ชอบกินไขมัน การเจริญของ *C. acnes* ภายในรูขุมขนจะให้ผลพลอยได้เป็นสารประกอบทางเคมีและชีวเคมีต่าง ๆ ที่ไปกระตุ้นให้เกิดการอักเสบตามมา

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากปรากฏการณ์ที่กำหนดให้ เกี่ยวกับการทำงานของระบบใด

<u>ตอบ</u>

....

....

2. องค์ประกอบของระบบมีอะไรบ้างมีความเชื่อมโยงกันอย่างไร

<u>ตอบ</u>

....

....

3. ให้นักเรียนอธิบายในมุมมองของการทำงานของระบบที่ทำให้เกิดสิว

<u>ตอบ</u>

....

....

....

4. ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบในรูปแผนภาพ

5. ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น

<u>ตอบ</u>

....

....

....

6. ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเป็นสิวอย่างสร้างสรรค์มาให้มากที่สุด

<u>ตอบ</u>

....

....

....

ผลการเรียนรู้ของนักเรียนและปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนการสอน

....

....

แนวทางการการแก้ปัญหาหรือปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป (Action plan)

....

....

ลงชื่อ .... (นิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู)

ความเห็นของหัวหน้าสถานศึกษา/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

ได้ทำการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้แล้วมีความคิดเห็นดังนี้

1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้
   - ☐ ครบถ้วนและถูกต้อง
   - ☐ ยังไม่ครบถ้วนหรือไม่ถูกต้อง ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
2. ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับหลักสูตรสถานศึกษา
   - ☐ สอดคล้อง
   - ☐ ยังไม่สอดคล้อง ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
3. รูปแบบของการจัดการเรียนรู้
   - ☐ เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
   - ☐ ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
4. สื่อการเรียนรู้
   - ☐ เหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้
   - ☐ ยังไม่เหมาะ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
5. การประเมินผลการเรียนรู้
   - ☐ ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้
   - ☐ ยังไม่ครอบคลุมประสงค์การเรียนรู้ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป
6. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

....

....

ลงชื่อ ....

ตำแหน่ง ครูชำนาญการพิเศษ

(ครูพี่เลี้ยง นางสาวศรัญญา มงคล)

4. แบบประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ และโปรดระบุข้อความลงในช่องว่าง

ตอนที่ 1 การประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

คำชี้แจง โปรดพิจารณาและแสดงความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมี 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		มาก ที่สุด (5)	มาก (4)	ปาน กลาง (3)	น้อย (2)	น้อย ที่สุด (1)
1	**สาระสำคัญ**					
	- เนื้อหามีความถูกต้อง					
	- ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย					
2	**ผลการเรียนรู้**					
	- ผลการเรียนรู้ถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปีพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปีพุทธศักราช 2560)					
3	**จุดประสงค์การเรียนรู้**					
	- สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของรายวิชา					
	- ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงระบบ					
	- ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ					
	- ระบุถึงพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน					
	- มีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
4	**กิจกรรมการเรียนรู้**					
	- กิจกรรมเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน					
	- ครูผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองจริง					
	- กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ					
	- การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี					
	- การสร้างแบบจำลองทำให้เข้าใจเป็นระบบมากขึ้น					
	- แบบจำลองที่สร้างไม่ยากเหมาะกับผู้เรียน					
	- ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม					
	- ครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำเสมอ					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
5	**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**					
	- เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน					
	- ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้เข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น					
	- เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนตามสาระการเรียนรู้					
	- สามารถใช้ทบทวนย้อนหลังได้					
6	**ชิ้นงานหรือภาระงาน**					
	- ให้ระยะเวลาทำที่เหมาะสม					
	- ไม่ยากเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
7	**การวัดและประเมินผล**					
	- การวัดและประเมินผลครบผลการเรียนรู้					
	- แบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์					
	- เกณฑ์การประเมินผลเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

....

ลงชื่อ...ผู้เชี่ยวชาญ

(..)

ตำแหน่ง..

5. แบบประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และโปรดระบุข้อความลงในช่องว่าง

<u>การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)</u>

การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่เป็นการมองภาพอย่างองค์รวมเข้าใจภาพรวมทั้งระบบทุกส่วนมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นขั้นตอนตามความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุและผลกันของส่วนประกอบย่อยหรือหน่วยต่างๆ อย่างอิสระเป็นเหตุเป็นผลชัดเจน ไม่มองเฉพาะส่วน ซึ่งการคิดเชิงระบบยังได้มีการนิยามปัญหา ด้วยการตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของ การคิดเชิงระบบไว้ 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ

1. การคิดแบบองค์รวม หมายถึง การคิดที่เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมด เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่มองเฉพาะส่วน ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น และการระบุตัวแปรที่เป็นสาเหตุของปัญหา

2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง หมายถึง เป็นการคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ของตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นเหตุและผลในรูปแผนภาพ

3. การคิดแก้ปัญหา หมายถึง เป็นการคิดที่เห็นทุกส่วนมีการเชื่อมต่อ ก่อให้เกิดเป็นวงจรย้อนกลับเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ได้แก่ การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ตอนที่ 1 ประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของท่าน

คำชี้แจง แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ด้านเนื้อหาการเรียนเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ ขอให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านและกรุณาเขียนข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดสอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบวัดสอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

-1 หมายถึง แบบวัดไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างยิ่งที่เสียสละเวลา ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในครั้งนี้

นางสาววรรณชนก เปรมบุญ
ผู้วิจัย

ตาราง แสดงเกณฑ์การวัดการทดสอบความสามารถในการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาจาก ตัวบ่งชี้ตามแบบของ ปารมี ศรีบุญทิพย์ (2560)

