การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์

ของ

สิรภัทร สายเนตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์
ของ
สิรภัทร สายเนตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มกราคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Modeling Skill and Scientific Conceptual Understanding by Model-based Learning for Grade 11 Students

Siraphat Sainet

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

January 2023

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวสิรภัทร สายเนตร แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. สุมาลี ชูกำแพง)

.....กรรมการ
(รศ. ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. ไพศาล วรคำ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแพง)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัย สิรภัทร สายเนตร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี ชูกำแพง

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการโดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อพัฒนาความเข้าใจโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 31 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง จำนวน 9 แผน 2) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง 3) กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง 4) แบบวัดความเข้าใจโนมติทางวิทยาศาสตร์ และ 5) แบบสัมภาษณ์นักเรียน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า

1) หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 คือ 19 27 และ 31 คน และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองในแต่ละวงจรปฏิบัติการเท่ากับ 69.35 75.00 และ 81.03 คิดเป็นร้อยละ 72.24 78.13 และ 84.41 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกออกเป็น 1.1) คะแนนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 31.26 35.26 และ 38.16 คิดเป็นร้อยละ 65.12 73.45 และ 79.50 ตามลำดับและ 1.2) คะแนนจากกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง โดยมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เท่ากับ 38.10 39.74 และ 42.87 คิดเป็นร้อยละ 79.37 82.80 และ 89.31 ตามลำดับ

2) นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 จำนวน 15 23 และ 31 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 74.19 และ 100.00 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ทักษะการสร้างแบบจำลอง, ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์, การวิจัยปฏิบัติการ

TITLE Development of Modeling Skill and Scientific Conceptual Understanding by Model-based Learning for Grade 11 Students

AUTHOR Siraphat Sainet

ADVISORS Assistant Professor Sumalee Chookhampaeng , Ph.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Teaching of Science and Mathematics

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2023

ABSTRACT

This action research aims 1) to develop modeling skill by using model-based learning of grade 11 students who pass have scores which are more than 70 per cent. 2) to develop scientific conceptual understanding by using model-based learning of grade 11 students. The target group was 31 students of Mattayomsuksa 5 students. Research instrument including 1) 9 lesson plans on the subject of “circulatory system and lymphatic system” based on using model-based learning, 2) modeling skill test, 3) modeling activity , 4) the 2-tier multiple choice scientific conceptual understanding test with rationale explanation and 7) a student interview form. The data were analyzed by standard statistics that contain average, standard deviation and percentage. The research showed that

1) There are 19 27 and 31 students who have modeling skill scores which reach to minimum requirement at 70 percent after students learned by model-based learning in first second and third cycles respectively. The modeling skill in first second and third cycles are 69.35, 75.00 and 81.03 which account for 72.24 78.13 and 84.41 percent respectively. When considering the score from 1) modeling skill test after instruction, the average scores are 31.26 35.26 and 38.16 that accounts for 65.12 73.45 and 79.50 respectively. 2) modeling activity, the average scores are 38.10 39.74 and 42.87 that account for 79.37 82.80 and 89.31 respectively. The previous data illustrate the number of students and modeling skill score is increase

after learned by using model based learning.

2) Students had develop scientific conceptual understanding on complete understanding or partial understanding levels in first second and third cycles 15 23 and 31 students are equal to 48.39 74.19 and 100.00 percentage respectively. The previous data illustrate the number of students and modeling skill score and develop scientific conceptual understanding increase after learned by using model-based learning.

Keyword : Model-based Learning, Modeling Skill, Scientific Conceptual Understanding, Action Research

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อผิดพลาด ติดตามความก้าวหน้า และให้คำปรึกษาเมื่อเกิดปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่งจนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรคำ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อปรับปรุงเพื่อให้เกิดการพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ในการทำงาน และรู้ถึงคุณค่าของงานที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในอนาคตต่อไป ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราพร เอราวรรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ นางปัทมา อินทวัน และนางสาวนัณฑณา นาตรีชน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจ และแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็น ประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย และขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนยางตลาดวิทยาคารทุกท่านที่ให้กำลังใจส่งเสริม และช่วยให้ข้อมูลในการศึกษาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา น้องโบนัส และเพื่อน ๆ ของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ ให้การสนับสนุนช่วยเหลือตลอดมา ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คุณค่า และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบให้คุณบิดา มารดา และครูบาอาจารย์ที่คอยอบรมสั่งสอน ชี้นำให้เกิดการเรียนรู้ตลอดจนมีคุณธรรม จริยธรรม เพื่อนำทางชีวิตให้ไปสู่ความสำเร็จในอนาคต

สิรภัทร สายเนตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

ความเป็นมาของงานวิจัย 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 5

ความสำคัญของงานวิจัย 5

ขอบเขตงานวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

บทที่ 2 11

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) 12

บริบทโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร 23

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 25

แบบจำลอง 37

ทักษะการสร้างแบบจำลอง 42

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 54
การวิจัยปฏิบัติการ 64
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 73
งานวิจัยในประเทศ 74
งานวิจัยต่างประเทศ 76
บทที่ 3 79
วิธีดำเนินการวิจัย 79
กลุ่มเป้าหมาย 79
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 79
การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย 80
การเก็บรวบรวมข้อมูล 109
การวิเคราะห์ข้อมูล 111
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 112
บทที่ 4 114
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 114
ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ 114
ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงรอบปฏิบัติการ 118
บทที่ 5 221
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 221
ความมุ่งหมายของงานวิจัย 221
สรุปผลการทดลอง 221
อภิปรายผล 224

ข้อเสนอแนะ 235
บรรณานุกรม 237
ภาคผนวก 254
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญ 255
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 262
ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ 309
ภาคผนวก ง ผลการทดลอง 328
ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบ 341
ประวัติผู้เขียน 351

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2564 23

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (Jackson, 2001) .. 47

ตารางที่ 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการสร้าง และใช้แบบจำลอง (Schwarz et al., 2009) 49

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการเปรียบเทียบ และปรับปรุงแบบจำลอง (Schwarz et al., 2009) 50

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 81

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ 81

ตารางที่ 7 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 88

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ 90

ตารางที่ 9 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง 92

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ 95

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง 96

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ 103

ตารางที่ 13 รายการประเมิน ระดับคะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 104

ตารางที่ 14 หัวข้อเรื่องที่สัมภาษณ์ และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ 107

ตารางที่ 15 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ 115

ตารางที่ 16 ผลการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดมโนมติก่อนจัดการเรียนรู้ 116

ตารางที่ 17 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 1 119

ตารางที่ 18 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 1 139

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 1 141

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 153

ตารางที่ 21 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2 157

ตารางที่ 22 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2 176

ตารางที่ 23 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 2 178

ตารางที่ 24 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 188

ตารางที่ 25 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 3 190

ตารางที่ 26 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3 207

ตารางที่ 27 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 3 208

ตารางที่ 28 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ 215

ตารางที่ 29 แสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และคะแนนเฉลี่ยก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 218

ตารางที่ 30 ผลระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ 218

ตารางที่ 31 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 310

ตารางที่ 32 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่สร้างจำนวน 18 ข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละสาระการเรียนรู้ 313

ตารางที่ 33 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่ใช้จริงจำนวน 9 ข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละสาระการเรียนรู้ 314

ตารางที่ 34 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่สร้างจำนวน 6 กิจกรรม กับสาระการเรียนรู้ 315

ตารางที่ 35 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่ใช้จริงจำนวน 3 ใบ กิจกรรมกับสาระการเรียนรู้ 316

ตารางที่ 36 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้ วงรอบปฏิบัติการที่ 1 317

ตารางที่ 37 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 319

ตารางที่ 38 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 320

ตารางที่ 39 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 322

ตารางที่ 40 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3 323

ตารางที่ 41 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3 325

ตารางที่ 42 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อคำถาม และประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างจำนวน 16 ข้อ 326

ตารางที่ 43 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อคำถาม และประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ใช้จริงจำนวน 12 ข้อ 327

ตารางที่ 44 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1 329

ตารางที่ 45 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2 331

ตารางที่ 46 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 3 333

ตารางที่ 47 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1..... 335

ตารางที่ 48 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2..... 337

ตารางที่ 49 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3..... 339

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 10

ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองของ Justi and Gilbert (2006) 28

ภาพที่ 3 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) 30

ภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน 122

ภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน 122

ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน 123

ภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 1 คะแนน 123

ภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน 125

ภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน 125

ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน 126

ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่องขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 1 คะแนน 126

ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน 128

ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน 129

ภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน 130

ภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 1 คะแนน 131

ภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน 133

ภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 3 คะแนน 133

ภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 2 คะแนน 134

ภาพที่ 19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน 134

ภาพที่ 20 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 10 คะแนน 136

ภาพที่ 21 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 12 คะแนน 136

ภาพที่ 22 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน 137

ภาพที่ 23 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 1) 144

ภาพที่ 24 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 1)..... 145

ภาพที่ 25 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 2)..... 145

ภาพที่ 26 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 2)..... 146

ภาพที่ 27 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 3) 146

ภาพที่ 28 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 3)..... 147

ภาพที่ 29 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน 160

ภาพที่ 30 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน 160

ภาพที่ 31 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน 161

ภาพที่ 32 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 1 คะแนน 161

ภาพที่ 33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน 163

ภาพที่ 34 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน 163

ภาพที่ 35 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน 164

ภาพที่ 36 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 1 คะแนน 164

ภาพที่ 37 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน 166

ภาพที่ 38 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน 167

ภาพที่ 39 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน 168

ภาพที่ 40 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 1 คะแนน.....169

ภาพที่ 41 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน 171

ภาพที่ 42 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 3 คะแนน 171

ภาพที่ 43 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน.....172

ภาพที่ 44 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 12 คะแนน 174

ภาพที่ 45 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน 174

ภาพที่ 46 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน 175

ภาพที่ 47 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 4).....180

ภาพที่ 48 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 4).....181

ภาพที่ 49 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 5) 181

ภาพที่ 50 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 5).....182

ภาพที่ 51 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)..... 182

ภาพที่ 52 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบวัดบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)..... 183

ภาพที่ 53 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)..... 183

ภาพที่ 54 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน..... 193

ภาพที่ 55 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน..... 194

ภาพที่ 56 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่องส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน..... 194

ภาพที่ 57 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน..... 196

ภาพที่ 58 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน..... 196

ภาพที่ 59 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน 197

ภาพที่ 60 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน 199

ภาพที่ 61 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน 200

ภาพที่ 62 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน 201

ภาพที่ 63 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน 203

ภาพที่ 64 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน 203

ภาพที่ 65 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน 204

ภาพที่ 66 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน 206

ภาพที่ 67 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 14 คะแนน 206

ภาพที่ 68 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 7)..... 210

ภาพที่ 69 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 7)..... 210

ภาพที่ 70 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 8)..... 211

ภาพที่ 71 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 8) 211

ภาพที่ 72 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 9).....212

ภาพที่ 73 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 9)....212

ภาพที่ 74 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU).....220

ภาพที่ 75 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 15 คะแนน ข้อที่ 2 วงจรปฏิบัติที่ 1.....342

ภาพที่ 76 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 11 คะแนนข้อที่ 2 วงจรปฏิบัติที่ 1.....343

ภาพที่ 77 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 2.....344

ภาพที่ 78 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 2.....345

ภาพที่ 79 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 3.....346

ภาพที่ 80 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 3.....347

ภาพที่ 81 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์.....348

ภาพที่ 82 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์.....348

ภาพที่ 83 ตัวอย่างแบบจำลองการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์.....349

ภาพที่ 84 ตัวอย่างแบบจำลองการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์.....349

ภาพที่ 85 ตัวอย่างแบบจำลองหลักการให้ และรับเลือดในเลือดหมู่ A B AB และ O.....350

ภาพที่ 86 ตัวอย่างแบบจำลองหลักการให้ และรับเลือดในเลือดหมู่ A B AB และ O.....350

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของงานวิจัย

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบัน และนับวันจะมีบทบาทมากขึ้นในอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องทั้งในการดำรงชีวิตประจำวัน และงานอาชีพต่าง ๆ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อจะมีความรู้ ความเข้าใจโลกธรรมชาติ จึงเป็นบทบาทสำคัญของการให้การศึกษาทั้งในระบบ และนอกระบบให้เป็นการศึกษาต่อเนื่องตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดไว้นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์ ลักษณะขอบเขต และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องเน้นการสอนให้นักเรียนเกิดมโนมติที่ถูกต้อง (สุพิน จันทร์ลอย, 2543) โดยมโนมติที่เรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานของมโนมติเรื่องถัดไป หากนักเรียนไม่เข้าใจมโนมติหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน นักเรียนจะไม่สามารถเรียนรู้มโนมติใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สมเจตน์ อุระศิลป และ ศักดิ์ศรี สุภาษร, 2554) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้ผลต้องมุ่งอยู่ที่การสร้างมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เกิดทักษะการคิดในการสร้างองค์ความรู้ และกำหนดโครงสร้างทางความรู้ของนักเรียนเอง และการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง (ลือชา ลดาชาต และ ลฎาภา ลดาชาติ, 2559) ซึ่งบางปรากฏการณ์ทางธรรมชาติอาจไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงหรือมีความซับซ้อนยากต่อการทำความเข้าใจ (Bryce et al., 2016) จึงต้องอาศัยแบบจำลองเข้ามาช่วยในการอธิบายข้อค้นพบที่นักวิทยาศาสตร์ได้จากการทดลองศึกษาสิ่งต่าง ๆ (ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ และคณะ, 2558) แบบจำลองจึงได้เข้ามามีบทบาทในทางด้านการศึกษาในรูปแบบสื่อทางการศึกษาที่ใช้ในการอธิบายความรู้ทฤษฎีที่เป็นนามธรรมเพื่อที่จะให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ ได้ (Schwarz et al., 2009) อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน ครูผู้สอนมีการใช้แบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์แก่นักเรียน โดยนักเรียนมีโอกาสไม่ได้มากนักที่จะเป็นผู้สร้างแบบจำลองด้วยตนเอง (Ladachart and Ladachart, 2017) ซึ่งการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยการนำความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมมาสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง (เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามสภาพจริง จึงควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เป็น

ผู้สร้างแบบจำลองด้วยตัวนักเรียนเองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยถ่องแท้เพราะกระบวนการออกแบบเป็นการนำความรู้ไปใช้วางแผนการสร้างแบบจำลอง หากแบบจำลองที่สร้างไม่บรรลุวัตถุประสงค์จึงกลับไปศึกษาเพิ่มเติมแก้ไขปรับปรุงงานเพื่อทำให้แบบจำลองที่สร้างมีคุณภาพ อาจกล่าวได้ว่าการออกแบบ และสร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นการสอน และการเรียนรู้ที่เกิดจากความเข้าใจ (Stewart et al., 2005)

ซึ่งจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยาในภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 พบว่า ในขณะจัดการเรียนรู้ เมื่อครูถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชา นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามให้เหตุผลที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และเนื่องจากเนื้อหาวิชาชีววิทยาบางเนื้อหาเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจต้องใช้จินตนาการสร้างคำอธิบาย รวมไปถึงการเรียนการสอนส่วนใหญ่เป็นการบรรยายนักเรียนไม่สามารถจินตนาการเนื้อหาหรือรวบรวมความคิดได้อย่างเป็นระบบ ส่วนใหญ่จึงเลือกที่จะเรียนรู้เนื้อหาด้วยวิธีการท่องจำแทนการทำความเข้าใจ อีกทั้งได้ทำการใช้แบบวัดมโนมติเรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก เป็นเครื่องมือวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ (ปวีณา งามชัด และ ไพโรจน์ เติมชาติพงศ์, 2557) และใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองเรื่อง ความแตกต่างของแอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนที่มีหมู่เลือดที่แตกต่างกันเป็นเครื่องมือวัดทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้ (ณัฐพล กวดขันไทย และ สุมาลี ชูกำแพง, 2563) พบว่านักเรียนทั้งหมด 31 คน มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ และมีคะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 นักเรียนไม่สามารถตอบคำถาม และอธิบายหลักการในเนื้อหาหรือมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับคลาดเคลื่อนในทุกมโนมติที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ซึ่งมโนมติที่นักเรียนได้รับมาจะแตกต่างจากที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ และเมื่อนักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดโดยการวาดรูป 2 มิติ และอธิบายรูปดังกล่าวเป็นข้อความที่เข้าใจตามความคิดของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดรูปแบบจำลองทางความคิด และอธิบายได้ถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยในปัจจุบันมีวิธีการสอนที่หลากหลายผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อจะนำมาใช้แก้ปัญหาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model Based Learning) มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น งานวิจัยนี้ได้นำขั้นการ

สอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแนวคิดของ (Gobert and Buckley, 2000) โดยเริ่มต้นด้วยนักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจศึกษา หลังจากนั้นครูประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ต่อมานักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง หลังจากสร้างแบบจำลองเรียบร้อยจึงนำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น และสุดท้ายการขยายแบบจำลอง นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

การสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเข้าใจมโนมติที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเหล่านั้น รวมทั้งส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ก่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Leager, 2007) จึงแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริม และพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน (Ladachart and Ladachart, 2017) เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้การทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์ และเกิดทักษะต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากกระบวนการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิด และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจ ตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison and Treagust, 2000) และการสร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับมโนภาพโดยกระบวนการทั้งสองนี้จะเกิดขึ้นควบคู่กัน และยังมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิดที่เป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลสมอง (Gonzalez, 2014) ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาตามไปด้วย เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการ และทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนการสอนจะต้องส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้นำไปสู่ความเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องควบคู่กัน โดยการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความรู้นั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเองโดยเฉพาะบุคคล และถ้าผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ประโยชน์จากความเข้าใจมโนมติที่มีอยู่ไปอภิปรายสถานการณ์ต่าง ๆ และใช้แก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งได้ (นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์, 2548) ดังนั้น การสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการ และทฤษฎีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นมโนมติที่สำคัญ เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์แล้วจะทำให้นักเรียนสามารถจำแนกเรื่องราวต่าง ๆ ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์ และยังช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลเป็นพื้นฐานสำหรับนักเรียนในการหาความรู้อื่น ๆ ต่อไปอีกด้วย (สุวดี แสนคำภูมิ, 2544)