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ลักษณะการเขียนตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
1.การคิดแบบองค์รวม		
1.1 การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	วิเคราะห์โดยบอกหลักการที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง	2
	บอกหลักการได้ได้แต่ไม่ตรงประเด็น	1
	ไม่เขียนตอบ	0
1.2 ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป	2
	ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 1 – 2 ประเด็น	1
	ไม่เขียนตอบ	0
2.การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง		
2.1 ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 3 คู่ขึ้นไป	2
	ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 1 - 2 คู่	1
	ไม่เขียนตอบ	0
2.2 เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 3 ตัวขึ้นไป	2
	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 2 ตัว	1
	ไม่เขียนตอบ	0

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ลักษณะการเขียนตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
3.การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์		
3.1 อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	เขียนอธิบายแผนภาพได้อย่างครอบคลุมสมเหตุสมผล	2
	เขียนอธิบายแผนภาพได้ยังไม่ครอบคลุมสมเหตุสมผล	1
	ไม่เขียนตอบ	0
3.2 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา (ตามสถานการณ์ที่ให้ในแต่ละใบงาน)	เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 3 ประเด็นขึ้นไป	2
	เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 1 - 2 ประเด็น	1
	ไม่เขียนตอบ	0

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ จำนวน 1 สถานการณ์ มี 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 2 ข้อ คะแนนเต็มองค์ประกอบละ 4 คะแนน

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ จำนวน 1 สถานการณ์ จำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน

ประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบ

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	เกณฑ์การให้คะแนนและลักษณะการเขียนตอบ	ระดับความเหมาะสม			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
1. การคิดแบบองค์รวม					
1.1 การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระดับ 2 คะแนน วิเคราะห์โดยเขียนบอกหลักการที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง				
	ระดับ 1 คะแนน เขียนบอกหลักการได้ได้แต่ไม่ตรงประเด็น				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				
1.2 ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	ระดับ 2 คะแนน เขียนระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป				
	ระดับ 1 คะแนน เขียนระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้ได้ถูกต้อง 1 – 2 ประเด็น				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				
2.การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง					
2.1 ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	ระดับ 2 คะแนน ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 3 คู่ขึ้นไป				
	ระดับ 1 คะแนน ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้นได้ถูกต้อง 1 - 2 คู่				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	เกณฑ์การให้คะแนนและลักษณะการเขียนตอบ	ระดับความเหมาะสม			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	-1	
2.2 เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	ระดับ 2 คะแนน เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 3 ตัวขึ้นไป				
	ระดับ 1 คะแนน เขียนแผนภาพความสัมพันธ์ในองค์ประกอบย่อยได้ 2 ตัว				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				
3.การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์					
3.1 อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	ระดับ 2 คะแนน เขียนอธิบายแผนภาพได้อย่างครอบคลุมสมเหตุสมผล				
	ระดับ 1 คะแนน เขียนอธิบายแผนภาพได้ยังไม่ครอบคลุมสมเหตุสมผล				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				
3.2 เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา (ตามสถานการณ์ที่ให้ในแต่ละใบงาน)	ระดับ 2 คะแนน เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 3 ประเด็นขึ้นไป				
	ระดับ 1 คะแนน เขียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ได้ชัดเจน 1 - 2 ประเด็น				
	ระดับ 0 คะแนน ไม่เขียนตอบ				

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

ลงนาม..ผู้เชี่ยวชาญ

(..)

6. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

ตอนที่ 1 แบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาพิจารณาความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ด้านเนื้อหาการเรียนเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ ขอให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านและกรุณาเขียนข้อเสนอแนะอื่น ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแบบวัดสอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแบบวัดสอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

-1 หมายถึง แบบวัดไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ระบุไว้

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และโปรดระบุข้อความลงในช่องว่าง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างยิ่งที่เสียสละเวลา ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในครั้งนี้

นางสาววรรณชนก เปรมบุญ

ผู้วิจัย

การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่เป็นการมองภาพอย่างองค์รวมเข้าใจภาพรวมทั้งระบบทุกส่วนมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างเป็นขั้นตอนตามความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุและผลกันของส่วนประกอบย่อยหรือหน่วยต่างๆ อย่างอิสระเป็นเหตุเป็นผลชัดเจน ไม่มองเฉพาะส่วน ซึ่งการคิดเชิงระบบยังได้มีการนิยามปัญหา ด้วยการตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดองค์ประกอบของ การคิดเชิงระบบไว้ 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ

1. การคิดแบบองค์รวม หมายถึง การคิดที่เป็นการมองในภาพรวมทั้งหมด เข้าใจในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่มองเฉพาะส่วน ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น และการระบุตัวแปรที่เป็นสาเหตุของปัญหา

2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง หมายถึง เป็นการคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ของตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นเหตุและผลในรูปแผนภาพ

3. การคิดแก้ปัญหา หมายถึง เป็นการคิดที่เห็นทุกส่วนมีการเชื่อมต่อ ก่อให้เกิดเป็นวงจรย้อนกลับเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ได้แก่ การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น และเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหา

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ร่างกายจะมีการป้องกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายต่อร่างกายโดยระบบภูมิคุ้มกัน (Immune System) สิ่งแปลกปลอมหรือเชื้อโรคไม่สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยง่าย เพราะร่างกายมีกลไกต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมเหล่านั้น ซึ่งแบ่งได้เป็นแบบไม่จำเพาะ(Nonspecific Defense) และแบบจำเพาะ (Specific Defense)

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ

กลไกการป้องกันด่านแรก (1^{st} Line Defense) เป็นกลไกป้องกันขั้นแรกที่คอบปกป้องร่างกายจากสิ่งแปลกปลอม เช่น ผิวหนังมีเคราตินซึ่ง เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบอัดแน่นภายในเซลล์และเรียงตัวกันหลายชั้น ช่วยป้องกันการเข้าออกของสิ่งต่าง ๆ ได้ผิวหนังบางบริเวณยังมีต่อมเหงื่อและต่อมไขมันหลั่งสารบางชนิด เช่นกรดไขมัน กรดแลกติก ทำให้ผิวหนังมีสภาพเป็นกรดซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด นอกจากนี้ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ ท่อปัสสาวะ ช่องคลอด ซึ่งติดต่อกับภายนอกยังมีเยื่อบุที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของสาร มีการสร้างเมือกและมีซีเลียคอยดักจับสิ่งแปลกปลอมและพัดออกนอกร่างกาย และพบว่าในน้ำตาและน้ำลายมีไลโซไซม์ที่ช่วยทำลายเชื้อโรคบางชนิดได้ในกระเพาะอาหารมีสภาพเป็นกรดและมีเอนไซม์

ช่วยย่อยและทำลายจุลินทรีย์บางชนิดได้แต่ถ้าสิ่งแปลกปลอมผ่านด่านป้องกันดังกล่าวข้างต้นเข้าสู่ร่างกายได้ร่างกายจะมีกลไก

การป้องกันด่านที่สอง (2nd Line Defense) ซึ่งจะต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอมโดยกระบวนการ ฟาโกไซโทซิส (Phagocytosis) ของเม็ดเลือดขาวพวกโมโนไซต์(Monocyte) ซึ่งออกจากกระแสเลือดไปยังเนื้อเยื่อและมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกว่าแมโครฟาจ (Macrophage) และยังมีเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลล์(Neutrophils) กับอีโอซิโนฟิลล์(Eosinophil) ช่วยทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ด้วยนอกจากนี้การอักเสบ (Inflammation) ยังเป็นกระบวนการต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย โดยผ่านกลไกต่าง ๆ เพื่อยับยั้งและดึงดูดองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบภูมิคุ้มกันมายังบริเวณนั้น โดยกระบวนการอักเสบเริ่มต้นจากการมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาบริเวณที่เกิดบาดแผล ส่งผลให้เซลล์มาโครฟาจ และแมสต์เซลล์ (Mast cell) ที่บาดแผลส่งสัญญาณทำให้หลอดเลือดบริเวณบาดแผลขยายตัวขึ้นทำให้เลือดไหลมาบริเวณบาดแผลมากขึ้นไซโตไคน์(Cytokine) จากบาดแผลจะดึงดูดให้ฟาโกไซต์มาที่แผลมากขึ้น กระบวนการอักเสบ ประกอบอาการหลัก 4 อาการ คือ ปวด (Pain, Dolor), บวม (Swelling, Tumor), แดง (Redness, Rubor) และร้อน (Heat, Calor)

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ

กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะเกี่ยวข้องกับการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ได้แก่ เซลล์บี(B-cell) และเซลล์ที(T- cell)

การทำงานของเซลล์บี เมื่อมีแอนติเจน (Antigen) ถูกทำลายด้วยวิธีฟาโกไซโทซิส ชิ้นส่วนที่ถูกทำลายจะไปกระตุ้นให้เซลล์บีเพิ่มจำนวน เซลล์บีบางเซลล์ขยายขนาดและเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่สร้างแอนติบอดี(Antibody) จำเพาะต่อแอนติเจน เรียกว่า เซลล์พลาสมา (Plasma Cell) เซลล์ที่ได้จากการที่เซลล์บีแบ่งตัวบางเซลล์จำทำหน้าที่เป็นเซลล์เมมเมอรี(Memory Cell) คือจดจำแอนติเจนนั้น ๆ ไว้ ถ้ามีแอนติเจนนี้เข้าสู่ร่างกายอีก เซลล์เมมเมอรีจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และเจริญเป็นเซลล์พลาสมา สร้างแอนติบอดีออกมาทำลายแอนติเจน

การทำงานของเซลล์ที เซลล์ทีรับรู้แอนติเจนแต่ละชนิด เช่น เซลล์ทีบางตัวจะรับรู้แอนติเจนที่เป็นไวรัสตับอักเสบเซลล์ทีบางตัวรับรู้แอนติเจนที่เป็นเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น เซลล์ทีตัวแรกที่ตรวจจับแอนติเจนเรียกว่า เซลล์ทีผู้ช่วย (Helper T Cell) จะทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์บีให้สร้างแอนติบอดีมาต่อต้านแอนติเจน หรือกระตุ้นการทำงานของเซลล์ทีอื่น เช่น เซลล์ทีที่ทำลายสิ่งแปลกปลอม (Cytotoxic T Cell) หรือเซลล์ที่มีสิ่งแปลกปลอม เช่น เซลล์มะเร็ง เซลล์ที่ติดไวรัส เซลล์จากอวัยวะที่ร่างกายได้รับการปลูกถ่าย เซลล์ทีบางเซลล์ทำหน้าที่ควบคุมการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันเรียกว่า เซลล์ทีกดภูมิคุ้มกัน (Suspressor T cell) โดยสร้างสารไปกดการทำงานของเซลล์บีหรือเซลล์ทีอื่นๆ

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม		1. การเกิดแผลหนอง ที่มา: https://hellokhunmor.com/%e0			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ ที่กำหนดให้	1.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้น?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	1.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดหลักการนั้นมาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	1.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดกระบวนการนี้			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	1.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบที่ใช้กับสถานการณ์ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	1.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	1.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันตัวเอง เพื่อไม่ให้เจอกับการเกิดแผลหนองให้มากที่สุด			