จากการศึกษาค้นคว้ามีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model – Based Learning) (นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์, 2558) พบว่า นักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดี แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง (กนกภรณ์ ทรวดทรง และ สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2563) ในรายวิชาเคมี นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ อีกทั้งทักษะเหล่านี้ยังช่วยให้นักเรียนมีมโนมติและการจัดการเรียนรู้ MIS (Model-CenteredInstruction Sequence) (ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และ สุวัตร นานันท์, 2558) ในรายวิชาเคมี และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้น (Moutinho et al., 2017) ได้กล่าวว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองต่าง ๆ ในการสอนวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Khan, 2008) ได้ศึกษาผลการใช้คอมพิวเตอร์แบบจำลอง (Computer Simulation) ที่อาศัยหลักการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดการเรียนรู้มโนมติทางเคมีได้ดี และมีความเข้าใจมากขึ้น

จากเหตุผล และสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจผ่านรูปแบบของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่น สามารถสรุป และเชื่อมโยงเนื้อหาอย่างเป็นระบบ และเป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

2. เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของงานวิจัย

1. สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับครูผู้สอน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้

ขอบเขตงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 31 คน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ปีการศึกษา 2564

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง จำนวน 9 แผน 13 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยใช้กิจกรรมในการสร้างแบบจำลองแทนการใช้คำถามทางทฤษฎีเพื่อให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ แสดงความคิด ความเข้าใจที่มีต่อปรากฏการณ์นำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์นั้นผ่าน

แบบจำลอง งานวิจัยนี้ได้นำขั้นการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแนวคิดของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งมี 6 ขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ซึ่งผู้วิจัยได้นำ 6 ขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้มาจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง ประกอบไปด้วย ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิดรูปแบบภาพวาด 2 มิติ ขั้นที่ 2 ประเมิน และทบทวนแนวคิด นักเรียนนำเสนอแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้น และร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้โดยการถามคำถามเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้าง ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลอง นักเรียนสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นลักษณะโมเดลทางกายภาพเพื่อให้เห็นรูปร่างรูปทรงของโครงสร้างแบบจำลองโดยใช้มาตราส่วนขยายใหญ่จากของจริง ขั้นที่ 4 ใช้ และประเมินแบบจำลอง นำเสนอแบบจำลองที่สร้างและร่วมกันประเมินแบบจำลองที่นำเสนอว่ามีความถูกต้อง เหมาะสม และมีข้อบกพร่องในส่วนใดบ้าง โดยการสอบถามนักเรียนที่นำเสนองาน ขั้นที่ 5 ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนศึกษาได้ดีมากพอหรือแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ให้นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของนักเรียน และขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้างไปรวมกับแบบจำลองของกลุ่มอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น โดยในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 1 และ 2, แผนการจัดการ

เรียนรู้ที่ 2 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 3 และ 4 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 5 และ 6 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 1 และ 2, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 3 และ 4 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 5 และ 6 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 1 และ 2, แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 3 และ 4 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ประกอบไปด้วยขั้นที่ 5 และ 6 รวมทั้งสิ้นจำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 13 ชั่วโมง

2. แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับโลก ทฤษฎี กฎ มโนมติ กระบวนการ แนวคิด และหลักการทำงานต่าง ๆ ของระบบโดยนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น วัสดุทรง 3 มิติ ภาพร่าง สมการ ที่นักเรียนสะท้อนออกมาจากความคิดของตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจน และสัมผัสได้ เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริง นำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น และประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้เรียนสร้างคือ แบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองมาตรส่วน ใช้เกณฑ์การแบ่งประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทตามความคิดของ Harrison and Treagust (2000)

3. ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การที่นักเรียนใช้ความรู้เพื่อออกแบบ และสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ศึกษาหรือสนใจให้ออกมาในรูปต่าง ๆ รวมถึงความสามารถในการนำเสนอ ข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจรูปของแบบจำลองต่าง ๆ ที่สะท้อนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งแนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองนี้สามารถวัดได้ 2 ด้าน คือ ความรู้เชิงอภิมาน และกระบวนการสร้างแบบจำลอง

1) ความรู้เชิงอภิมาน (Metaknowledge) วัดด้วยแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 9 ข้อ โดย 1 ข้อมีคะแนนเต็ม 16 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่เป็นภาพวาด และการอธิบายของนักเรียน เป็นแบบประเมินรูบริคแบบแยกแยะประเด็นของ Jackson (2001) แบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน ดังนี้

1.1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

1.2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

1.3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด

1.4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

2) กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Element of practice) ทำการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ จำนวน 3 ชิ้นงาน โดย 1 ชิ้นงานมีคะแนนเต็ม 48 คะแนน ซึ่งแบบประเมินดัดแปลงมาจาก Schwarz et al (2009) มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ประกอบด้วย 4 รายการประเมิน ดังนี้

2.1) การสร้างแบบจำลอง (Construct models) ที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎีที่แสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

2.2) การใช้แบบจำลอง (Use models) เพื่อแสดงอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2.3) การเปรียบเทียบและประเมิน (Compare and evaluate) ความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกันในส่วนของการแสดงความถูกต้อง และการพิจารณารูปแบบของปรากฏการณ์ และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

2.4) การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบาย ทำนาย พิจารณาเกี่ยวกับเหตุการณ์ หรือลักษณะของปรากฏการณ์เพิ่มเติม

4. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของบุคคลที่จะสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือการได้รับประสบการณ์ใหม่แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเป็นคุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนจากงานวิจัยของ Westbrook and Marek (1991) แบ่งระดับความเข้าใจมโนมติของนักเรียน 5 ระดับ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

5. การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง เป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้เพื่อเน้นในการพัฒนาการเรียนการสอนเป็นกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบการปฏิบัติงาน และเป็นกระบวนการในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยเน้นการสะท้อนผลมาใช้ในการแก้ปัญหาตลอดจนปรับปรุงการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น โดยมีครูเป็นผู้ทำวิจัย และการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจะทำควบคู่ไปกับการจัดกระบวนการเรียนการสอนและเป็นการกระทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพสูงสุด ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียว (Spiral) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัย 4 ขั้นตอนโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นการวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำรวจปัญหาในชั้นเรียน และนำปัญหานั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการสอนที่เหมาะสม และแก้ปัญหาได้

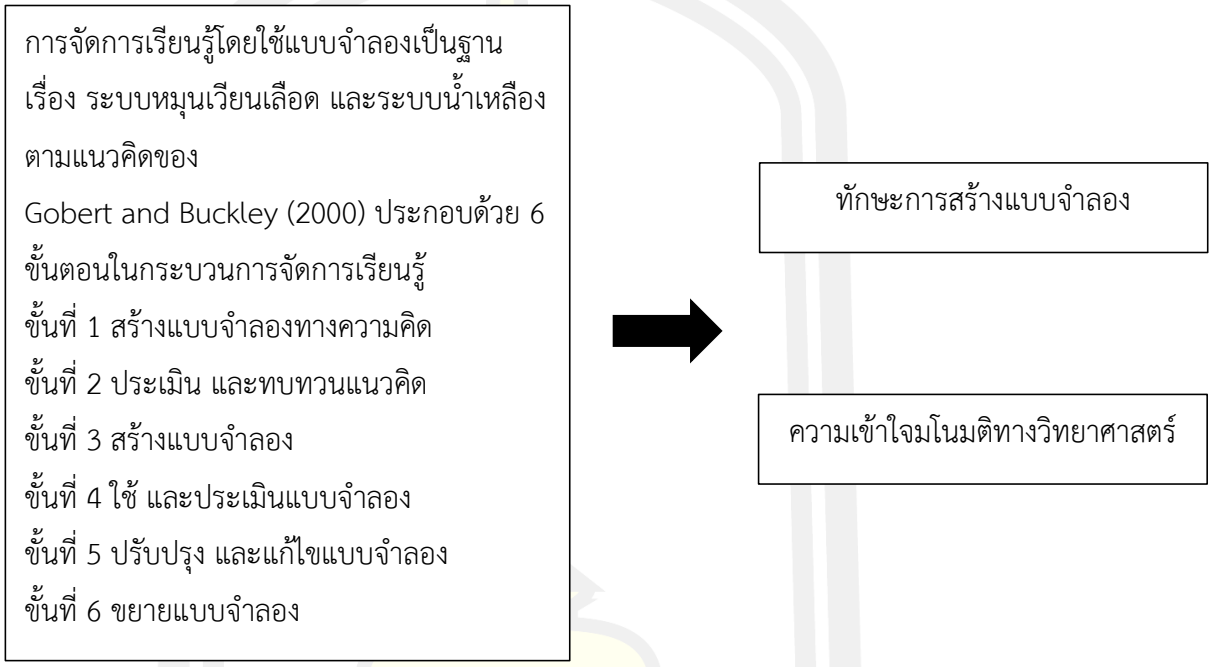
2) ขั้นการปฏิบัติการ (Action) เป็นขั้นที่นำนวัตกรรมหรือแผนการสอนนั้นไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

3) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observation) เป็นขั้นที่จะนำเครื่องมือต่าง ๆ ไปสังเกตและทดสอบกลุ่มเป้าหมาย

4) ขั้นการสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นขั้นที่นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ว่าปัญหานั้นแก้ไขได้มากน้อยเพียงใด และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ดีขึ้น สามารถนำการประเมินผลจากขั้นการสะท้อนกลับมาปรับปรุง พัฒนา และแก้ไขให้ดีขึ้นในการปฏิบัติในวงจรถัดไปจนกว่าจะได้ข้อสรุป และแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาสิ่งนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เขียนกรอบแนวคิดการวิจัยไว้ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอผลการศึกษาตามลำดับ ดังนี้

1. ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
   1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
   1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
   1.3 สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.4 คุณภาพของผู้เรียน
   1.5 วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
   1.6 คำอธิบายรายวิชา
2. บริบทของโรงเรียนยางตลาดพิทยาคาร
   2.1 ข้อมูลทั่วไป
   2.2 วิสัยทัศน์
   2.3 พันธกิจโรงเรียน
   2.4 บริบทในชั้นเรียน
3. แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
   3.3 บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4. แบบจำลอง
   4.1 ความหมาย และลักษณะของแบบจำลอง (Model)
   4.2 ประเภทของแบบจำลอง
   4.3 ลักษณะ และข้อจำกัดของแบบจำลอง
5. ทักษะการสร้างแบบจำลอง
   5.1 ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง
   5.2 แนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง

5.3 แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง

6. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายของมโนมติ

6.2 การสร้างมโนมติ

6.3 ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

6.4 รูปแบบของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

6.5 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

6.6 มโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

7. การวิจัยปฏิบัติการ

7.1 ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการ

7.2 ลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ

7.3 ความสำคัญของวิจัยในชั้นเรียน

7.4 รูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการ และความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์

2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์

3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางเทคโนโลยี

4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกัน และกัน

5) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต

6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิด และจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

สรุปได้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มีเป้าหมายที่สำคัญคือ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการ ทฤษฎี กฎต่าง ๆ ที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางเทคโนโลยี ตระหนักถึงความสำคัญระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี พัฒนากระบวนการคิด และจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิตได้

2. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) กล่าวถึงกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลายให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์ และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

2) วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

3) วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยากระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

4) เทคโนโลยี

4.1) การออกแบบ และเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

4.2) วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงเหมาะสมกับระดับชั้นโดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และเทคโนโลยี

3. สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้จัดทำสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นเพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอนตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยกำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหา และผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กันรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการ และความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลัก และธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลง และการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสาร และพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิต และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้า อากาศ และภูมิอากาศโลกรวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้ และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจ และใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดสาระสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 สาระ คือ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ สาระที่ 4 เทคโนโลยี

4. คุณภาพของผู้เรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีความคาดหวังคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 4 (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) โดยเมื่อผู้เรียนจบช่วงชั้นที่ 4 แล้วผู้เรียนควรจะมีความสามารถ ดังนี้

1) เข้าใจการลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ กลไกการรักษาดุลยภาพของมนุษย์ ภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ และความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน การใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้น การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม วิวัฒนาการที่ทำให้เกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต ความสำคัญ และผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2) เข้าใจความหลากหลายของไบโอมในเขตภูมิศาสตร์ต่าง ๆ ของโลก การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหา และผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

3) เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม สมบัติบางประการของธาตุ การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ ชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค และสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว พันธะเคมีโครงสร้าง และสมบัติของพอลิเมอร์การเกิดปฏิกิริยาเคมีปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเขียนสมการเคมี

4) เข้าใจปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง ผลของความเร่งที่มีต่อการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ แรงโน้มถ่วง แรงแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้า และแรงภายในนิวเคลียส

5) เข้าใจพลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวล และพลังงาน การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการรวมคลื่น การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง สีกับการมองเห็นสี คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6) เข้าใจการแบ่งชั้น และสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐาน สาเหตุกระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย

7) เข้าใจผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริออลิสที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ความสัมพันธ์ของการหมุนเวียนของอากาศ และการหมุนเวียนของกระแสน้ำผิวหน้าในมหาสมุทร และผลต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และแนวปฏิบัติเพื่อลดกิจกรรมของมนุษย์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก

รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศที่สำคัญจากแผนที่อากาศ และข้อมูลสารสนเทศ

8) เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซีโครงสร้าง และองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิด และการสร้างพลังงาน ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสีอุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิวัฒนาการ และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะ และผลที่มีต่อโลก รวมทั้งการสำรวจอวกาศ และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

9) ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

10) ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุม และเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสมมีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

11) วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

12) แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

13) แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิง และเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนา และการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

14) เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

15) ตระหนักถึงความสำคัญ และเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16) แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

17) วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีได้แก่ ระบบทางเทคโนโลยีที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับศาสตร์อื่นโดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเพื่อเลือกใช้เทคโนโลยีโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ ทรัพยากรเพื่อออกแบบสร้างหรือพัฒนาผลงานสำหรับแก้ปัญหาที่มีผลกระทบต่อสังคมโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ และนำเสนอผลงาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ปลอดภัย รวมทั้งคำนึงถึงทรัพย์สินทางปัญญา

18) ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์สื่อดิจิทัล เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารเพื่อรวบรวมข้อมูลในชีวิตจริงจากแหล่งต่าง ๆ และความรู้จากศาสตร์อื่นมาประยุกต์ใช้สร้างความรู้ใหม่ เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่มีผลต่อการดำเนินชีวิต อาชีพ สังคม วัฒนธรรม และใช้อย่างปลอดภัยมีจริยธรรม

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ซึ่งกระบวนการ และความรู้ นักเรียนจะได้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง จนได้ข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ของตนเอง และสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

5. วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้จัดทำวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญ และเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1) ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐาน และผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้ และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2) ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง

3) ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4) ลดทอนเนื้อหาที่ยากเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

5) มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน และอนาคตมากขึ้น

สรุปได้ว่า กระทรวงศึกษาธิการจัดทำวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างตัวชี้วัดในรายวิชาพื้นฐาน และผลการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาสำหรับการเรียนรู้ และทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาระหว่างสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ โดยมีการพิจารณาเนื้อหาที่มีความซ้ำซ้อนกัน แล้วจัดให้เรียนที่สาระใดสาระหนึ่ง ลดความซ้ำซ้อนกันระหว่างระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ลดทอนเนื้อหาที่ยากเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการเพิ่มเนื้อหาด้านต่าง ๆ ที่มีความทันสมัย สอดคล้องต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน และอนาคตมากขึ้น

5.1 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้จัดทำวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมขึ้นเพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

1) ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรม และการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้าง และการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบ และการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม

2) เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบ และสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะ และการแก้ปัญหาทางเคมี

3) ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ และการค้นพบทางฟิสิกส์แรง และการเคลื่อนที่ และพลังงาน

4) โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับโลก และกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยา และการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

สรุปได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กำหนดสาระสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมไว้ 4 สาระ คือ สาระที่ 1 ชีววิทยา สาระที่ 2 เคมี สาระที่ 3 ฟิสิกส์สาระที่ 4 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

5.2 สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ได้กำหนดสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมขึ้นเพื่อให้สถานศึกษาครูผู้สอนตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน โดยสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระชีววิทยา ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

1) เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยา และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกิริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้าง และหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2) เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติ และหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูล และแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊ส และคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์ และมนุษย์ การหายใจ และการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสาร และการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพและพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5) เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากร และรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

6. คำอธิบายรายวิชา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2564) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ได้กำหนดคำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 4 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เวลาเรียน 60 ชั่วโมง ดังนี้

อธิบายโครงสร้าง และกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหาร เปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ เปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด อธิบายโครงสร้าง และการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในสิ่งมีชีวิต อธิบายหมู่เลือด และหลักการให้ และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh อธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบ และหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้าง และหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง เปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ และแบบจำเพาะ รวมถึงการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองหรือรับมา อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้าง และหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง อธิบายโครงสร้าง หน้าที่ กลไกการทำงานของไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ตลอดถึงการนำความรู้ที่เป็นประโยชน์มาใช้ในการดูแลรักษาพาสุขภาพของร่างกาย โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อเกิดความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิด และการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถ

สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้าง และกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์

2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลานาเรีย

3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์

4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์

7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์

8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือด และการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในหางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

10. อธิบายโครงสร้าง และการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

11. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์

12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา

13. อธิบายหมู่เลือด และหลักการให้ และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh

14. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบ และหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้าง และหน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง

15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ และแบบจำเพาะ

16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเอง และภูมิคุ้มกันรับมา

17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้าง และหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง

19. อธิบายโครงสร้าง และหน้าที่ของไต และโครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย

20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไตในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียนแผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต

21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่างๆ

บริบทโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

1. ข้อมูลทั่วไป

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร (2564) โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งอยู่ที่ บ้านดอนปอแดง หมู่ที่ 20 อำเภอยางตลาด ตำบลยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ปัจจุบันจัดอยู่ในประเภทโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ รูปแบบสหศึกษา ทำการเรียนการสอนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับช่วงชั้นที่ 3 และช่วงชั้นที่ 4

ข้อมูลพื้นฐาน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร เปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีนักเรียนทั้งหมด 1,518 คน มีการแบ่งแผนการจัดชั้นเรียนเป็นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 26 ห้องเรียน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 21 ห้องเรียน รวมห้องเรียนทั้งหมด 47 ห้องเรียน

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2564

ระดับชั้นเรียน	เพศ		รวม (คน)	จำนวน (ห้อง)
	ชาย (คน)	หญิง (คน)		
ม.1	143	192	335	9
ม.2	161	163	324	9
ม.3	98	253	251	8
ม.4	93	114	207	7
ม.5	62	103	165	6

ตารางที่ 1 ข้อมูลนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ปีการศึกษา 2564 (ต่อ)

ระดับชั้นเรียน	เพศ		รวม (คน)	จำนวน (ห้อง)
	ชาย (คน)	หญิง (คน)		
ม.6	86	150	236	8
รวมทั้งหมด	643	875	1,518	47

2. วิสัยทัศน์

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร (2564) โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร เป็นผู้นำการปฏิรูปแบบบูรณาการสู่คุณภาพมาตรฐานสากลอย่างพอเพียงที่มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ภายในปี 2564

3. พันธกิจโรงเรียน

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร (2564) 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ และทุกระดับชั้นสูงขึ้น

2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้ และทุกระดับชั้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยแกนกลางระดับชาติ

3) นักเรียนมีสมรรถนะหลักตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

4) นักเรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ระดับดีเยี่ยม

5) นักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถเข้าศึกษาต่อ และ/หรือประกอบอาชีพตามหลักสูตรสถานศึกษา

6) นักเรียนมีผลการประกวดแข่งขันทักษะทางวิชาการอันดับ 1–3 ของการแข่งขันระดับภูมิภาค

7) ครูได้รับการพัฒนาโดยการศึกษาดูงานทั้งภายในประเทศ และภายนอกประเทศ

8) มีครูต่างชาติ (เจ้าของภาษา) เน้นภาษาอังกฤษ และภาษาจีน

9) ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ภาษาอังกฤษอย่างมีประสิทธิภาพ

10) ครูสามารถใช้หลักสูตร จัดการเรียนรู้ วัด และประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ

4. บริบทในชั้นเรียน

นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่กำลังศึกษาในหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ มีนักเรียนทั้งหมด 31 คน

แบ่งเป็น นักเรียนผู้ชาย 10 คน และนักเรียนผู้หญิง 21 คน พฤติกรรมในการเรียนของนักเรียนในห้องเรียน คือ ขณะที่ครูถามคำถามนักเรียนในรูปแบบคำถามปลายปิด นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามหรือให้เหตุผลที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับบทเรียนได้ นักเรียนไม่สามารถตอบคำถาม และอธิบายหลักการในเนื้อหาวิชาหรือมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อนไปจากหลักการทางวิทยาศาสตร์ และเนื่องจากเนื้อหาวิชาชีววิทยาโดยมากเป็นนามธรรม ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้มโนมติที่สำคัญหรือรวบรวมความคิดได้อย่างเป็นระบบทำให้นักเรียนยังคงมีความเข้าใจมโนมติที่คลาดเคลื่อน รวมไปถึงการเรียนการสอนส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย นักเรียนเรียนรู้ที่จะจดจำมากกว่าเรียนแบบเข้าใจ

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักวิชาการ และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบแบบจำลองเป็นฐานไว้ ดังต่อไปนี้

Bell (1995) ได้ให้ความหมายของ การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การใช้แบบจำลองในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจแนวคิด และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

Buckley et al (2004) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจ และอธิบายปรากฏการณ์โดยผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองนั้นอย่างต่อเนื่อง

Clément (2007) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการสอนที่มาจากทฤษฎีเปลี่ยนแปลงความคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางความคิด

Jong et al (2015) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้โดยมีการสร้างแบบจำลองขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอน โดยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครู และนักเรียนนักเรียนกับนักเรียนเพื่อพัฒนาความคิด

จากการศึกษาความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยใช้กิจกรรมในการสร้างแบบจำลองแทนการใช้คำถามทางทฤษฎีเพื่อให้นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์แสดงความคิด ความเข้าใจที่มีต่อปรากฏการณ์นำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์นั้นผ่านแบบจำลอง

2. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียนจะมีการสืบเสาะหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองประกอบกับการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยมีนักวิชาการ และนักการศึกษาเสนอลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ไว้ มีรายละเอียด ดังนี้

Gobert and Buckley (2000) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (Concept mapping) โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (revision) เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง (elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Stewart et al (2005) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียนไว้ดังนี้

1) ขั้นใช้ความรู้เดิมในการระบุปัญหาและสร้างข้อมูล ในการสอนวิทยาศาสตร์มักให้ความสำคัญกับผลลัพธ์มากกว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์เป็นความจริงที่จะต้องใช้ความจำมากกว่าความเข้าใจที่เกิดจากกระบวนการสังเกต จินตนาการ และการให้เหตุผลอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งต้องทำให้นักเรียนเข้าใจว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนไปได้โดยการสังเกตใหม่การทำความเข้าใจในเชิงลึก และการใช้อุปกรณ์เครื่องมือใหม่

โดยใช้กิจกรรมการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจถึงการสร้างแบบจำลองมากกว่าการเรียนรู้กับแบบจำลองที่มีอยู่

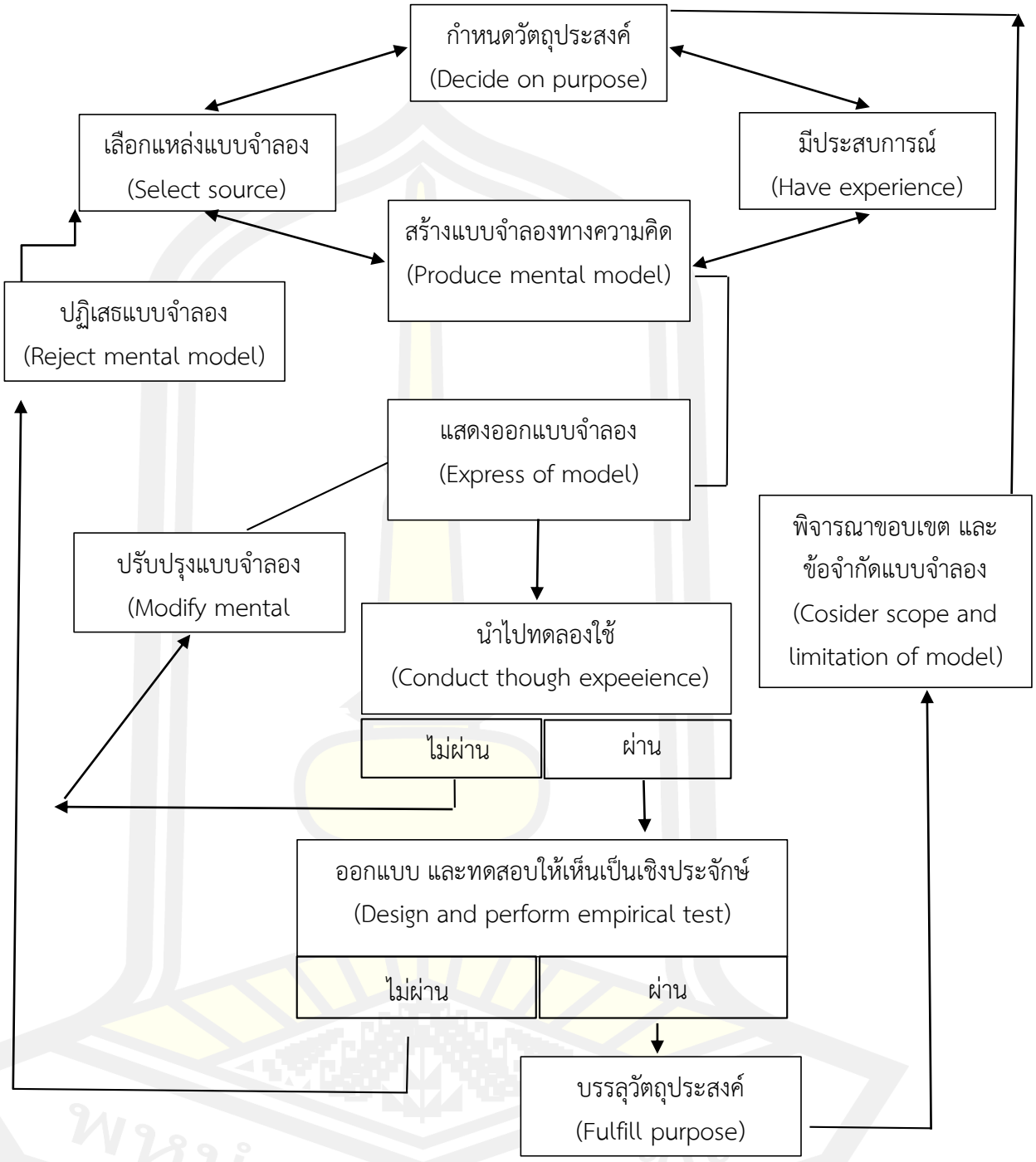
2) ขั้นค้นหาข้อมูล นักเรียนจะต้องรวบรวมข้อมูลในการประกอบเข้ากับกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง โดยต้องจัดการข้อมูลในรูปแบบที่มีความน่าสนใจเพื่อใช้ในการอธิบาย

3) ขั้นการพัฒนาแบบจำลอง นักเรียนต้องพัฒนาแบบจำลองจากข้อมูลที่ได้ หากแบบจำลองที่แสดงออกมามีความชัดเจน และเป็นที่ประจักษ์ ซึ่งต้องสามารถทดสอบได้ โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแบบจำลอง

4) ขั้นการใช้แบบจำลอง และข้อมูลในการทำนาย แบบจำลองสามารถใช้ในการอธิบายได้อย่างเพียงพอ ซึ่งวัตถุประสงค์ของแบบจำลองไม่ได้ใช้ในการทำนาย แต่สามารถใช้เป็นกิจกรรมในการสร้างความสนใจของผู้เรียนได้

5) ขั้นการสร้างมโนมติ และปรับแก้แบบจำลอง นักเรียนได้มีโอกาสในการแสดงความคิดทางวิทยาศาสตร์ และมีการวิพากษ์วิจารณ์ ซึ่งจะส่งผลถึงการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

Justi and Gilbert (2006) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองของ Justi and Gilbert (2006)

ซึ่งจากกรอบแนวคิดดังกล่าวสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) ตอบสนองต่องานที่ได้รับ (Response to task) ผู้เรียนเขียนความรู้เดิมที่มีอยู่ และข้อมูลใหม่ที่ได้รับ

2) สร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Formation initial model) ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ขึ้นมา

3) นำไปใช้ และประเมิน (Implementation and evaluation) ผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ และประเมินแบบจำลอง

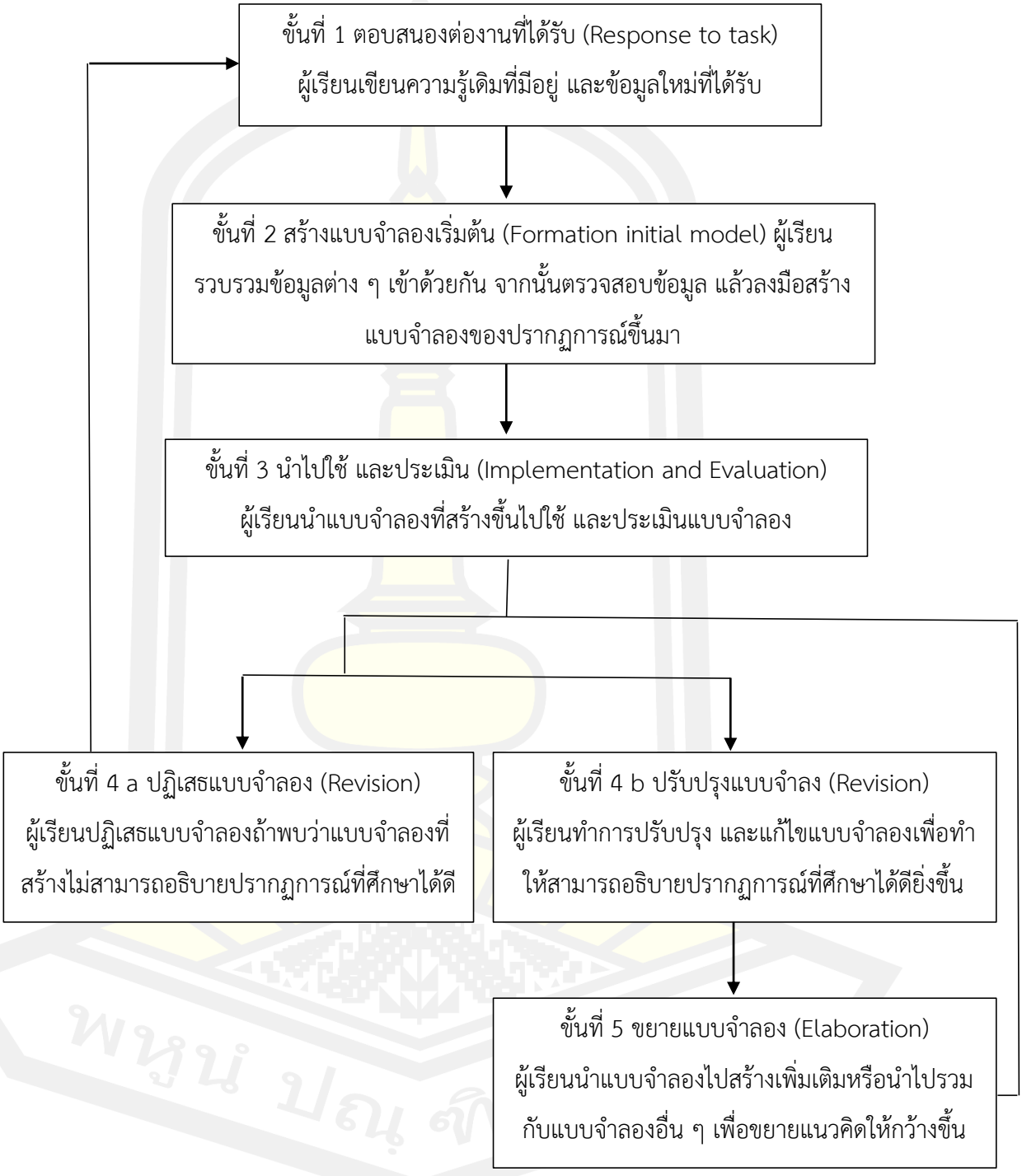
4) ปฏิเสธแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลอง

4.1) ปฏิเสธแบบจำลอง (Revision) ผู้เรียนปฏิเสธแบบจำลองถ้าพบว่าแบบจำลองที่สร้างไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอ

4.2) ปรับปรุงแบบจำลอง (Revision) ผู้เรียนทำการปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อทำให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

5) ขยายแบบจำลอง (Elaboration) ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

จากกรอบแนวคิดของ Justi and Gilbert (2006) ข้างต้น ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) สรุปเป็นขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้ดังนี้



ภาพที่ 3 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ ฮามีด๊ะ มูสอ (2555)

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากภาพที่ 2 และภาพที่ 3 สรุปเป็นขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตอบสนองต่องานที่ได้รับ โดยครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ครูสนับสนุนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้เดิม และข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลหรือจัดกระทำข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 นำไปใช้ และประเมิน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ และอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง หลังจากประเมินแบบจำลองแล้วหากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นดังกล่าวไม่สามารถอธิบายปรากฏการณที่ศึกษาได้ดีพอ แบบจำลองนั้นจะถูกปฏิเสธ ดังนั้นนักเรียนจะต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 โดยต้องทำการตรวจสอบข้อมูลใหม่ และศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดมากขึ้น แต่ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ แต่ยังไม่ดีพออาจจะมีการปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองนั้นให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นเพราะ แนวคิดบางอย่างอาจจะใช้แบบจำลองเดียวอธิบายได้ไม่ดีพอ

ณัชธฤต เกื้อธาน และคณะ (2553) ได้เสนอลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Generation phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองจากความคิดของตัวนักเรียนเอง โดยครูใช้คำถามหรือสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และทำให้นักเรียนแสดงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้ออกมามากที่สุด

2) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluation phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องนำแบบจำลองที่นักเรียนประดิษฐ์ขึ้นในขั้นการสร้างแบบจำลองไปทดลองใช้เพื่อตรวจสอบ และประเมินความถูกต้องของแบบจำลองโดยในขั้นตอนนี้ครูสามารถใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เช่น ทดลองการใช้เหตุการณ์ที่มีความขัดแย้งกันการอุปมาอุปไมยมาประกอบ