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
กลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม		2. "มะเร็ง" คืออะไร? อะไรคือ "มะเร็ง" ที่มา: https://www.khonkaenram.com/th/			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	2.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบายอาการป่วยที่เกิดขึ้น?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	2.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดหลักการนั้นมาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	2.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดปัญหา			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	2.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบที่ใช้กับสถานการณ์ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	2.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	2.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันตัวเอง เพื่อไม่ให้เจอกับโรคนี้ให้มากที่สุด			

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน		3. The Story of Antivenom เซรุ่มรักษาพิษงู ที่มา: https://readvpn.com/Topic/Info/60a6			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	3.1 จากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบายที่เกิดขึ้น?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	3.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดหลักถูกพิษงูนั้นมาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	3.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในระบบการทำงานของเซรุ่ม			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	3.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบภูมิคุ้มกันที่ใช้กับข้อมูลที่ให้ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	3.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	3.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันตัวเอง จากการถูกพิษงูนี้ให้มากที่สุด			

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
การสร้างเสริมภูมิคุ้มกัน		4. “น้ำนมแม่” ประโยชน์แท้จากธรรมชาติ ที่มา: https://multimedia.anamai.moph.go.th/			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	4.1 จากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบาย?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	4.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดภูมิคุ้มกันแก่ทารกนั้นมาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	4.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดภูมิคุ้มกันแก้ทารก			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	4.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบภูมิคุ้มกันที่ใช้กับข้อมูลที่ให้ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	4.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	4.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการส่งเสริมการให้ลูกกินนมจากแม่นี้ให้มากที่สุด			

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน		5. โรคภูมิแพ้คืออะไร? ที่มา: https://www.samitivejhospitals.com/th			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	5.1 จากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบาย?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	5.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคภูมิแพ้มาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	5.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้มาให้มากที่สุด			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	5.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบภูมิคุ้มกันที่ใช้กับข้อมูลที่ให้ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	5.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	5.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันหรือระวังตัวสำหรับคนที่เป็นโรคภูมิแพ้นี้มาให้มากที่สุด			

เนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	ตัวบ่งชี้ การคิดเชิงระบบ	สถานการณ์/ข้อคำถาม	คะแนนความสอดคล้อง		
			+1	0	-1
ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน		6. ทำความรู้จักโรคติดเชื้อ HIV เอชไอวี ที่มา: https://www.rama.mahidol.ac.th/			
	- การวิเคราะห์หลักการที่ใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้	6.1 จากข้อมูลที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบาย?			
	- ระบุสาเหตุที่ต้องใช้หลักการนี้	6.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคนี้มาให้มากที่สุด			
	- ระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในหลักการนั้น	6.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดโรคนี้ให้มากที่สุด			
	- เขียนความสัมพันธ์องค์ประกอบย่อยในรูปแบบแผนภาพ	6.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบภูมิคุ้มกันที่ใช้กับข้อมูลที่ให้ในรูปแผนภาพ			
	- อธิบายแผนภาพวงจรของหลักการนั้นได้	6.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น			
	- เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา	6.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันหรือระวังตัวสำหรับป้องกันเชื้อตัวนี้นี้มาให้มากที่สุด			

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

ลงนาม..ผู้เชี่ยวชาญ

(..)

7. ตัวอย่างแบบวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แบบวัดการคิดเชิงระบบ

คำชี้แจง: แบบวัดการคิดเชิงระบบนี้ เป็นแบบวัดที่พัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบวัดความสามารถการคิดเชิงระบบจะมีสถานการณ์ให้ข้อมูลกับผู้ทำแบบวัดใน 1 สถานการณ์ จะประกอบด้วยข้อคำถามย่อยจำนวน 6 ข้อ ให้ระยะเวลาทำ 1.30 ชม. พิจารณาคำถามแล้วให้เติมคำตอบลงในกระดาษที่กำหนดให้

<u>ข้อมูลของสถานการณ์ที่ 1 การเกิดแผลหนอง</u>

ที่มา: https://hellokhunmor.com/%e0

แผลหนอง คืออะไร?

แผลหนอง คือ บาดแผลที่มีการติดเชื้อจนอักเสบและลุกลามเป็นบริเวณกว้าง ส่งผลให้มีน้ำหนองไหลออกมาจากแผล บริเวณแผลบวม แดง ร้อน และปวด เนื่องจากเซลล์เนื้อเยื่อที่ตายแล้ว เชื้อโรค และเซลล์เม็ดเลือดขาวบริเวณแผลรวมตัวกับของเหลวใสที่ร่างกายผลิตขึ้นมาเพื่อช่วยสมานแผลจนกลายเป็นแผลหนอง โดยหนองจะค่อย ๆ ขยายตัวเมื่อการติดเชื้อเริ่มแย่ลง อาการของแผลหนอง อาการของแผลหนองอาจมีดังนี้ มีไข้ มีรอยแดงรอบๆ แผลมีอาการปวดและบวมบริเวณแผล ซึ่ง ปัจจัยเสี่ยงในการเกิดแผลหนอง ปัจจัยเสี่ยงที่อาจทำให้แผลติดเชื้อและกลายเป็นแผลหนองได้ มีดังนี้

แผลสัมผัสเชื้อโรค เช่น เชื้อโรคที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศ เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 หรือโรคอ้วน เป็นบาดแผลที่เกิดจากสัตว์หรือมนุษย์กัด มีวัตถุแปลกปลอมในแผล เช่น แก้ว ไม้ แผลมีขนาดใหญ่และลึก มีระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง เช่น โรคเอดส์ สูบบุหรี่เป็นประจำ อาจทำให้หลอดเลือดเล็กตีบ ส่งผลให้เลือดไม่สามารถไหลเวียนไปรักษาบาดแผลได้อย่างเหมาะสม

คำชี้แจง: จากข้อมูลข้างต้น ให้นักเรียนเขียนบรรยายตอบข้อคำถามต่อไปนี้

1.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ใช้หลักการอะไรในเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้น?