3) ขั้นการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (Revise phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องกลับมาทำการประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นในขั้นการสร้างแบบจำลองอีกครั้ง เพื่อที่จะดำเนินการพัฒนาแบบจำลองให้เป็นแบบจำลองในมติของกลุ่ม (Consensus model) โดยในขั้นนี้นักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และครูอาจให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมแก่นักเรียน

4) ขั้นขยายแบบจำลอง (Elaboration phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้นำแบบจำลองที่ได้ทำการปรับปรุง และแก้ไขแล้วไปใช้ทำนายข้อมูลหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะที่คล้ายกัน ในขั้นนี้ครูสามารถชี้ให้นักเรียนเห็นถึงขอบเขต และข้อจำกัดของประเภทของแบบจำลองที่นักเรียนเลือกใช้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Generationg model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดของตนเองออกมาให้มากที่สุด โดยการใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต และสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ สำหรับครูแล้วขั้นนี้จะเป็นโอกาสที่ดีที่จะเข้าใจว่านักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร เมื่อครูได้รู้แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแล้ว ครูจะสามารถเพิ่มพูน และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ เช่น ครูอาจให้ผู้เรียนลองสังเกตการณ์การเดือดของน้ำในกาน้ำที่มีฝาปิด ซึ่งผู้เรียนอาจสังเกตว่าเมื่อให้ความร้อนมาก จะพบว่าฝาของกาน้ำจะขยับมากขึ้น จากเหตุการณ์นี้ครูอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น พร้อมให้ผู้เรียนวาดภาพแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2) การประเมิน และการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) สำหรับการประเมินแบบจำลอง ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความสอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้ควรฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้เรียนอาจจะศึกษาข้อมูลปรากฏการณ์ผ่านการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์แล้วนำมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตน ในขั้นที่ 1 (การสร้างแบบจำลอง) ผู้เรียนต้องสำรวจตรวจสอบดูว่าแบบจำลองของตนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่มากน้อยเพียงใด และแบบจำลองของตนสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด ครูต้องพยายามส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนโดยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยครู และนักเรียนต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด ตัวบ่งชี้ที่จะบอกได้ว่าแบบจำลองของนักเรียนเป็นแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแล้วก็คือ การเพิ่มตัวแปรใหม่ในแบบจำลองหรือการเพิ่มตัวปรับปรุงในความสัมพันธ์ในแบบจำลอง รวมถึงมีการใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นใหม่ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงภาพวาดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

3) การดัดแปลง และแก้ไข (Modifying model) ผู้เรียนจะมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลที่ได้อย่างถูกต้อง โดย

เมื่อผู้เรียนได้ทำกิจกรรมแล้วค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกฎใหม่ ๆ ที่ไม่อาจอธิบายได้ด้วยแบบจำลองที่ตั้งไว้ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองนั้น ผู้เรียนอาจจะเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างขึ้น และรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จัดว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการสร้างแบบจำลอง และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนเชื่อ และเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

ข้อสังเกตของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมาในตอนแรกจะมีทั้งความคิดที่สอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แต่ครูจะใช้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นมานี้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปราย และปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างแนวคิดขึ้นมาใหม่อย่างช้า ๆ โดยการใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ มาช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาแบบจำลอง เช่น กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ (Hand-on activities) การอุปมาอุปมัย (Andogies) สร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งกัน หรือการกระตุ้นด้วยภาพเคลื่อนไหวจากคอมพิวเตอร์ จนทำให้แบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นพัฒนาไปสู่แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

อารยา ควัฒน์กุล (2558) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับ ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลอง ใช้สื่อการจัดทำเป็นตัวดำเนินเรื่องสู่บทเรียนเพื่อสร้างความสนใจ หลังจากนั้นให้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้คิดวางแผนอภิปรายร่วมกันโดยใช้ความรู้ที่ตนเองมีออกแบบ และสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของตนเอง

2) ขั้นสำรวจ และประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนความคิด และแลกเปลี่ยนเหตุผลอธิบายแนวคิดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองด้วยคำพูดผู้มีหน้าที่พิจารณาความถูกต้องของแบบจำลองของนักเรียนที่สื่อออกมา และอธิบายความรู้พื้นฐานให้นักเรียนสร้างแบบจำลองนั้น นักเรียนตรวจสอบแบบจำลองของตนเองหากแบบจำลองไม่ถูกต้องให้ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองนั้นให้ถูกต้อง

3) ขยายแบบจำลอง นำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ในปรากฏการณ์ใหม่โดยสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นั้นได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามแนวคิดของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งมี 6 ขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่นักเรียนสนใจศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง ในขั้นนี้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุงหรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

3. บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Office of commercial Services Queensland University of Tecnology (2002) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้หลายครั้งแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Concept) ต่าง ๆ ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวอย่างเดียวหรือการถ่ายทอดเนื้อความเหมือนความเรียง แต่เป็นการฝึกให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองแนวคิดของตนเองเรียกว่า Mental model หากผู้เรียนสามารถสร้าง Mental model ที่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ Mental model นั้นก็จะกลายเป็น Scientific model ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ได้ แต่หากผู้เรียนสร้าง Mental model ที่ไม่สอดคล้องกับ Scientific model ก็จะทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ดังนั้น การกระตุ้น และส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้าง Mental model ที่เป็นวิทยาศาสตร์จึงมีความสำคัญ มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่น การใช้แบบจำลองชนิดต่าง ๆ เข้ามาพัฒนาการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้แบบจำลองจะไม่ใช่เพียงการนำแบบจำลองมาเป็นสื่อ แต่จะให้ผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติ

หรือคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้สิ่งที่ขาดไม่ได้ในการจัดการเรียนรู้คือ การให้โอกาสผู้เรียนได้สะท้อนความคิด (Reflection) ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีหลายชนิด โดยผู้สอนสามารถเริ่มต้นจากแบบจำลองที่ง่ายต่อการเรียนรู้ เช่น แบบจำลองทางกายภาพ จนไปถึงแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น แบบจำลองแนวคิดหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathmatical Mocel) นอกจากนี้ยังมีแบบจำลองอีกชนิดหนึ่งที่จะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อถัดไป คือ แบบจำลองที่สร้างจากการเปรียบเทียบ อุปลักษณ์ และอุปมาอุปไมย ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองดังกล่าวสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยการเปรียบเทียบสิ่งที่คุ้นเคยกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

พรรณวิไล ชมชิด (2552) การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลอง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง ครูมีบทบาทสำคัญในฐานะผู้อำนวยความสะดวกต่างๆ ดังนี้

1) สร้างบรรยากาศให้เกิดการคิด เพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแต่ละบุคคล และการแลกเปลี่ยนความคิดเพื่อให้เกิดแบบจำลองทางความคิดของกลุ่ม

2) แนะนำเกี่ยวกับทักษะการใช้แบบจำลองต่าง ๆ (modeling skill) เพื่อให้นักเรียนรู้จักแบบจำลองที่หลากหลาย และเลือกใช้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความคิดได้ชัดเจนที่สุด รวมทั้งชี้แนะให้นักเรียนได้นำเสนออภิปราย เปรียบเทียบ และวิพากษ์แบบจำลองนั้น ๆ

3) ชี้แนะให้นักเรียนได้เห็นถึงธรรมชาติของแบบจำลองว่ามีข้อจำกัด เนื่องจากแบบจำลองไม่ใช่ของจริง และไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ทั้งหมด ดังนั้นครูต้องให้นักเรียนหาข้อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และให้นักเรียนหาข้อจำกัดที่แบบจำลองนั้น ๆ ไม่สามารถอธิบายได้

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้เสนอบทบาทครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

1) เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย และสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด และสะท้อนความคิดของตนเองออกมา และให้นักเรียนสื่อสารความเข้าใจของตนเองออกมาด้วยการวาดภาพหรือการพูด

2) สร้างแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนโดยใช้การสัมภาษณ์สั้น ๆ ใช้คำถามหรือการสาธิตเหตุการณ์ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3) ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์ของแนวคิดหรือการวาดรูปเพื่อแสดงการเปรียบเทียบหรืออุปมาอุปมัย

4) ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5) ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็น และสาธิตการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็น และสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียน วาดรูป การอธิบายหรือแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

6) ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู แสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจ และมีการเรียนรู้แบบร่วมมือ รวมถึงใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปราย และโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสนใจ เจตคติ และความเชื่อของนักเรียน

7) ถามนักเรียนด้วยคำถามที่ว่า ใคร ทำอะไร เมื่อไหร่ ที่ไหน ทำไม และอย่างไร เพื่อให้นักเรียนอธิบายคำตอบทั้งที่ถูกผิด พร้อมทั้งถามต่อไปว่าทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น ให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองแนวคิดรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้น และคำตอบด้วยภาษาของเขาเอง

8) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวของเขาเอง สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนเชื่อมโยงบทเรียนกับชีวิตประจำวัน

9) ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง ดังตัวอย่างคำถาม เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลองนี้คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนจึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์ต่อการสอนให้ผู้อื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจเกี่ยวกับ.....หรือไม่ นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรที่ต้องเพิ่มเติมในแบบจำลองนี้เพื่อทำให้แบบจำลองสามารถช่วยให้คนอื่นที่ไม่เคยเรียนเรื่องนี้มาก่อนเข้าใจมากขึ้น นอกจากนี้อาจจะให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้เพิ่มเติม เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมเกี่ยวกับ.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย.....ได้หรือไม่มี.....ตอนนี้แบบจำลองของฉันช่วยอธิบายเกี่ยวกับ.....แบบจำลองของฉันมีประโยชน์ต่อผู้อื่นเพราะมันมี.....ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันตามที่เพื่อนร่วมชั้นได้ให้ข้อเสนอดังต่อไปนี้.....ฉันปรับปรุงแบบจำลองของฉันโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ..... เป็นต้น

จากการศึกษาบทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า บทบาทของครู และนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ และเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูจะต้องสอนให้นักเรียนรู้จักการสร้างแบบจำลอง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้น ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากแบบจำลอง ครูมีบทบาทสำคัญในฐานะห้องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น

แบบจำลอง

1. ความหมาย และลักษณะของแบบจำลอง (Model)

นักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลอง (models) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจน และสัมผัสได้ เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริงนำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสื่อสาร (Harrison and Treagust, 2000) อ้างถึงใน (พรรณวิไล ชมชิด, 2552) การสร้างแบบจำลองในวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากแบบจำลองเป็นสื่อกลางที่นักเรียนสามารถนำมาใช้ตีความสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งนำแง่มุมที่หลากหลายของข้อเท็จจริงมาใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ โดยการนำเสนอความเชื่อมโยงข้อเท็จจริงเหล่านั้นในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ดังนั้นแบบจำลองจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ครูเข้าถึงวิธีการสร้างความเข้าใจของนักเรียนต่อสิ่งที่เรียนรู้ได้ (Achér et al., 2007) โดยมีนักวิชาการ และนักการศึกษาเสนอความหมายของแบบจำลองไว้ มีรายละเอียด ดังนี้

National Science Education Standards (1996) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนในลักษณะของภาพหรือคณิตศาสตร์เพื่อการพรรณนาหรือทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎี กฎ เอกลักษณ์ทางกายภาพ โครงสร้างสิ่งมีชีวิตหรือบางส่วนของโครงสร้างสิ่งมีชีวิต

Hestenes (2006) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างในระบบทางกายภาพ และคุณสมบัติของระบบทางกายภาพ

Gilbert et al (2000) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง การเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์อย่างเฉพาะเจาะจง

Bardo and Hartman (1982) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อบรรยายคุณลักษณะที่สำคัญของปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ แบบจำลองจึงมิใช่การบรรยายหรืออธิบายปรากฏการณ์อย่างละเอียดทุกแง่ทุกมุมเพราะ การกระทำเช่นนั้นจะทำให้แบบจำลองนั้นด้อยลงไป ส่วนการที่จะระบุว่าแบบจำลองใด ๆ จะต้องประกอบด้วยรายละเอียดมากน้อยเพียงใดจึงจะเหมาะสม และแบบจำลองนั้น ๆ ควรมีองค์ประกอบอะไรบ้างไม่ได้มีการกำหนดตายตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์แต่ละอย่าง และวัตถุประสงค์ของผู้สร้างแบบจำลองนั้นว่าต้องการจะอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างไร

Tosi and Carroll (1982) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นนามธรรมของของจริงหรือภาพจำลองของสภาพการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจจะมีตั้งแต่แบบจำลองอย่างง่ายไปจนถึงแบบจำลองที่มีความซับซ้อนมาก ๆ มีทั้งแบบจำลองเชิงกายภาพ (Physical Model) เช่น แบบจำลองหอสมุด เป็น

ต้น และแบบจำลองเชิงคุณลักษณะ (Qualitative Model) ที่ใช้อธิบายสภาพการณ์หรือปรากฏการณ์ด้วยภาษาหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ

Örnek (2008) กล่าวว่า แบบจำลอง หมายถึง ผลของการสร้างสิ่งที่เป็นตัวแทนของวัตถุ ปรากฏการณ์หรือแนวคิดจากเป้าหมายกับแหล่งข้อมูล

สวัสดิ์ สุคนธรังสี (2520) กล่าวว่า แบบจำลองหมายถึงตัวแทนที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายพฤติกรรมหรือลักษณะบางประการของสิ่งที่เป็นจริงอย่างหนึ่ง

จากการศึกษาความหมายของแบบจำลองสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง (model) หมายถึง สิ่งที่อธิบายปรากฏการณ์เกี่ยวกับโลก ทฤษฎี กฎ มโนมติ กระบวนการ แนวคิด และหลักการทำงานต่าง ๆ ของระบบโดยนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เช่น วัสดุทรง 3 มิติ ภาพร่าง สมการ ที่นักเรียนสะท้อนออกมาจากความคิดของตนเองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบที่มองเห็นชัดเจนและสัมผัสได้ เชื่อมโยงทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจริงนำมาอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมนั้นให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น

2. ประเภทของแบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ดังนี้

1) ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์การกำหนดโครงสร้างให้มีความหมายตามขอบเขตขององค์ความรู้ (Ontological status) แบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ Gilbert (2005)

1.1) แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.2) แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกนำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด ท่าทาง เป็นต้น

1.3) แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลอง ประสบการณ์ และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

1.4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

1.5) แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (Historical mode) คือ แบบจำลองที่เคยได้ระบุการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองโครงสร้างอะตอมที่แสดงวิวัฒนาการของแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองการสอนอาจจะสร้างโดยครูผู้สอนหรือนักเรียน ซึ่งเป็นลักษณะแบบจำลองผสม (Hybrid model) โดยการนำแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ประวัติศาสตร์หรือโครงสร้างของหลักสูตรในการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2) ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออกแบ่งได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ Gilbert et al (2000)

2.1) แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) คือ แบบจำลองของวัตถุ 3 มิติเป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้แบบจำลองโลหะเพื่ออธิบายเครื่องยนต์ ทางรถไฟ หรือใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล เป็นต้น

2.2) แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbal model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น คำพูดที่ว่า “หัวใจเปรียบเสมือนเครื่องปั๊ม”

2.3) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่เป็นสัญลักษณะ สูตรหรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอน์สไตนแสดงความสัมพันธ์ของพลังงาน และมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

2.4) แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visual or Diagrammatic model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด รูปภาพ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

2.5) แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gestural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบเพื่อน ๆ เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ เป็นต้น

Harrison and Treagust (2000) ได้ศึกษาความเหมือน และความต่างของแบบจำลองที่ใช้ในการสอน และการเรียนรู้ในบทเรียนทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานแบบจำลองที่เรียกว่า แบบจำลองเชิงเทียบ (Analogical Models) จนสามารถจัดประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทรวมแบ่งได้ทั้งหมด 10 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองมาตราส่วน (Scale Models) หมายถึง แบบจำลองที่สะท้อนลักษณะทางภายนอก ขนาด สี รูปร่าง และโครงสร้างของสิ่งที่ต้องการสร้างขึ้นเป็นแบบจำลอง เช่น แบบจำลองสัตว์ต่าง ๆ พืช รถยนต์ หรือตุ๊กตาของเล่น เป็นต้น

2) แบบจำลองเชิงเทียบที่ใช้ในการสอน (Pedagogical Analogical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างของสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง ซึ่งมีลักษณะเสมือนกันแบบ

ตำแหน่งต่อตำแหน่ง และเน้นที่ลักษณะสำคัญมักทำจากวัสดุ เช่น การใช้วัตถุกลม และแท่งทรงกระบอกเชื่อมต่อกันเป็นแบบจำลองของอะตอม และโมเลกลุ เป็นต้น

3) แบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ (Iconic and Symbolic Models) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์ สูตรหรือสมการ มักใช้ในทางเคมีเพื่ออธิบาย และสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แทนด้วยสัญลักษณ์ CO_2 หรืออยู่ในรูป O=C=O เป็นต้น

4) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) หมายถึง แบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์ทางมโนทัศน์ในองค์ประกอบ และกระบวนการทางกายภาพซึ่งแสดงได้เป็นสมการและกราฟ เช่น กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันเขียนแทนได้เป็นหรือกฎของบอยล์ เขียนความสัมพันธ์ได้เป็น เป็นต้น โดยแบบจำลองประเภทนี้มีความเป็นนามธรรม แม่นยำ และทำนายได้มากที่สุดจากบรรดาแบบจำลองทั้งหมด และนักเรียนควรที่จะสามารถพูดหรือเขียนอธิบายจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ได้ด้วย