คำตอบ

....

....

1.2 ให้นักเรียนเขียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดหลักการนั้นมาให้มากที่สุด

คำตอบ

....

....

1.3 ให้นักเรียนเขียนระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่ทำให้เกิดกระบวนการนี้

คำตอบ

....

....

1.4 ให้นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ของระบบที่ใช้กับสถานการณ์ในรูปแผนภาพ

1.5 ให้นักเรียนเขียนอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น

<u>คำตอบ</u>

....

....

1.6 ให้นักเรียนเสนอแนวทางในการป้องกันตัวเอง เพื่อไม่ให้เจอกับการเกิดแผลหนองให้มากที่สุด

<u>คำตอบ</u>

....

....

8. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
โรงเรียนบางกระทุ่มพิทยาคม

....

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ประเด็นคำถาม	คะแนนการพิจารณา					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
1. ด้านสาระการเรียนรู้						
1.1 เนื้อหาครบถ้วนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้						
1.2 มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา วิธีการเรียนการสอน ภาระงานที่ต้องทำ และการประเมินผลในบทเรียนให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า						
1.3 เนื้อหาที่สอนทันสมัยนำไปใช้ได้จริง						
1.4 ลำดับเนื้อหาทำให้เชื่อมต่อกับเรื่องถัดไปได้ง่าย						
2. ด้านการจัดการเรียนรู้						
2.1 ครูผู้สอนมีความสนใจผู้เรียนอยู่ตลอดเวลา						
2.2 ระยะเวลาที่ครูผู้สอนกำหนดเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย						
2.3 ครูผู้สอนชี้แจงถึงลำดับกิจกรรมและอธิบายจนนักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรม						
2.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยนักเรียนไม่ยากเกินไป						
2.5 ครูผู้สอนอธิบายเรื่องแบบจำลองให้นักเรียนเกิดความเข้าใจก่อนมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรม						
2.6 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้ดีขึ้น						

ประเด็นคำถาม	คะแนนการพิจารณา					ข้อเสนอแนะ
	5	4	3	2	1	
2.7 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบของเรื่องที่ศึกษาได้มากขึ้น						
2.8 แบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย						
3. ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้						
3.1 สื่อการสอนมีความทันสมัย สามารถทบทวนย้อนหลังได้						
3.2 เปิดกว้าง มีสื่อที่หลากหลาย มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
3.3 อุปกรณ์ที่ครูผู้สอนเตรียมให้เหมาะสมในการทำกิจกรรม						
3.4 อุปกรณ์เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนทุกครั้ง						

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ผลการประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. ผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
4. ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
5. ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
6. ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
7. ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
8. ผลการศึกษาความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
1.	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีการอธิบายรายละเอียด ไว้ชัดเจน สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้ง่าย	4	4	5	4.33	0.58	มาก
2.	ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ครูมีหน้าที่ในการช่วยเหลือเมื่อมีปัญหา	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3.	ชิ้นงานแบบจำลองที่มอบหมายมีความเหมาะสมกับวัยผู้เรียนไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนสามารถเข้าใจได้ง่าย	4	4	5	4.33	0.58	มาก
4.	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ กับเพื่อนในชั้นเรียน	4	5	5	4.67	0.00	มากที่สุด
5.	หลักการของรูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
6.	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
7.	กิจกรรมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
8.	กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบเหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
9.	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน ได้	4	4	5	4.33	0.58	มาก
10.	การกำหนดบทบาทของผู้สอนมีความเหมาะสมสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
	ผลรวมเฉลี่ย				4.33	0.51	มากที่สุด

2. ผลการประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการประเมินแผนประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			$\overline{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
1.	**สาระสำคัญ**						
	- เนื้อหามีความถูกต้อง	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	- ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย				4.83	0.41	มากที่สุด
2.	**ผลการเรียนรู้**						
	- ผลการเรียนรู้ถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานปีพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง ปีพุทธศักราช 2560)	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3.	**จุดประสงค์การเรียนรู้**						
	- สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของรายวิชา	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	- ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงระบบ	4	4	4	4.00	0.00	มาก
	- ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- ระบุถึงพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินผลได้อย่างชัดเจน	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย				4.60	0.51	มากที่สุด
4.	**กิจกรรมการเรียนรู้**						
	- กิจกรรมเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- ครูผู้สอนให้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองจริง	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
	- กิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		คนที่1	คนที่2	คนที่3			
	- การสร้างแบบจำลองทำให้เข้าใจเป็นระบบมากขึ้น	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- แบบจำลองที่สร้างไม่ยากเหมาะกับผู้เรียน	4	4	5	4.33	0.58	มาก
	- ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	มาก
	- ครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำเสมอ	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย				4.58	0.50	มากที่สุด
5.	**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**						
	- เหมาะสมกับวัยและความสามารถของนักเรียน	4	4	5	4.33	0.58	มาก
	- ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้เข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น	5	4	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- เนื้อหาถูกต้องครบถ้วนตามสาระการเรียนรู้	4	4	5	4.33	0.58	มาก
	- สามารถใช้ทบทวนย้อนหลังได้	4	4	5	4.33	0.58	มาก
	เฉลี่ย				4.42	0.51	มาก
6.	**ชิ้นงานหรือภาระงาน**						
	- ให้ระยะเวลาทำที่เหมาะสม	4	4	4	4.00	0.00	มาก
	- ไม่ยากเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4.33	0.58	มาก
	เฉลี่ย				4.17	0.41	มาก
7.	**การวัดและประเมินผล**						
	- การวัดและประเมินผลครบผลการเรียนรู้	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
	- แบบทดสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์	3	4	4	3.67	0.00	มาก
	- เกณฑ์การประเมินผลเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย	3	4	4	3.67	0.00	มาก
	เฉลี่ย				4.00	0.71	มาก
	เฉลี่ยรวม				4.51	0.55	มากที่สุด

3. ผลการประเมินความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษา เวลา และผลของการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังตารางที่ 20 และ 21 ตามลำดับ

ตารางที่ 20 แสดงการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาและเวลา

ประเด็น	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ด้านเนื้อหา	- เนื้อหาสำหรับเรื่องระบบภูมิคุ้มกันเป็นเนื้อหาที่เน้นให้รู้ถึงระบบการทำงานภายในเซลล์ ทำให้ผู้เรียนนึกภาพระบบไม่ออก และคำศัพท์เยอะมากยากต่อการจดจำทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจในเนื้อหา	- เพิ่มสื่อการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมองภาพของระบบเป็นลำดับเพื่อให้ผู้เรียนจดจำเป็นลำดับซึ่งจะทำให้สามารถจำศัพท์ได้ ปรับสื่อและเพิ่มวิธีการให้เหมาะกับเนื้อหา
ด้านภาษา	- ผู้เรียนยังไม่เข้าใจถึงใบงานที่ผู้สอนมอบหมายให้ทำให้ไม่สามารถทำบางข้อได้	- อธิบายคำถามในแบบทดสอบหรือใบงานให้ชัดเจน ให้ผู้เรียนเปิดดูและสอบถามก่อนลงมือทำหรือก่อนนำกลับไปทำที่บ้าน
	- ผู้เรียนยังไม่เข้าใจชิ้นงานแบบจำลองที่ผู้สอนให้สร้างขึ้น	- ผู้สอนอธิบายขอบเขตข้อจำกัดของแบบจำลองให้ชัดเจน พร้อมยกตัวอย่าง
ด้านเวลา	- เวลาที่ให้ทำใบงานหรือแบบทดสอบค่อนข้างน้อย ผู้เรียนทำไม่ทัน เพราะส่วนใหญ่เน้นการเขียนและการสร้างชิ้นงาน	- เพิ่มเวลา หรือปรับเป็นระบบกลุ่มเพื่อช่วยกันสืบค้นและแสดงความคิดเห็น

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75 กับนักเรียน จำนวน 9 คน

คนที่	คะแนนระหว่างการจัดการเรียนรู้					**แบบทดสอบหลังเรียน 36 คะแนน (E_2)**
	ครั้งที่ 1 12 คะแนน	**ครั้งที่ 2** 12 คะแนน	**ครั้งที่ 3** 12 คะแนน	**ครั้งที่ 4** 12 คะแนน	**รวม 48 คะแนน (E_1)**	
1	8	10	11	10	39	32
2	9	9	10	10	38	29
3	11	9	9	11	40	30
4	7	9	10	10	36	28
5	8	8	8	9	33	27
6	9	11	8	10	38	21
7	7	9	7	8	31	24
8	8	7	8	9	32	29
9	9	8	10	11	38	24
รวม	76	80	81	88	325	244
เฉลี่ย	8.44	8.89	9.00	9.78	36.11	27.11
ร้อยละ	70.37	74.07	75.00	81.48	75.23	75.31
รวมเฉลี่ย E_1/E_2 = 75.23/75.31						

4. ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ของเกณฑ์ให้คะแนนกับตัวบ่งชี้แบบวัดการคิดเชิงระบบ จากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 22 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**		
1.การคิดแบบองค์รวม					
1.1.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
1.1.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
1.1.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
1.2.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
1.2.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
1.2.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
2.การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง					
2.1.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2.1.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2.1.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
2.2.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2.2.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
2.2.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
3.การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์					
3.1.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3.1.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3.1.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
3.2.1	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3.2.2	+1	+1	+1	1.00	สอดคล้อง
3.2.3	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง

5. ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 23 ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของของแบบวัดการคิดเชิงระบบกับเนื้อหาเรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน และองค์ประกอบในการวัดการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
สถานการณ์ที่ 1					
1.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.2	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
1.3	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
1.4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
1.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2					
2.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.2	0	0	+1	0.33	ตัดทิ้ง
2.3	0	0	+1	0.33	ตัดทิ้ง
2.4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3					
3.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.4	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
3.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4					
4.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
4.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
สถานการณ์ที่ 5					
5.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.4	0	+1	+1	0.67	ใช้ได้
5.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 6					
6.1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6.2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6.3	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6.4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6.5	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
6.6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

สรุปผลการประเมินความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ พบว่า ข้อคำถามจำนวน 36 ข้อ มีความสอดคล้อง และสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด 34 ข้อ

6. ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดการคิดเชิงระบบ แสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	สรุปผล
สถานการณ์ที่*					
1.1	0.30	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
1.2	0.52	ใช้ได้	0.75	ใช้ได้	ใช้ได้
1.3	0.60	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
1.4	0.47	ใช้ได้	0.75	ใช้ได้	ใช้ได้
1.5	0.67	ใช้ได้	0.35	ใช้ได้	ใช้ได้
1.6	0.47	ใช้ได้	0.75	ใช้ได้	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2					
2.1	0.40	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
2.2	0.70	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้
2.3	0.30	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
2.4	0.65	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
2.5	0.72	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้
2.6	0.55	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3					
3.1	0.25	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
3.2	0.70	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
3.3	0.62	ใช้ได้	0.35	ใช้ได้	ใช้ได้
3.4	0.57	ใช้ได้	0.15	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง
3.5	0.25	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
3.6	0.62	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 4					
4.1	0.65	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
4.2	0.55	ใช้ได้	0.10	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง
4.3	0.65	ใช้ได้	0.50	ใช้ได้	ใช้ได้
4.4	0.57	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้
4.5	0.40	ใช้ได้	0.80	ใช้ได้	ใช้ได้
4.6	0.55	ใช้ได้	0.30	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ค่าความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	สรุปผล
สถานการณ์ที่ 5*					
5.1	0.57	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
5.2	0.57	ใช้ได้	0.25	ใช้ได้	ใช้ได้
5.3	0.35	ใช้ได้	0.70	ใช้ได้	ใช้ได้
5.4	0.62	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
5.5	0.20	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
5.6	0.42	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 6*					
6.1	0.30	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
6.2	0.57	ใช้ได้	0.45	ใช้ได้	ใช้ได้
6.3	0.20	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
6.4	0.65	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	ใช้ได้
6.5	0.60	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
6.6	0.75	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	ใช้ได้