5) แบบจำลองทางทฤษฎี (Theoretical Models) หมายถึง แบบจำลองที่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของลักษณะทางทฤษฎีเพื่อใช้ในการบรรยาย และอธิบาย เช่น การเขียนเส้นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้แทนแรง และโฟตอน เป็นต้น

6) การใช้แผนที่ แผนผัง และตาราง (Maps, Diagrams and Tables) หมายถึง แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของแบบแผน เส้นทาง และความสัมพันธ์ที่นักเรียนสามารถสังเกต และจำแนกได้โดยง่าย มีลักษณะเป็นสองมิติ เช่น ตารางธาตุ ผังต้นไม้แสดงวิวัฒนาการ แผนที่อากาศ แผนผังวงจรไฟฟ้า ระบบไหลเวียนโลหิต แผนผังแสดงห่วงโซอาหาร เป็นต้น

7) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ และกระบวนการ (Concept-Process Models) หมายถึง แบบจำลองที่เน้นการอธิบายกระบวนการในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น สมการรีดอกซ์ และสมดุลทางเคมี การอธิบายการหักเหของแสงโดยวาดเป็นวงกลมเป็นในลักษณะแถวเรียงกัน เคลื่อนที่เปลี่ยนตัวกลางที่ต่างกัน เป็นต้น

8) สถานการณ์จำลอง (Simulations) หมายถึง แบบจำลองที่มีลักษณะ เคลื่อนไหวโดยแสดงกระบวนการที่ซับซ้อน และยุ่งยากในการทำความเข้าใจ เช่น การแสดงเที่ยวบินของอากาศยาน ปฏิกิริยานิวเคลียร์ การเกิดภาวะโลกร้อน เป็นต้น โดยแบบจำลองนี้มีข้อดีที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินเนื่องจากเป็นสถานการณ์เสมือน

9) แบบจำลองทางความคิด (Mental Models) หมายถึง แบบจำลองของบุคคลที่เกิดจากกระบวนการทางสติปัญญา

10) แบบจำลองสังเคราะห์ (Synthetic Models) หมายถึง แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเมื่อเรียนจบบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ เช่น นักเรียนเปรียบเทียบไข่กับชั้นอิเล็กตรอนที่สามารถช่วยปกป้องโครงสร้างของมันได้ เป็นต้น

การสร้างแบบจำลองมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยจะสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ประการหลัก คือ

ประการแรก เราเชื่อว่าการสร้างแบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองทางการแสดงออกในการนำเสนอต่อสาธารณะชนเป็นจุดสำคัญเพื่อที่จะพัฒนาความเข้าใจปรากฏการณ์หรือข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ

ประการที่สอง การใช้แบบจำลองในการแสดงออกเพื่อการผลิต และการทดสอบการทดลองเป็นสาระสำคัญของความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ประการที่สาม คือ แบบจำลองประวัติศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตหลักของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Hodson, 1993) ดังนั้นการนำแบบจำลองมาใช้ในการเรียนการสอนอาจจะเกิดจากการผสมผสานของแบบจำลองหลากหลายชนิดที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์นั้น ๆ ที่ต้องการสื่อความหมาย

จากการศึกษาประเภทของแบบจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลายประเภท ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้เรียนสร้าง คือ แบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองมาตรส่วน ใช้เกณฑ์การแบ่งประเภทของแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ และหน้าที่ของแบบจำลองแต่ละประเภทตามความคิดของ Harrison and Treagust (2000)

3. ลักษณะ และข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้ก็มีลักษณะที่สำคัญ ดังนี้ Gilbert and Ireton (2003)

1) ไม่เป็นของจริง (Artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่า “ไม่เป็นของจริง” ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า “เป็นของปลอม”

2) คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (Utilitarian) โดยแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนของเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะใช้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช่เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3) ง่าย (Simplified) โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4) ต้องตีความหมาย (Interpreted) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป็นเป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับ

ประเภทของแบบจำลอง เช่น Scale model จะถูกตีความได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่เป็นภาพหรือแผนผัง เช่น แผนที่ทางหลวง ผังเมือง เป็นต้น

5) มีความไม่สมบูรณ์ (Imperfect) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะไม่มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์ที่สุด

Gilbert et al (2000) ได้กล่าวถึงลักษณะองค์ประกอบของแบบจำลอง ซึ่งมีทั้งแบบจำลองทั่วไป และแบบจำลองที่มีความเป็นนามธรรม ทั้งนี้แบบจำลองอาจประกอบด้วยบางส่วนหรือทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปส่วนประกอบของแบบจำลองได้ ดังนี้

1) เอกลักษณ์ (Entities) ที่เป็นวัตถุหรือสิ่งที่จับต้องได้ที่มองเห็นได้ทั้งที่แยกออกมา เช่น ล้อรถ เป็นต้น หรือเป็นส่วนประกอบหนึ่งของระบบที่สนใจ เช่น ล้อรถที่ติดอยู่กับรถยนต์ เป็นต้น

2) เอกลักษณ์ที่มีความเป็นนามธรรม (Abstraction) ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาหรือไม่สามารถจับต้องได้ แต่ประพฤติตัวราวกับเป็นวัตถุหรือที่สามารถสัมผัสได้ เช่น แรง และพลังงาน เป็นต้น

3) ความผสมผสานกัน (Mixture) ของเอกลักษณ์ระหว่างสิ่งที่สัมผัสจับต้องได้กับสิ่งที่ประพฤติตัวราวกับเป็นวัตถุหรือที่สัมผัสได้

4) ระบบ (System) ที่แสดงความสัมพันธ์ของเอกลักษณ์

5) เหตุการณ์ (Event) ที่แสดงพฤติกรรมของเอกลักษณ์ที่อยู่ในระบบที่สนใจที่มีข้อจำกัดในด้านเวลา เช่น แบบจำลองของการแข่งขันกรีฑา เป็นต้น

6) กระบวนการ (Process) ของเหตุการณ์ที่อยู่ในระบบที่มีผลลัพธ์อย่างชัดเจน เช่น วิธีการของ Bosch Haber ในการผลิตแอมโมเนียจากไนโตรเจน และไฮโดรเจน เป็นต้น

จากการศึกษาลักษณะ และข้อจำกัดของแบบจำลอง สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะ และข้อจำกัดของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของผู้นิยาม

ทักษะการสร้างแบบจำลอง

1. ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยได้มีผู้ให้ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ให้ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง นำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจรูปของแบบจำลองต่าง ๆ เช่น กราฟ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุ สิ่งของ สิ่งประดิษฐ์ หุ่น เป็นต้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2560) ให้ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) หมายถึง ความสามารถในการสร้าง และใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบาย

ปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่น เข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2563) ได้ให้ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การสร้างพัฒนาหรือใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนสิ่งต่าง ๆ เช่น วัตถุ กระบวนการ ปรากฏการณ์เพื่อสื่อสาร บรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์สิ่งที่ศึกษา

จากการศึกษาความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ว่า ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การที่นักเรียนใช้ความรู้เพื่อออกแบบ และสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ศึกษาหรือสนใจให้ออกมาในรูปต่าง ๆ รวมถึงความสามารถในการนำเสนอ ข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจรูปของแบบจำลองต่าง ๆ ที่สะท้อนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้

2. แนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยได้มีผู้กำหนดแนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองดังนี้

Brookhart and Nitko (2007) กล่าวว่า ทักษะการสร้างแบบจำลองมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงานเนื่องจาก ภาระงานของนักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติ และผลงานทำให้วิธีประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติงานจัดเป็นการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ

1) ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ (Performance Task) คือ กิจกรรมที่ให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ และทักษะ โดยอาจประเมินผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นหรือกระบวนการที่นักเรียนใช้สร้างผลงานจนสำเร็จ

2) เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน

ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ (2539) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีได้เสนอแนะแนวการสร้าง แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม หมายถึง การแจกแจงให้ชัดเจนโดยครูต้องศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วมาแจกแจงให้เป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีสถานการณ์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวังเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2) การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่ง ๆ ควรกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ทักษะนั้น และเนื้อหานั้นควรกำหนดในข้อสอบ

3) การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหา และพฤติกรรม หมายถึง ทักษะซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าใดอย่างละกี่ข้อจะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่าข้อสอบวัดพฤติกรรมทักษะใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4) การเลือกแนวทางการออกข้อสอบควรถือหลักว่าควรใช้การสอบแบบใดจึงจะสามารถวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรง และถูกต้องเหมาะสมมากที่สุดตลอดทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็ก ประหยัดเวลา และง่ายต่อการปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะที่สำคัญ ที่มุ่งให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น โดยปฏิบัติตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างคล่องแคล่ว และชำนาญ ดังนั้นในการสอนจึงต้องปลูกฝังให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Schwarz et al (2009) ได้ระบุองค์ประกอบของการสร้างแบบจำลองว่า ประกอบด้วยการกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Element of practice) และความรู้เชิงอภิมาน (Metaknowledge) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Element of practice) ประกอบด้วย 4 กระบวนการที่สำคัญ ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Construct models) ที่สอดคล้องกับหลักฐาน และทฤษฎีที่แสดงอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

2) การใช้แบบจำลอง (Use models) เพื่อแสดง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) การเปรียบเทียบ และประเมิน (Compare and evaluate) ความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกันในส่วนของการแสดงความถูกต้อง และการพิจารณารูปแบบของปรากฏการณ์

4) การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบาย และทำนาย พิจารณาเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือลักษณะของปรากฏการณ์เพิ่มเติม

ความรู้เชิงอภิมาน (Metaknowledge) ช่วยชี้แนะนักเรียนเกี่ยวกับการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง และช่วยให้นักเรียนสามารถวางแผน และประเมิน สิ่งที่สนใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ในการสร้างแบบจำลองเชิงอภิมานแบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

1.1) แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างความเข้าใจเพื่อที่จะสร้างความรู้

1.2) แบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในการถ่ายทอดความความเข้าใจหรือความรู้

1.3) แบบจำลองสามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจใหม่ ๆ หรือใช้ในการทำนายลักษณะใหม่ ๆ ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

1.4) แบบจำลองถูกใช้ในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

2) ธรรมชาติของแบบจำลอง

2.1) แบบจำลองสามารถแทนสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็น และไม่สามารถเข้าถึงได้

2.2) แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน

2.3 แบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.4) แบบจำลองสามารถเปลี่ยนเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2.5) แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพ วัสดุ สถานการณ์จำลอง เป็นต้น

3) เกณฑ์ในการประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง

3.1) แบบจำลองจำเป็นต้องยึดอยู่บนหลักฐานเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ

3.2) แบบจำลองจำเป็นต้องรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

จากการศึกษาแนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลองสรุปได้ว่า ทักษะการสร้างแบบจำลองมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงานเนื่องจาก ภาระงานของนักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติ และผลงาน ซึ่งองค์ประกอบของการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Element of practice) มี 4 กระบวนการที่สำคัญ ดังนี้ 1. การสร้างแบบจำลอง (Construct models) 2. การใช้แบบจำลอง (Use models) 3. การเปรียบเทียบ และประเมิน (Compare and evaluate) 4. การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) และความรู้เชิงอภิมาน (Metaknowledge) แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง 2. ธรรมชาติของแบบจำลอง และ 3. เกณฑ์ในการประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง

3. แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ และเกณฑ์ที่ใช้สำหรับวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

1) การประเมินแบบจำลอง

Lantz (2004) อ้างถึงใน เชาวรินทร์ สีใหม่ (2552) ได้สร้างแบบประเมินการสร้างแบบจำลองแบบเกณฑ์การประเมิน (Scoring rubrics) แบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี (Great) ใช้ได้ (O.K.) และควรปรับปรุง (Needs work) โดยให้นักเรียน และครูเป็นผู้ประเมิน รายการประเมินประกอบด้วย 4 รายการ ดังนี้

1.) แบบจำลองแสดงข้อมูลถูกต้องหรือไม่

2.) แบบจำลองแสดงออกถึงสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ชัดเจน

3.) แบบจำลองเข้าง่าย

4.) แบบจำลองมีสัดส่วนเหมาะสม สะอาด และเรียบร้อย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้กล่าวถึง คือ แนวทางการประเมินกระบวนการเรียนรู้แบบมาตรระดับหรือมาตรส่วนประมาณค่าไว้ว่า “เป็นแบบบันทึกผลการประเมินที่มีหัวข้อการประเมินทั้งการปฏิบัติ และผลงานโดยมีพฤติกรรมชี้บ่งให้สังเกตได้ บันทึกระดับคุณภาพตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปด้วยเกณฑ์บอกถึงปริมาณ และคุณภาพอย่างชัดเจน” และได้แบ่งการประเมินการทำภาระงานออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ โดยเกณฑ์การประเมินของภาระงานนั้น ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้ 2 แบบคือ

1.) การให้คะแนนแบบภาพรวม เป็นการให้คะแนนภาระงานชิ้นเดียวหรือหลายชิ้นที่ต้องการสรุปผลการประเมินเฉพาะจุดประสงค์หลักหรือประเด็นสำคัญของงานเท่านั้น ซึ่งการให้คะแนนจะกำหนดรายการประเมินส่วนที่สำคัญ ๆ ของภาระงาน

2.) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย การประเมินเพื่อพัฒนาภาระงานที่ผู้เรียนปฏิบัติให้ดำเนินไปจนบรรลุจุดประสงค์ โดยการให้คะแนนจะประเมินตามองค์ประกอบของชิ้นงานนั้นกระทำเป็นระยะ ๆ และนำผลการประเมินไปใช้พัฒนางานส่วนที่ต่อจากช่วงนี้ไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ผลงานที่ทำสำเร็จ มีคุณภาพตามเกณฑ์หรือสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนด

โกเมศ นาแจ้ง (2554) ได้สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัยโดยเป็นแบบวัดที่กำหนดสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนเขียนออกแบบมาเป็นแบบจำลองทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ แบบจำลองที่แสดงด้านสมการคณิตศาสตร์ และแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความมโนทัศน์ โดยแบบจำลองแต่ละประเภทจะประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองที่ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนรูบริคแบบทั่วไป (Generic rubrics) รวมทั้งกำหนดรายละเอียดระดับความสามารถของแต่ละรายการซึ่งแบ่งเป็น 3 ดับคือ ดี (3) พอใช้ (2) และต้องปรับปรุง (1)

Bamberger and Davis (2013) ทำการวัด และประเมินแบบจำลองเชิงภาษา และแบบจำลองเชิงภาพร่วมกันจากการให้นักเรียนวาดแบบจำลองเรื่อง กลิ่น การระเหย และแรงเสียดทาน จากนั้นแบ่งองค์ประกอบของการประเมินเป็น 4 องค์ประกอบ คือ

1.) การอธิบาย

2.) การเปรียบเทียบ

3.) ความเป็นนามธรรม

4.) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

2) แบบทดสอบ มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่มีข้อมูลประกอบ โดยลักษณะของข้อคำถามเป็นแบบเติมคำตอบโดยการวาดแบบจำลองและคำอธิบายคำตอบ

Jackson (2001) ได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่เป็นภาพวาด และการอธิบายของนักเรียน โดยเป็นแบบประเมินแบบรูบริคแบบแยกแยะประเด็นออกเป็น 3 ประเด็น คือ

1) ภาพวาด

2) ความสอดคล้องของภาพวาด และคำอธิบาย

3) คำอธิบาย ซึ่งแบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (Jackson, 2001)

ระดับความสามารถ	**รายการประเมิน**		
	ภาพวาด	**ความสอดคล้อง**	**คำอธิบาย**
ดี	ภาพวาดแสดงการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของผัก การเปลี่ยนแปลงจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถา ไม้เนื้อแข็งตามลำดับได้อย่างชัดเจน	คำอธิบายสอดคล้องกับภาพวาด	คำอธิบายมีความสมบูรณ์ ระบุการเปลี่ยนแปลงของพืชตลอดเวลาจากหน้าดินที่ว่างเปล่าไปสู่การมี ไม้ล้มลุก หรือต้นไม้เตี้ย ๆ ไม้เถา ไม้เนื้อแข็ง ตามลำดับ และเปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืชชนิดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้น
พอใช้	ภาพวาดแสดงการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของผัก การเปลี่ยนแปลงจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ไปเป็นไม้ล้มลุก	คำอธิบายส่วนใหญ่สอดคล้องกับภาพวาด	คำอธิบายขาดรายละเอียดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของพืชตลอดเวลาจากหน้าดินที่ไม่มีพืช จนมีพืชล้มลุก

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (Jackson, 2001) (ต่อ)

ระดับความสามารถ	รายการประเมิน		
	ภาพวาด	ความสอดคล้อง	คำอธิบาย
	หรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถา ไม้เนื้อแข็งตามลำดับวาดภาพได้ไม่ชัดเจน		หรือพืชที่มีต้นเตี้ย ๆ ไม้เถา ไม้เนื้อแข็งตามลำดับ และเปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืช
ความปรับปรุง	ภาพวาดแสดงการเปลี่ยนแปลงคลาดเคลื่อน	วาดภาพไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย	คำอธิบายผิด
ไม่ผ่าน	ภาพวาดไม่สอดคล้อง	ภาพวาดและคำอธิบายผิด	คำอธิบายผิด

3. การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

การวัด และการประเมินกระบวนการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง โดยมีตัวอย่างเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

Schwarz et al (2009) โดยนำองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย

1) การสร้างแบบจำลอง (Construct models) ที่สอดคล้องกับหลักฐาน และทฤษฎีเพื่อที่จะยกตัวอย่าง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2) การใช้แบบจำลอง (Use model) ในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) การเปรียบเทียบ และประเมิน (Compare and evaluate) ความสามารถของแบบจำลองที่ต่างกันเพื่อแสดง และอธิบายแบบแผนในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้อย่างถูกต้อง และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

4) การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) เพื่อที่จะเพิ่มอำนาจในการทำนาย และการอธิบายโดยพิจารณาถึงหลักฐานหรือลักษณะของปรากฏการณ์เพิ่มเติม จากองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลอง สามารถแบ่งเกณฑ์การประเมินกระบวนการปฏิบัติออกเป็น

1) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการสร้าง และใช้แบบจำลอง

2) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการเปรียบเทียบและปรับปรุงแบบจำลอง และได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยเป็นแบบประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ของกระบวนการนั้น ๆ ซึ่งแบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการสร้าง และใช้แบบจำลอง (Schwarz et al., 2009)

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	1) นักเรียนสร้าง และใช้แบบจำลองในขอบเขตของการช่วยในการคิด 2) นักเรียนพิจารณาว่าปรากฏการณ์ และแบบจำลองที่หลากหลายมีความสอดคล้องกัน 3) นักเรียนสร้าง และใช้แบบจำลองเพื่อตั้งคำถามใหม่เกี่ยวกับพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์
3	1) นักเรียนสร้าง และใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบาย และทำนายลักษณะของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง 2) นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่มีอยู่ และปรากฏการณ์ใหม่ 3) นักเรียนพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่แตกต่างกันในการอธิบาย และทำนาย
2	1) นักเรียนสร้าง และใช้แบบจำลองเพื่อแสดง และอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์โดยการพิจารณาร่วมกับหลักฐานที่เกี่ยวข้อง
	2) นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์มากกว่าเครื่องมือสำหรับการสนับสนุนความคิด
1	1) นักเรียนสร้าง และใช้แบบจำลองเพื่อแสดงถึงปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ 2) นักเรียนไม่สามารถมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความรู้ใหม่ แต่มองว่าแบบจำลองเป็นการแสดงถึงสิ่งอื่นซึ่งมีความคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่สังเกต

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการเปรียบเทียบ และปรับปรุงแบบจำลอง (Schwarz et al., 2009)

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	1) นักเรียนพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองเพื่อพัฒนาการอธิบายที่ดีขึ้นก่อนการสนับสนุนด้วยหลักฐาน แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาคำถามที่ทดสอบกับหลักฐานจากปรากฏการณ์ 2) นักเรียนประเมินแบบจำลองโดยพิจารณาลักษณะร่วมของแบบจำลองที่สามารถพัฒนาคำอธิบาย และการทำนายที่มีประสิทธิภาพ
3	1) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่เหมาะสมสอดคล้องกับหลักฐานเพื่อพัฒนาคำอธิบาย 2) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองจากการมองเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างหรือความสัมพันธ์ที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์มากกว่า และมีกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีกว่า
2	1) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองโดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับจากครู หนังสือหรือเพื่อนมากกว่าการพิจารณาจากหลักฐานที่ได้รับจากปรากฏการณ์หรือกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ 2) นักเรียนสร้างการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนารายละเอียด ความชัดเจน และเพิ่มเติมข้อมูล โดยปราศจากการพิจารณาคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพของแบบจำลองหรือความเหมาะสมต่อหลักฐานเชิงประจักษ์
1	1) นักเรียนไม่คาดหวังว่าแบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปสู่ความรู้ใหม่ นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับแบบจำลองในแง่ของความสมบูรณ์ โดยไม่พิจารณาถึงคำตอบที่ถูกหรือผิด 2) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อประเมินแบบจำลอง

Baek et al (2011) ; Schwarz et al (2009) ได้ศึกษากลวิธีเพื่อที่จะกระตุ้นส่งเสริมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับประถมศึกษา และการสร้างแบบจำลองในระดับมัธยมศึกษาในโครงการการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Modeling designs for Learning Science: MoDeLS) โดยมีการออกแบบการประเมินการสร้างแบบจำลองโดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการสร้าง (Generative Dimension) และด้านการปรับเปลี่ยน เป็นพฤติกรรมบ่งชี้ถึงการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4. แบบสัมภาษณ์ แบบสัมภาษณ์ที่ใช้จะเน้นไปที่ความรู้เชิงอภิมานในการสร้างแบบจำลอง (Metamodeling knowledge) โดยงานวิจัยของ Grosslight et al (1991) ใช้แบบสัมภาษณ์ในการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และการได้มาซึ่งความรู้ โดยมีการระบุระดับพื้นฐานของการคิดเกี่ยวกับแบบจำลองออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 แบบจำลองได้รับกระตุ้นในลักษณะของการจำลองหรือการทำซ้ำให้ง่ายขึ้นจากปรากฏการณ์ที่เป็นจริง

ระดับที่ 2 แบบจำลองมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง และชัดเจน และต้องแตกต่างจากปรากฏการณ์ ในระดับนี้เน้นไปที่แบบจำลอง และความเสมือนเป็นจริง แต่ยังไม่มีแนวคิด มาสนับสนุน

ระดับที่ 3 ระดับนี้ประกอบด้วยปัจจัยหลักที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1) แบบจำลองที่สร้างขึ้นสนับสนุนการพัฒนา และทดสอบแนวคิด

2) ผู้สร้างแบบจำลองมีบทบาทในการสร้างแบบจำลองที่สามารถจัดการได้

3) เป้าหมายของแบบจำลองเพื่อทดสอบการได้มาซึ่งความรู้

โดยแนวความคิดของนักเรียนขึ้นอยู่กับระดับคะแนนใน 6 มิติ คือ 1) บทบาทของแนวคิด 2) การใช้สัญลักษณ์ 3) บทบาทของผู้สร้างแบบจำลอง 4) การสื่อสาร 5) การทดสอบ และ 6) การจัดการในการสร้างแบบจำลอง ในแต่ละมิตินักเรียนจะได้รับคะแนน 1 2 และ 3 คะแนน และงานวิจัยของ Grosslight et al (1991) ถือเป็นพื้นฐานสำหรับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยอื่น ๆ (Nicolaou and Constantinou., 2014)

จากการศึกษาแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองสามารถวัดได้จาก 1. การประเมินแบบจำลอง, 2. แบบทดสอบ, 3. การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง และ 4. แบบสัมภาษณ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้แบบทดสอบ และการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง เป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจาก Jackson (2001) ได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่เป็นภาพวาด และการอธิบายของนักเรียน โดยเป็นแบบประเมินแบบรูบริคแบบแยกแยะประเด็นออกเป็น 3 ประเด็น คือ 1) ภาพวาด 2) ความสอดคล้องของภาพวาดและคำอธิบาย 3) คำอธิบาย แบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับ ผู้วิจัยนำมาดัดแปลง โดยแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมินดังนี้ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับ หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง มีเกณฑ์การให้คะแนนรายการประเมินละ 4 ระดับ โดยแบบทดสอบ 1 ข้อมีคะแนนเต็มทั้งหมด 16 คะแนน และการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ ตามองค์ประกอบของการสร้างแบบจำลองที่ดัดแปลงมาจาก Schwarz et al (2009) ซึ่งองค์ประกอบของกระบวนการ

สร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย การปฏิบัติสำหรับการสร้างแบบจำลอง (Practice of modeling) 4 กระบวนการที่สำคัญ ดังนี้ 1. การสร้างแบบจำลอง (Construct models) 2. การใช้แบบจำลอง (Use models) 3. การเปรียบเทียบและประเมิน (Compare and evaluate) 4. การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) สามารถแบ่งเกณฑ์การประเมินกระบวนการปฏิบัติออกเป็น

1) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการสร้าง และใช้แบบจำลอง

2) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ประเมินกระบวนการเปรียบเทียบและปรับปรุงแบบจำลอง

ผู้วิจัยนำมาดัดแปลงตามองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน รายการประเมินละ 3 หัวข้อย่อย มีเกณฑ์การให้คะแนนหัวข้อย่อยละ 4 ระดับ โดยชิ้นงาน 1 ชิ้นมีคะแนนเต็มทั้งหมด 48 คะแนน มีรายการประเมิน ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง

1.1) แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์

1.2) แบบจำลองระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ

1.3) ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลอง

2) การใช้แบบจำลอง

2.1) ใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับ หลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

2.2) สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อย

2.3) สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

3) การเปรียบเทียบและประเมิน

3.1) สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่น

3.2) สามารถประเมินว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี

3.3) สามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลอง

4) การปรับปรุงแบบจำลอง

4.1) ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

4.2) ปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

4.3) ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งแนวทางปรับปรุงพัฒนา

จากการศึกษา และวิเคราะห์ความหมายของทักษะการสร้างแบบจำลอง แนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง และแบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง พบว่า

ทักษะการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การที่นักเรียนใช้ความรู้ และความสามารถเพื่อออกแบบ และสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ศึกษาหรือสนใจให้ออกมาในรูปต่าง ๆ รวมถึงความสามารถในการนำเสนอ ข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจรูปของแบบจำลองต่าง ๆ ที่สะท้อนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องหรืออธิบายสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้

แนวทางการวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ทักษะการสร้างแบบจำลองมีลักษณะเป็นการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน เนื่องจากภาระงานของนักเรียนเป็นการสร้างแบบจำลองที่เน้นขั้นตอนการปฏิบัติ และผลงานซึ่งองค์ประกอบของการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย กระบวนการสร้างแบบจำลอง (Element of practice) และความรู้เชิงอภิมาน (Metaknowledge)

แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง งานวิจัยนี้จะเลือกใช้แบบทดสอบวัดทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน โดย 1 ข้อมีคะแนนเต็ม 16 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่เป็นภาพวาด และการอธิบายของนักเรียน เป็นแบบประเมินแบบรูบริคแบบแยกแยะประเด็นของ Jackson (2001) ออกเป็น 4 รายการประเมิน ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับ หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด

4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

และกระบวนการสร้างแบบจำลอง ทำการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ 1 ชิ้นงานมีคะแนนเต็มทั้งหมด 48 คะแนน ซึ่งแบบประเมินดัดแปลงมาจาก Schwarz et al (2009) มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ประกอบด้วย 4 รายการประเมิน ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Construct models) ที่สอดคล้องกับหลักฐาน และทฤษฎีที่แสดงอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์

2) การใช้แบบจำลอง (Use models) เพื่อแสดงอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) การเปรียบเทียบและประเมิน (Compare and evaluate) ความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกันในส่วนของการแสดงความถูกต้อง และการพิจารณารูปแบบของปรากฏการณ์ และทำนายปรากฏการณ์ใหม่

4) การปรับปรุงแบบจำลอง (Revise models) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบาย ทำนาย พิจารณาเกี่ยวกับเหตุการณ์ หรือลักษณะของปรากฏการณ์เพิ่มเติม

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของมโนมติ

มโนมติ แปลมาจากภาษาอังกฤษว่า Concept ซึ่งมีผู้ให้คำแปลเป็นภาษาไทยไว้หลายคำ เช่น มโนทัศน์ สังกัป ความคิดรวบยอด หรือ มโนมติ (พงศกร สุวรรณเดชา และ นิคม ทองบุญ., 2542) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า มโนมติ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยได้มีผู้ให้ความหมายของคำว่ามโนมติไว้หลายท่านดังนี้

Bruner et al (1986) ได้ให้ความหมายของมโนมติ หมายถึง การลงความคิดเห็นจากการสังเกตหรือเหตุการณ์อย่างต่อเนื่องเพื่อหาลักษณะที่คล้าย ๆ กัน และต้องสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะอื่น ๆ ที่ไม่สามารถสังเกตได้จากวัตถุ และเหตุการณ์นั้นด้วย

Hurd (1970) กล่าวว่า แนวคิด มโนมติ สังกัป หรือความคิดรวบยอดเป็นประเภทหนึ่งของการเรียนรู้ (Knowledge) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของข้อเท็จจริง (Fact) ที่มีความหมายโดยในแต่ละแนวคิดจะมีลักษณะสำคัญที่ทำให้แนวคิดนั้นแตกต่างจากแนวคิดอื่น ๆ

ไพโรจน์ เติมเตชาชาติพงศ์ (2550) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งหนึ่งสิ่งใดหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันเกิดจากการสังเกตหรือประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเพื่อให้คำจำกัดความของเรื่องนั้นหรือสิ่งนั้น

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง แนวคิดคือกลุ่มของความคิดที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้ภาษาเป็นเครื่องมือในการสื่อสารระหว่างบุคคลในสังคมโดยอาศัยความเข้าใจที่ตรงกันของคนในสังคมนั้น

เบญจพร อินทรสด และคณะ (2554) ได้ให้ความหมายมโนมติไว้ว่า มโนมติเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลหนึ่งบุคคลใดสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้บุคคลนั้นจึงนำการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขาจะทำให้เกิดมโนมติ ซึ่งเป็นความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น และทำให้เขามีความรู้ขึ้น

พรหมพิริยะ เมืองขันธ์ (2557) กล่าวว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจภายในตัวบุคคลที่ใช้อธิบาย ตีความ และสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเป็นผลที่เกิดจากการสังเกต ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือได้รับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งนั้นที่เป็นลักษณะเฉพาะแตกต่างจากสิ่งอื่น แล้วใช้คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุปเป็นคุณสมบัติหรือลักษณะที่เฉพาะเจาะจงของสิ่งนั้น

จากการศึกษาความหมายของมโนมติสามารถสรุปได้ว่า มโนมติ หมายถึง ความคิดหรือความเข้าใจของบุคคลที่จะสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกตหรือจากประสบการณ์ต่าง ๆ แล้วใช้คุณลักษณะที่เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะสามารถแยกแยะออกจากสิ่งอื่นได้ชัดเจน

2. การสร้างมโนมติ

การสร้างมโนมติของแต่ละบุคคลประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ หลายขั้นตอนที่ใช้ในการสร้างมโนมติ เรียกว่า กระบวนการสร้างมโนมติ ซึ่งได้มีนักการศึกษาเสนอความคิดเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนมติไว้ดังนี้

Ausubel (1968) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นตอนในการสร้างมโนมติไว้ดังนี้

1) วิเคราะห์ และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า

2) สร้างสมมติฐานเกี่ยวกับลักษณะรวมของสิ่งเร้า

3) ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง

4) เลือกสมมติฐานที่สามารถครอบคลุมสิ่งเร้าที่มีลักษณะบางประการเหมือนกัน

5) นำลักษณะเฉพาะของสิ่งเร้าที่คิดไว้สมมติฐานสัมพันธ์กับโครงสร้างความคิดที่มีอยู่เดิมของตน

6) แยกแยะความแตกต่างระหว่างมโนมติที่ได้ใหม่กับมโนมติที่มีอยู่เดิมเพื่อหาความสัมพันธ์

7) สรุปความหมายของมโนมติที่รับมาใหม่ให้คลอบคลุมไปยังสมาชิกทุก ๆ หน่วยในกลุ่ม

8) คิดหาสัญลักษณ์ทางภาษาที่เหมาะสมมาใช้เป็นตัวแทนของมโนมติที่รับมาใหม่

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2537) ได้ทำการศึกษาพบว่า การเรียนรู้มโนมติขึ้นอยู่กับการพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของนักเรียน และอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมของการเรียนการสอน โดยพัฒนาการของการเรียนมโนมติแบ่งได้เป็น 4 ระดับ คือ

1) ขั้นที่นักเรียนจำวัตถุสิ่งต่าง ๆ และนึกชื่อสิ่งนั้นได้

2) ขั้นที่นักเรียนจำสิ่งหนึ่งสิ่งใดในสภาพการณ์ และเวลาที่ต่างกันได้ สามารถสรุปความคล้ายคลึง และแผ่ขยายมโนมติที่มีอยู่ได้ เช่น ปลาย่อมเป็นปลาอยู่เสมอไม่ว่าจะอยู่ที่ใด เวลาใด

3) ขั้นที่นักเรียนสามารถจัดประเภทสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน

4) ขั้นสุดท้ายเป็นขั้นที่นักเรียนสามารถให้ชื่อมโนมติ อธิบายความหมาย จำแนกความแตกต่างระหว่างมโนมติต่าง ๆ ได้เป็นระดับที่มีการเรียนรู้มโนมติอย่างสมบูรณ์

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และ สุลัดดา ลอยฟ้า (2545) ได้อธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างมโนมติไว้ว่า โครงสร้างทางสติปัญญาของมนุษย์ประกอบด้วย 4 อย่างคือ

1) โครงสร้าง (Schema)

2) กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง (Assimilation)

3) กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation)

4) สภาวะสมดุล (Equilibrium)

ในโครงสร้างทางสติปัญญาทั้ง 4 อย่างนี้ โครงสร้างที่มีความสำคัญมากต่อการสร้างมโนมติ คือ กระบวนการปรับเข้าโครงสร้าง และกระบวนปรับขยายโครงสร้าง ซึ่งกระบวนปรับขยายโครงสร้างประกอบด้วยความสามารถในการจำแนก (Discrimination) และความสามารถในการสรุปครอบคลุม (Generalization) เช่น เด็กสามารถแยกสัตว์สี่เท้าออกจากพวกนก และเด็กสามารถจัดสัตว์ที่พบเห็นเข้าเป็นพวกนก สัตว์สี่เท้า และสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยใช้ความสามารถในการสรุปครอบคลุมลักษณะของสัตว์ เช่น นก ไก่ เป็ด รวมเข้าเป็นสัตวปีกได้ ความสามารถในการจำแนก และการสรุปครอบคลุม ช่วยส่งเสริมกระบวนการปรับเข้าโครงสร้างให้มีคุณภาพในระดับที่สูงขึ้น กล่าวคือ เมื่อบุคคลจัดประเภทของวัตถุ หรือสิ่งมีชีวิตได้แล้ว เมื่อไปพบวัตถุใหม่แล้วสามารถจัดเข้าประเภทเดียวกันได้ บุคคลนั้นก็ใช้กระบวนการปรับเข้าโครงสร้างจัดเข้าประเภท ส่วนกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง หมายถึง เมื่อบุคลลพบสิ่งใหม่ที่ไม่สามารถจัดเข้าโครงสร้างเดิมได้ ก็ต้องจัดประเภทใหม่หรือปรับโครงสร้างใหม่ บุคคลที่มีความสามารถปรับโครงสร้างใหม่ได้ เป็นบุคคลที่มีความสามารถสร้างมโนมติใหม่ ๆ ได้