หมายเหตุ : * แทนสถานการณ์ที่ผู้วิจัยเลือกไปใช้ จำนวน 3 สถานการณ์

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดเชิงระบบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95

7. ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการเปรียบเทียบคะแนนการคิดเชิงระบบระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

t-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	Pre-test	13.55	40	2.48
	Posttest	26.38	40	3.48

Paired Samples Test

		Paired Differences			t	df	Sig.(2-tailed)	Sig.(1-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean				
Pair 1	Posttest - Pretest	12.83	3.46	0.55	23.4208	39	0.0000	0.0000

8. ผลการศึกษาความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการศึกษาความพึงพอใจสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ด้าน	รายการประเมิน	จำนวนนักเรียนที่ประเมิน					$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		5	4	3	2	1			
1.	**ด้านสาระการเรียนรู้**								
	1.1 เนื้อหาครบถ้วนบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนรู้	16	20	4	-	-	4.30	0.64	มาก
	1.2 มีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา วิธีการเรียนการสอน ภาระงานที่ต้องทำ และการประเมินผลในบทเรียนให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	17	18	5	-	-	4.30	0.68	มาก
	1.3 เนื้อหาที่สอนทันสมัยนำไปใช้ได้จริง	19	15	6	-	-	4.33	0.72	มาก
	1.4 ลำดับเนื้อหาทำให้เชื่อมต่อกับเรื่องถัดไปได้ง่าย	21	16	3	-	-	4.45	0.63	มาก
	เฉลี่ย						4.34	0.67	มาก
2.	**ด้านการจัดการเรียนรู้**								
	2.1 ครูผู้สอนมีความสนใจผู้เรียนอยู่ตลอดเวลา	19	14	7	-	-	4.30	0.75	มาก
	2.2 ระยะเวลาที่ครูผู้สอนกำหนดเหมาะสมกับงานที่ได้รับมอบหมาย	14	16	10	-	-	4.10	0.77	มาก
	2.3 ครูผู้สอนชี้แจงถึงลำดับกิจกรรมและอธิบายจนนักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรม	12	20	8	-	-	4.10	0.70	มาก
	2.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยนักเรียนไม่ยากเกินไป	15	19	6	-	-	4.23	0.69	มาก

ด้าน	รายการประเมิน	จำนวนนักเรียนที่ประเมิน					$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
		5	4	3	2	1			
2. (ต่อ)	2.5 ครูผู้สอนอธิบายเรื่องแบบจำลองให้นักเรียนเกิดความเข้าใจก่อนมอบหมายให้นักเรียนทำกิจกรรม	10	21	9	-	-	4.03	0.69	มาก
	2.6 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้ดีขึ้น	19	16	5	-	-	4.35	0.69	มาก
	2.7 การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบของเรื่องที่ศึกษาได้มากขึ้น	17	15	8	-	-	4.23	0.76	มาก
	2.8 แบบจำลองทำให้นักเรียนเข้าใจระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย	16	17	7	-	-	4.23	0.72	มาก
	เฉลี่ย						4.19	0.72	มาก
3.	**ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้**								
	3.1 สื่อการสอนมีความทันสมัยสามารถทบทวนย้อนหลังได้	18	16	6	-	-	4.30	0.71	มาก
	3.2 เปิดกว้าง มีสื่อที่หลากหลาย มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	17	15	8	-	-	4.23	0.76	มาก
	3.3 อุปกรณ์ที่ครูผู้สอนเตรียมให้เหมาะสมในการทำกิจกรรม	22	14	4	-	-	4.45	0.67	มาก
	3.4 อุปกรณ์เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนทุกครั้ง	25	12	3	-	-	4.55	0.63	มากที่สุด
	เฉลี่ย						4.38	0.69	มาก
4.	**ด้านการวัดและประเมินผล**								
	1.1 ครบทุกจุดประสงค์การเรียนรู้	21	14	5	-	-	4.40	0.70	มาก
	1.2 มีการชี้แจงภาระงานที่ต้องทำให้ผู้เรียนทราบล่วงหน้า	19	17	4	-	-	4.38	0.66	มาก
	1.3 เกณฑ์การให้คะแนนเหมาะสมกับภาระงานที่นักเรียนที่ได้รับมอบหมาย	22	15	3	-	-	4.48	0.63	มาก
	เฉลี่ย						4.42	0.66	มาก
เฉลี่ยรวม							4.33	0.69	มาก