จากการศึกษาการสร้างมโนมติสามารถสรุปได้ว่า การสร้างมโนมติต่าง ๆ จะเริ่มจากการที่นักเรียนได้สังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ แล้วทำให้เกิดการรับรู้ที่นำไปสู่การจัดระบบแนวความคิดแล้วจึงนำมาแยกแยะประเภท โดยอาศัยสมบัติเฉพาะของวัตถุหรือเหตุการณ์นั้นๆ หลังจากนั้นก็นำมาเชื่อมสัมพันธ์กับแนวคิดของตนเองจนเกิดความเข้าใจในสิ่งนั้นแล้วสรุปเป็นมโนมติของตนเอง

3. ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีผู้ให้ความหมายของคำว่ามโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่านดังนี้

Bloom et al (1971) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนมตินั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกธรรมชาติ

Mungsing (1993) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจของกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่สรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิทยาศาสตร์

สมควร ขนชัยภูมิ (2545) ได้สรุปความหมายของคำว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งที่เกิดจากความคิดความเข้าใจของบุคคลจนสามารถสรุปต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

ศิวาพร ศรีมงคล (2550) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์โดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการเป็นขั้นตอนแล้วนำข้อความรู้นั้นมาประมวลเป็นข้อสรุปเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

พิชา ชัยจันดี (2552) ได้ให้ความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิดความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากข้อเท็จจริงหลักการผลของการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันอย่างมีเหตุผลเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งนักวิทยาศาสตร์เห็นร่วมกัน

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2551) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เกิดจากกระบวนการที่มนุษย์แปลความหมายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีการอธิบายอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตหรือทฤษฎีที่ตนเองยึดถืออยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสังเกต และอธิบายใหม่ที่ให้ข้อมูลหรือเหตุผลได้มากกว่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือเป็นสิ่งปกติที่เกิดขึ้นในสังคมของนักวิทยาศาสตร์เพราะ ธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Nature of scientific knowledge) ย่อมสามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอหากมีข้อมูลหรือหลักฐานที่สมเหตุสมผลมากกว่าเดิม

เกียรติมณี บำรุงไร่ (2553) กล่าวว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากข้อเท็จจริงหลักการ และสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป และสามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

จากการศึกษาความหมายของมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า มโนมติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากประสบการณ์สิ่งเร้าที่ได้รับการสังเกตหรือเรียนรู้มาโดยอาศัยเหตุผลข้อเท็จจริง มีหลักการนำมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นข้อสรุป แล้วมารวมเข้าด้วยกันประมวลเป็นความคิดรวบยอดแล้วสามารถอธิบายออกเป็นแนวคิดความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้

4. รูปแบบของมโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักวิชาการ และนักการศึกษา ได้ระบุรูปแบบของมโนมติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

Westbrook and Marek (1991) ได้ให้ระดับความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ซึ่งจัดการให้คะแนนเป็น 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

Abraham et al (1994) ได้แบ่งระดับความเข้าใจมโนมติออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

1) แนวคิดที่ถูกต้อง (Sound understanding : SU) หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่มีคำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องทั้งหมด

2) แนวคิดที่ถูกต้องบางส่วน (Partial understanding : PU) หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่มีคำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องบางส่วน

3) แนวคิดถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with a specific misconception : PU/SM) หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่มีคำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนจากมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific misconception : SM) หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่มีการตอบที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5) ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด (No understanding or no conception : NU/NO) หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่ไม่ตอบคำถาม ตอบซ้ำกับคำถาม คำตอบไม่เกี่ยวข้องหรืออธิบายไม่ชัดเจน ไม่มีการอธิบายเหตุผลของคำตอบ

Haidar (1997) ได้พิจารณาแบ่งระดับมโนมติของนักเรียนออกเป็น

1) มโนมติถูกต้อง (sound understanding ; SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ

2) มโนมติถูกต้องบางส่วน (partial understanding ; PU) คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องเป็นที่ยอมรับกับแนวความคิด เชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3) มโนมติถูกต้องบางส่วน และมโนมติคลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding ; PU/SU) หมายถึง คำตอบของนักเรียน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีมโนมติสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ และมีบางส่วนที่ไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติวิทยาศาสตร์

4) มโนมติคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding ; SM) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากมโนมติที่ยอมรับ และไม่สอดคล้องกับแนวความคิดเชิงวิทยาศาสตร์

5) ไม่มีมโนมติ (no understanding ; NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือตอบคำถามในลักษณะทวนคำถามหรือตอบคำถามไม่ตรงประเด็น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อน และความเข้าใจผิดเฉพาะบทเรียน แบบทดสอบเป็นแบบให้นักเรียนเลือกตอบ และแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้แล้วนำคำตอบ และเหตุผลนั้นมาจัดลำดับแนวความคิด โดยจัดกลุ่มมโนมติทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และให้เหตุผลถูกต้องครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2) แนวความคิดที่ไม่สมบูรณ์หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

3) แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบนักเรียนถูก แต่การให้เหตุผลมีบางส่วนถูกต้อง และบางส่วนผิด

4) ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง

รุ่งนภา จันทร์แรม (2554) จัดรูปแบบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1) กลุ่มมโนมติถูกต้อง หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่ตอบหรืออธิบายแนวคิดที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

2) กลุ่มมโนมติไม่สมบูรณ์ หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่ตอบหรืออธิบายแนวคิดที่แสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง แต่อธิบายไม่ครบสมบูรณ์ตามแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

3) กลุ่มมโนมติไม่ถูกต้อง หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่ตอบหรืออธิบายแนวคิดที่แสดงถึงความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องหรือไม่รู้หรือจำไม่ได้

จากการศึกษารูปแบบมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบมโนมติทางวิทยาศาสตร์การแบ่งประเภทของมโนมติขึ้นอยู่กับเกณฑ์ของนักการศึกษาแต่ละคน ซึ่งจะแบ่งกลุ่ม

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากตามคำตอบของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งมีการให้คะแนนในแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกัน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Westbrook and Marek (1991) โดยจัดได้ 5 กลุ่ม ตามลำดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding : CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding : PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception : PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception : AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding : NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

5. การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจในนิยามหรือลักษณะเฉพาะของมโนมติ เป็นวิธีที่ทำให้ทราบมโนมติของนักเรียน ซึ่งจากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักวิชาการ และนักการศึกษา สามารถทำได้หลายวิธีโดยมีแนวทางการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

Jenkins and Deno (1971) cited in Nitko (2004) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนมติของนักเรียนไว้ 4 วิธี คือ

1) การกำหนดให้นักเรียนเขียนนิยาม (definition) ของมโนมติ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

2) การกำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนมติ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3) การกำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดเป็นตัวอย่าง และไม่เป็นตัวอย่างของมโนมติโดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

4) กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนมติเพื่อระบุองค์ประกอบ และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนมติโดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

Odom and Kelly (2001) ได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สรุปดังนี้

1) ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกตอบ และการสัมภาษณ์

2) สร้างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (twotier multiple-choice format) คือ

2.1) ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

2.2) ตอนที่ 2 เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ

2.2.1) เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.2.2) เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

2.3) นำแบบวัดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ทวีป บรรจงเปลี่ยน (2540) ได้พัฒนาแบบทดสอบที่ใช้ในการสำรวจมโนมติที่คลาดเคลื่อน โดยแบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ แต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ดังนี้คือ

ตอนที่ 1 เป็นการถามแนวคิดในเนื้อหาวิชา

ตอนที่ 2 เป็นการถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ประกอบการตอบคำถามในตอนที่ 1

ดังตัวอย่าง

หัวใจห้องใดที่มีผนังหนามากที่สุด

ก. Right ventricle ข. Right atrium

ค. Left ventricle ง. Left atrium

เหตุผล คือ .....

.....

.....

วัฒนา อัครพราหมณ์ (2540) ใช้แบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เป็นข้อสอบแบบเติมประโยคสั้น ๆ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ โดยมีคำตอบให้เลือกตอบแล้วอธิบายเหตุผล ดังตัวอย่าง

เมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับหลอดไฟธรรมดาไม่ติดทั้งบ้าน นักเรียนจะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใดเป็นสิ่งแรก เพราะเหตุใด

ตอบ [] ฟิวส์ [] สายไฟ [] หลอดไฟ

เพราะว่า .....

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่า แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้มีการปรับปรุง และพัฒนาให้มีความเหมาะสมในแต่ละมโนมติที่ศึกษา ซึ่งจะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีคำถาม 2 คำถาม ซึ่งคำถามที่ 2 มีความต่อเนื่องจากคำถามที่ 1 โดยให้บอกเหตุผลของคำถามที่ 1 ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ให้บอกเหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเลือกเหตุผลจากตัวเลือกที่กำหนดให้ และลักษณะที่ 2 ให้เหตุผลของการตอบคำถามที่ 1 โดยเขียนอธิบายเหตุผล

ชุติมา รอดสุด (2550) สรุปแนวทางการวัดมโนมติได้ดังนี้

1) ใช้แบบวัดมโนมติแบบอัตนัย

2) ใช้แบบวัดมโนมติแบบปรนัยตอนเดียว (One-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ (Distracter) ให้เพื่อนำไปสู่ข้อคำถาม

3) ใช้แบบวัดมโนมติแบบสองตอน

3.1) แบบมโนมติแบบปรนัย 2 ตอน (Two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

3.2) แบบมโนมติแบบ 2 ตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นแบบปรนัยของข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

4) ใช้วิธีสอบปากเปล่า (Oral test) ขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสรุปได้ดังนี้

4.1) ศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

4.2) สร้างแบบวัดมโนมติแบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple-choice format) คือ

4.2.1) ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัวเลือก

4.2.2) ตอนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุนซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

4.2.2.1) เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก สร้างขึ้นจากการศึกษามโนมติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

4.2.2.2) เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

4.3) นำแบบวัดมโนมติไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ปวีณา งามชัด และ ไพโรจน์ เติมชาติพงศ์ (2557) ได้ใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก เป็นแบบปรนัย จำนวน 4 ตัวเลือก ชนิดที่ให้นักเรียนให้เหตุผลในการเลือกตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

จากการศึกษาการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า ในการวัดความเข้ามโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถวัดได้หลายแบบดังนี้ 1. ใช้แบบวัดมโนมติแบบอัตนัย 2. ใช้แบบวัดมโนมติแบบปรนัยตอนเดียว โดยกำหนดสถานการณ์เพื่อนำไปสู่คำถาม 3. แบบวัดมโนมติแบบสองตอน ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น 4. ใช้วิธีสอบปากเปล่า ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความเข้าใจมโนมติชนิด 2 ตอน (Two-tier Multiple Choice Diagnostic Test) ซึ่งดัดแปลงมาจาก Odom and Kelly (2001) ตอนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นโดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างละเอียด ผู้เรียนจะได้คะแนนก็ต่อเมื่อตอบถูกทั้งคำตอบ และเหตุผล และใช้วิธีการจัดลำดับมโนมติตามแนวทางของ Westbrook and Marek (1991) โดยจัดได้ 5 กลุ่ม ตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถาม หรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

6. มโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อนจะมีระบบหมุนเวียนเลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ระบบหมุนเวียนเลือดมี 2 แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด พบในสัตว์จำพวก

หอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด พบในไส้เดือนดิน สัตว์มีกระดูกสันหลัง รวมทั้งมนุษย์

ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด หัวใจทำหน้าที่รับ และสูบฉีดเลือดไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว และคลายตัวทำให้เกิดความดันในหลอดเลือด และชีพจร ความดันเลือด และชีพจรมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณไขมันในหลอดเลือด กิจกรรมของร่างกาย อายุ และเพศ

หลอดเลือด มีลักษณะเป็นท่อสำหรับให้เลือดลำเลียงสารต่าง ๆ แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ หลอดเลือดอาร์เทอรี หลอดเลือดฝอย และหลอดเลือดเวน

เลือดของมนุษย์ประกอบด้วย พลาสมา เซลล์เม็ดเลือด และเพลตเลต พลาสมาประกอบด้วยน้ำโปรตีน สารอาหาร ฮอร์โมน ของเสีย และสารอื่น ๆ เซลล์เม็ดเลือดประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ลำเลียงแก๊สออกซิเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เซลล์เม็ดเลือดขาวทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม และสร้างภูมิคุ้มกัน ส่วนเพลตเลตทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

เลือดของมนุษย์จำแนกตามหมู่เลือดระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O และสามารถจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็นเลือดหมู่ Rh+ และ Rh ตามชนิดของแอนติเจนที่ผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงหมู่เลือดมีความสำคัญต่อการให้ และการรับเลือด ผู้ให้ และผู้รับเลือดควรมีเลือดหมู่เดียวกันจึงจะปลอดภัยที่สุด

ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วย น้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยน้ำเหลืองจะถูกลำเลียงผ่านหลอดน้ำเหลืองฝอย และหลอดน้ำเหลืองผ่านต่อมน้ำเหลืองซึ่งเป็นบริเวณที่มีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มากับน้ำเหลือง จึงพบเซลล์เม็ดเลือดขาวจำนวนมากในต่อมน้ำเหลือง จากนั้นน้ำเหลืองจะถูกลำเลียงกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

การวิจัยปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการ

วิจัยปฏิบัติการ (Action research) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบของการทำวิจัย โดยงานวิจัยประเภทนี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาในชั้นเรียน โดยมีนักวิชาการ และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการไว้ดังนี้

Kemmis and McTaggart (1988) ได้กล่าวว่าการวิจัยปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิค แต่มีความแตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการคือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจร (spiral of self-reflecting)

Lewis (1946) อ้างอิงจาก ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ค้นคว้าวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวของผู้ปฏิบัติงานเอง ซึ่งมี 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกต (Observe)

Ebbutt (1983) อ้างอิงจาก ประสาท เนืองเฉลิม (2561) การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ใช้วิธีการเชิงระบบมาใช้เพื่อที่จะปรับปรุงคุณภาพของการทำงาน โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผลการปฏิบัติงานมีแนวโน้มในทางที่ดีขึ้น น่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้ได้จริง

McTaggart (1991) อ้างอิงจาก ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้เสนอว่า งานวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยโดยผู้วิจัยเป็นผู้ปฏิบัติงานในองค์การหรือหน่วยงานนั้น โดยมีการวัดผลการปฏิบัติงานแบบลักษณะวงจรแบบขดลวด ประกอบด้วยขั้นการวางแผน (Planning) ขั้นปฏิบัติ (Acting) ขั้นสังเกต (Observe) และสะท้อนผล (Reflecting) โดยต้องมีบุคคลอื่นเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนผลเพื่อให้การปรับปรุง และพัฒนานั้นดียิ่งขึ้น

Johnson (2012) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การวิจัยระหว่างการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่โดยเป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษาเพื่อทำความเข้าใจ และพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงาน

Inoue (2015) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการทำงาน (Professional Practice) ให้ดีขึ้นผ่านกระบวนการที่เป็นวงรอบหลายวงรอบด้วยการทำวิจัยและการสะท้อนผล

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน (2537) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การวิจัยที่ทำโดยครูของครู เพื่อครู และสำหรับครู เป็นการวิจัยที่ครูผู้ซึ่งต้องดึงปัญหาการเรียนการสอนออกมา และครูผู้ซึ่งต้องแสวงหาข้อมูลเพื่อมาแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยกระบวนการที่เชื่อถือได้ผลการวิจัยคือคำตอบที่ครูจะเป็นผู้นำไปใช้แก้ปัญหาของตน

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม (2538) ได้ให้ความหมายไว้ว่า กระบวนการแสวงหาความรู้อันเป็นความจริงที่เชื่อถือได้ในเนื้อหาเกี่ยวกับการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในบริบทของชั้นเรียน การวิจัยในชั้นเรียนจึงมีเป้าหมายสำคัญอยู่ที่การพัฒนางาน การจัดการเรียนการสอนของครูโดยมีครูเป็นผู้ผลิตงานวิจัย และผู้บริโภคผลงานวิจัยหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือครูเป็นนักวิจัยในชั้นเรียน

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2540) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบ และเชื่อถือได้เพื่อหาวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเองในขณะที่มีการเรียนการสอน ผู้วิจัยเป็นที่ปรึกษาด้านเทคนิควิธีอภิปราย และแนะนำครูในการใช้ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และแก้ปัญหา

ต่าง ๆ ระหว่างการเรียนการสอน การรวบรวมข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงการให้แนวทางการเขียนรายงานผลการปฏิบัติงานวิจัยในชั้นเรียนของครู

บุญชม ศรีสะอาด (2543) ได้ให้ทัศนะว่า วิจัยปฏิบัติการ เป็นการศึกษาค้นคว้า เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่พบในขณะที่ปฏิบัติงานของตน เป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะจุดโดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ และเป็นการวิจัยที่ไม่มีความซับซ้อนเหมือนกับงานวิจัยประยุกต์