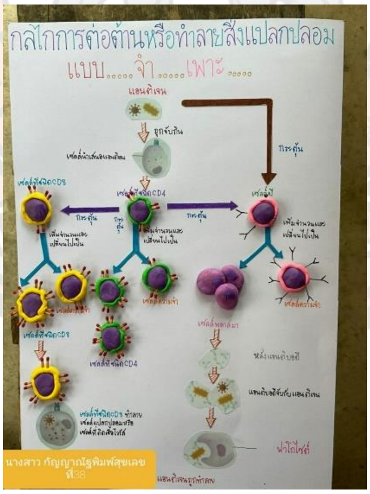
ภาคผนวก ง

ภาพประกอบกิจกรรม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

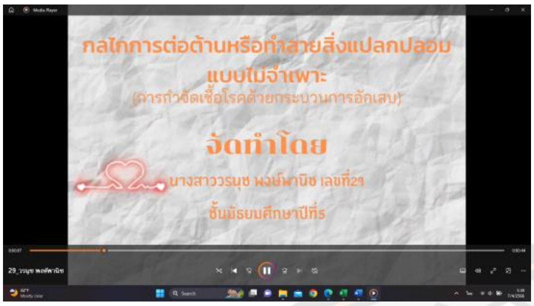
ภาพที่ 9 ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

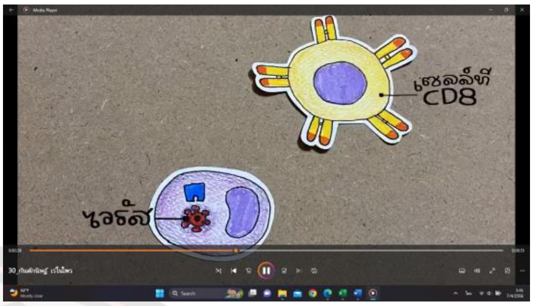
ขั้นที่ 1. ขั้นตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task)



ขั้นที่ 2. ขั้นสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model)

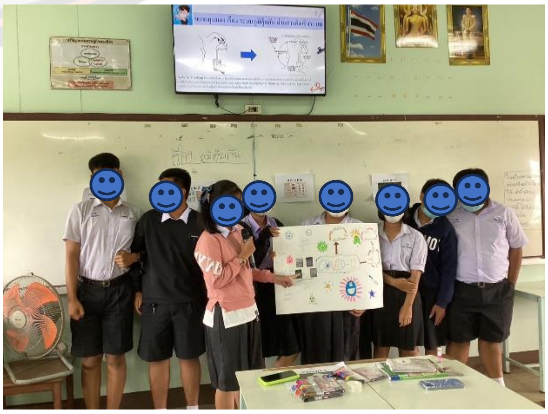
ภาพที่ 10 ภาพประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)





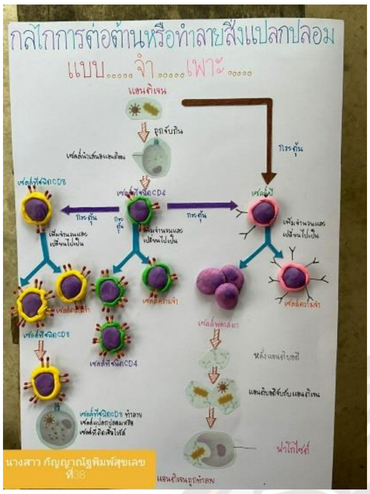
<u>ขั้นที่ 3. ขั้นนำไปใช้และประเมิน (Implementation and evaluation)</u>

<u>ขั้นที่ 4. ขั้นปฏิเสธแบบจำลองและปรับปรุงแบบจำลอง (Revision)</u>

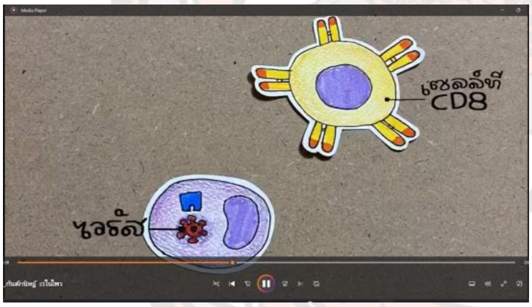


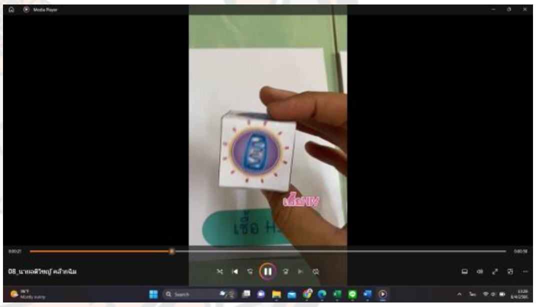
<u>ขั้นที่ 5. ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration)</u>

ภาพที่ 11 ผลงานนักเรียน

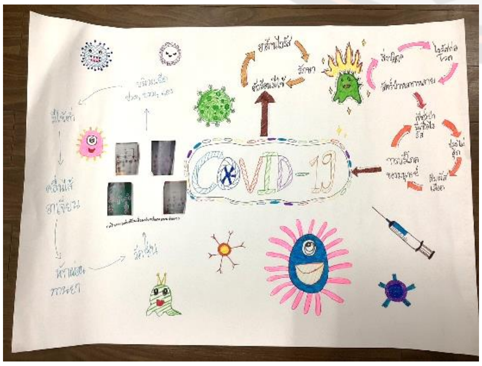


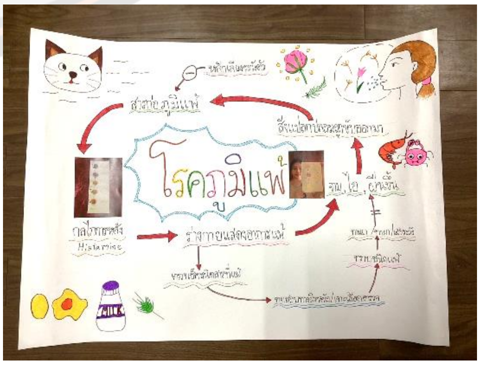
แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete models)





แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)





แบบจำลองเชิงภาพ (Visual models)