ทิศนา แขมมณี (2546) ได้ให้ความหมายว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นเครื่องมือที่สำคัญของครูในการแก้ปัญหา และพัฒนาการเรียนการสอนของตน และงานการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาการเรียนการสอนดังกล่าว มิใช่งานที่แปลกแยกจากการเรียนการสอนปกติแต่เป็นงานที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ทำไปพร้อมกับการจัดการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพสูงสุดหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด

สุวิมล ว่องวาณิช (2548) ได้ทำการสังเคราะห์นิยามเกี่ยวกับการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน สรุปได้ว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนคือการวิจัยที่ทำโดยครูผู้สอนในชั้นเรียน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน เป็นการวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็วนำผลใช้ทันที และสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของตนเอง และกลุ่มเพื่อนร่วมงานในโรงเรียนได้มีโอกาสวิพากษ์อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแนวทางที่ได้ปฏิบัติ และผลที่เกิดขึ้นเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของครู และผู้เรียน

จากการศึกษาความหมายการวิจัยปฏิบัติการสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้เพื่อเน้นในการพัฒนาการเรียนการสอน เป็นกระบวนการในการสำรวจตรวจสอบการปฏิบัติงาน และเป็นกระบวนการในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยเน้นการสะท้อนผลมาใช้ในการแก้ปัญหาตลอดจนปรับปรุงการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น โดยมีครูเป็นผู้ทำวิจัย และการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจะทำควบคู่ไปกับการจัดกระบวนการเรียนการสอน และเป็นการกระทำอย่างต่อเนื่องเพื่อช่วยให้การเรียนการสอนมีคุณภาพสูงสุด

2. ลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการ

Inoue (2015) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของการทำวิจัยปฏิบัติการ (Actions Matter) คือการได้ลงมือทำเพราะว่าการลงมือทำจะสามารถรู้สิ่งที่เกิดขึ้นในบริบทนั้นได้ดีกว่าการศึกษาผ่านแนวคิดที่สำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการเกี่ยวข้องการลงมือทำของผู้วิจัยด้วยตนเองผ่านบริบทนั้น ๆ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยทำเพื่อปรับปรุงการทำงานทางการศึกษาของผู้วิจัยเอง

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) ได้เสนอกรอบลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการทางการศึกษา ดังต่อไปนี้

1) เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วม และมีการร่วมมือ ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้วิจัยทุกคนมีส่วนสำคัญ และมีบทบาทเท่าเทียมกันในทุกกระบวนการของวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎี การปฏิบัติตลอดจนการวางนโยบายการวิจัย

2) เน้นการปฏิบัติ การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3) ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ กิจกรรมการวิเคราะห์การปฏิบัติอย่างลึกซึ่งจากสิ่งที่สังเกตได้จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผลเพื่อปรับแผนการปฏิบัติ

4) ใช้วงจรการปฏิบัติการ คือการวางแผนตลอดจนการปรับปรุงผลเพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่พึงพอใจ และได้เสนอเชิงทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการไว้ 8 ข้อ ดังนี้

1) เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน (Practical problem) ที่ผู้ปฏิบัติงานระดับล่างมักจะประสบปัญหาขณะทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวันมากกว่าการเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี (Theoretical problem) ซึ่งได้รับการนิยามหรือกล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาความรู้ใด ๆ โดยเฉพาะ

2) มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อทำความเข้าใจ (Understanding) ต่อสภาพปัญหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครู ผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึก และกระจ่างชัดภายใต้กระบวนการใคร่ครวญตรวจสอบในลักษณะสะท้อนของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ลงมือกระทำลงไปอย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับบริบทแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนี้ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นการเฉพาะ

3) มุ่งเน้นการตีความหมายเหตุการณ์หรือสภาวการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นตามความคิดเห็นหรือทัศนะของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์หรือสภาวการณ์ของปัญหาดังกล่าวมากกว่าการอาศัยแนวคิดทฤษฎี กฎหรือหลักการของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทาง การกระทำ การติดต่อสื่อสารหรือพฤติกรรมใด ๆ ของมนุษย์ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือไม่เด่นชัดในเหตุการณ์หรือสภาวการณ์ของปัญหาหนึ่ง ๆ สามารถตีความหมายได้โดยการอ้างอิง (inference) จากแรงจูงใจ ความเชื่อ เจตนาหรือจุดมุ่งหมายของผู้แสดงพฤติกรรมประกอบเข้ากับบริบทแวดล้อมที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้น เช่น บรรทัดฐาน ค่านิยม และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางสังคมเป็นสำคัญ

4) เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย การเสนอรายงานผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำ สำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชา และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรมเพื่อทำให้ง่ายต่อการติดตามทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่น ๆ สามารถตรวจสอบความตรง (Validity) ได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของกระบวนการวิจัย

5) มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือ และไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระ และความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6) ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการวิจัย การดำเนินวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลอง และการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองหรือวิธีการทางสถิติใด ๆ แนวคิดพื้นฐานดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่า การวิจัยปฏิบัติการจะละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากปรับวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืนหรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา สภาวการณ์ต่าง ๆ รวมทั้งบริบททางสังคม และวัฒนธรรมที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแสวงหาความรู้ความจริงด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณที่อาศัยกระบวนการวิจัยกึ่งทดลอง

7) ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น การสรุปอ้างผลการวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคุมไปยังห้องเรียนหรือโรงเรียนที่มีทำเลที่ตั้งหรือบริบทอื่น ๆ แตกต่างไปจากทำเลหรือบริบทที่ทำการวิจัยจริงมีลักษณะค่อนข้างจำกัดกว่าการวิจัยปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยปฏิบัติการไม่สามารถอาศัยกฎของความครอบคลุมตามหลักการทางวิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุ ดังนั้น ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปการสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากวิจัยปฏิบัติการจึงมีแนวโน้มการกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุมข้ามไปยังขอบเขตที่นอกเหนือก็สามารถกระทำได้ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่านั้นมีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ในสภาวการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ประกอบไปด้วย

8) สร้างดุลยภาพ และความเสมอภาคระหว่างทัศนะของบุคคลภายใน และภายนอก นักวิจัยปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายใน และบุคคลภายนอกของสถานที่ทำการศึกษาวิจัย มีบทบาทสำคัญ 2 ประการคือบุคคลภายในมีบทบาทเป็นทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติ และเป็นการวิจัยปฏิบัติในสถานที่ทำงานของตนเองในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ให้คำปรึกษาทาง

วิชาการให้กับบุคคลภายใน และเป็นนักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายใน นักวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งที่เป็นบุคคลภายใน และบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาวการณ์ นอกจากนี้จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการวิจัยเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดหรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้นในขณะปฏิบัติงานวิจัย

ประสาท เนืองเฉลิม (2561) กล่าวว่า ผู้ปฏิบัติงานเป็นต้นคิด และเป็นเจ้าของงานวิจัย กระบวนการวิจัยต้องมีการเชื่อมโยงระหว่างการคิดสะท้อนผลการดำเนินงาน และการปฏิบัติอย่างชัดเจน กล่าวคือ มีการทบทวนผลที่ผ่านมาให้กระจ่างทั้งก่อน ระหว่าง และหลังปฏิบัติ โดยปรับปรุงวิธีการวิจัยให้เหมาะสมกับปัญหา และดำเนินการไปอย่างกลมกลืน ลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการจึงไม่ยึดติดในรูปแบบที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุม และจัดกระทำตัวแปรต่าง ๆ เนื่องจากการวิจัยมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพของคน และคุณภาพของงานให้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่เน้นการปฏิบัติ การทำงานแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยทุกคนมีส่วนสำคัญ และมีบทบาทเท่าทียมกันในทุกกระบวนการ ตลอดจนการวางแผนการทำวิจัยเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และเพื่อมุ่งแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากงาน โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้วิจัยในการแก้ไขปัญหา และดำเนินการผ่านขั้นตอน 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผล มีการปรับปรุงในแต่ละวงจรเพื่อนำไปใช้ในวงจรต่อไปจนกระทั่งสามารถแก้ไขปัญหานั้นได้

3. ความสำคัญของวิจัยในชั้นเรียน

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม (2544) กล่าวว่า การทำวิจัยในชั้นเรียนนั้นจะช่วยให้ครูมีวิถีชีวิตของการทำงานครูอย่างเป็นระบบเห็นภาพของงานตลอดแนว มีการตัดสินใจที่มีคุณภาพเพราะ จะมองเห็นทางเลือกต่าง ๆ ได้กว้างขวาง และลึกซึ้งขึ้น แล้วจะตัดสินใจเลือกทางเลือกต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และสร้างสรรค์ ครูนักวิจัยจะมีโอกาสมากขึ้นในการคิดใคร่ครวญเกี่ยวกับเหตุผลของการปฏิบัติงาน และครูจะสามารถบอกได้ว่างานการจดการเรียนการสอนที่ปฏิบัติไปนั้นได้ผลหรือไม่เพราะอะไร นอกจากนี้ครูที่ใช้กระบวนการวิจัยในการพัฒนา กระบวนการเรียนการสอนนี้จะสามารถควบคุม กำกับ และพัฒนาการปฏิบัติงานของตนเองได้อย่างดีเพราะ การทำงาน และผลของการทำงานนั้นล้วนมีความหมาย และคุณค่าสำหรับครูในการพัฒนานักเรียน ผลจากการทำวิจัยในชั้นเรียนจะช่วยให้ครูได้ตัวบ่งชี้ที่เป็นรูปธรรมของผลสำเร็จในการปฏิบัติงานของครูอันจะนำมาซึ่งความรู้ในงาน และความปิติสุขในการปฏิบัติงานที่ถูกต้องของครูเป็นทีคาดหวังว่า เมื่อครูผู้สอนได้ทำการวิจัยใน

ชั้นเรียนควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานสอนอย่างเหมาะสมแล้วจะก่อให้เกิดผลดีต่อวงการศึกษา และวิชาชีพครู อย่างน้อย 3 ประการ คือ

1) นักเรียนจะมีการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ และประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2) วงวิชาการการศึกษาจะมีข้อความรู้และ/หรือนวัตกรรมทาง การจัดการเรียนการสอนที่เป็นจริง เกิดมากขึ้นอันจะเป็นประโยชน์ต่อครูและเพื่อนครูในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก

3) วิถีชีวิตของครูหรือวัฒนธรรมในการทำงานของครูจะพัฒนาไปสู่ความเป็นครูมืออาชีพ (Professional Teacher) มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ เพราะ ครูนักวิจัยจะมีคุณสมบัติของการเป็นผู้แสวงหาความรู้หรือผู้เรียน (Learner) ในศาสตร์แห่งการสอนอย่างต่อเนื่อง และมีชีวิตชีวา จนในที่สุดก็จะเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจที่กว้างขวาง และลึกซึ้งในศาสตร์ และศิลป์แห่งการสอนเป็นครูที่มีวิทยายุทธ์แกร่งกล้าในการสอน สามารถที่จะสอนนักเรียนให้พัฒนาก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ ในหลายบริบทหรือที่เรียกว่าเป็นครูผู้รอบรู้หรือครูปรมาจารย์ (Master Teacher) ซึ่งถ้ามีปริมาณครูนักวิจัยดังกล่าวมากขึ้นจะช่วยให้การพัฒนาวิชาชีพครูเป็นไปอย่างสร้างสรรค์ และมั่นคง

ครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์ (2544) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน มีความสำคัญสรุปได้ดังนี้

1) เป็นเครื่องมือสำคัญของครูในการพัฒนาวิถีชีวิตความเป็นครูไปสู่ความเป็นครูมืออาชีพ เพราะ การวิจัยในชั้นเรียนจะช่วยให้ครูเป็นนักแสวงหาความรู้ และใช้วิธีการใหม่ ๆ อยู่เสมอ ซึ่งจะช่วยให้ครูมีความรู้อย่างกว้างขวาง และลุ่มลึก ทำงานอย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และเป็นระบบ

2) เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาหลักสูตร และการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้งานของครูมีลักษณะเป็นพลวัตร (Dynamic) มีการเปลี่ยนแปลงเคลื่อนไหวก้าวไปข้างหน้าไม่หยุดนิ่งอยู่กับที่ เกิดนวัตกรรมที่ทันสมัยนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการเรียนการสอนได้ทันท่วงที

3) เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะจรรโลงวิชาชีพครูให้มีความเข้มแข็งเพราะ ผลจากการวิจัยในชั้นเรียนจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการทำงานของครูได้เป็นอย่างเป็นรูปธรรม นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่พึงประสงค์ของผู้เรียนตามที่ครูต้องการ และเป็นไปตามความคาดหวังของสังคมทั้งครู และผู้เรียน

จากการศึกษาความสำคัญของวิจัยในชั้นเรียน สามารถสรุปได้ว่า การทำวิจัยในชั้นเรียนมีลักษณะสำคัญคือ ต้องมีการดำเนินงานที่เป็นวงจนต่อเนื่อง มีกระบวนการทำงานแบบมีส่วนร่วม และเป็นกระบวนการที่เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานตามปกติเพื่อให้ได้ข้อค้นพบเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาที่สามารถปฏิบัติได้จริง การนำแนวทางการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้บังเกิดสัมฤทธิผลในทางปฏิบัติสูงสุดนั้นครูหรือนักวิจัยต้องทำความเข้าใจให้ชัดเจน และตอบประเด็นคำถามสำคัญที่กล่าวไว้ในเบื้องต้นให้ได้จะทำให้การดำเนินงานตามกระบวนการวิจัยปฏิบัติการประสบความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. รูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการ

Lewis (1946) อ้างอิงจาก ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้กำหนดขั้นตอนของการทำวิจัยปฏิบัติการออกเป็น 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การวางแผน (Planning) การค้นหาความจริง (Fact-finding) การดำเนินการให้บรรลุผล (Execution) และการวิเคราะห์ (Analysis) โดยผู้วิจัยจะต้องอาศัยกระบวนการการทำงานกลุ่มในทุกขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย ซึ่งการวิจัยปฏิบัติการของ Lewis จะต้องประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1) กำหนดแนวคิด (Idea) การหาแนวคิดอาจมาจากความต้องการที่จะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแผนการปฏิบัติงาน โดยพิจารณาส่วนที่ต้องการที่จะแก้ไขหาว่าสิ่งใดเป็นสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง ซึ่งอาจจะได้มาจากการสำรวจเบื้องต้น และผลที่ได้จากการสำรวจจะถูกนำไปวางแผนการจัดการเพื่อที่จะทำการแก้ไขต่อไป

2) การวางแผนทั่วไป (General plan) กลุ่มผู้วิจัยทำการกำหนดจุดเริ่มต้นที่จะทำการเปลี่ยนแปลง แล้วจะใช้วิธีใดในการแก้ไขปรับปรุงซึ่งจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ และต้องเป็นที่สนใจร่วมกัน

3) กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ (Action steps) เป็นขั้นตอนที่กลุ่มผู้วิจัยจะต้องวิเคราะห์และกำหนดแผนออกเป็นย่อย ๆ ก่อน โดยเริ่มจากการเปลี่ยนวิธีการ ซึ่งจะต้องดูจากผลที่คาดว่าจะได้รับก่อนที่จะลงมือทำ แล้ววางแผนตามผลที่จะเกิดขึ้นตามมาจากการประเมินว่าวิธีดังกล่าวว่าสามารถปฏิบัติได้จริงมากน้อยเพียงใด แล้วจะต้องมีการสะท้อนผลอย่างชัดเจนเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนในครั้งต่อไป

Freeman (1996) อ้างอิงจาก ประสาท เนืองเฉลิม (2561) ได้เสนอว่าวิจัยปฏิบัติการมีขั้นดำเนินการปฏิบัติ 6 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นที่ 1 ขั้นตั้งข้อสงสัย (Inquiry) เป็นขั้นที่มีการเริ่มต้นสนใจ และตั้งต้นการดำเนินกระบวนการวิจัย

2) ขั้นที่ 2 การกำหนดคำถาม (Question) เป็นขั้นตอนที่ทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาและทำการกำหนดขอบเขตของปัญหาที่นำไปสู่คำถามงานวิจัย

3) ขั้นที่ 3 การรวบรวมข้อมูล (Data collection) เป็นขั้นที่มีการรวบรวมสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องกับคำถามงานวิจัย

4) ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) เป็นขั้นตอนการแยกแยะ และจัดระบบสารสนเทศที่สืบค้นมาได้ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่เพื่อตอบคำถามวิจัย

5) ขั้นที่ 5 การทำความเข้าใจ (Understanding) เพื่อให้ได้แง่คิดที่แปลกใหม่ที่จะสามารถนำไปแก้ปัญหา และนำไปใช้ประโยชน์ได้

6) ขั้นที่ 6 การพิมพ์เผยแพร่ (Publishing) เพื่อเป็นการเผยแพร่งานวิจัยที่ได้ทำให้ผู้เกี่ยวข้องได้ทราบ และนำไปใช้ประโยชน์

Kemmis and McTaggart (1988) จำแนกกิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ

1) การวางแผน (Planning) เริ่มด้วยการสำรวจปัญหาเพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญที่ต้องการให้แก้ไขตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหา เกี่ยวข้องกับใคร แนวทางแก้ไขอย่างไร และจะต้องปฏิบัติอย่างไร

2) การลงมือปฏิบัติงาน (Action) เป็นการนำแนวคิดที่กำหนดเป็นกิจกรรมในขั้นการวางแผนมาดำเนินการ โดยวิเคราะห์ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันประกอบไปด้วยการปรับปรุงแก้ไขแผน

3) การสังเกตผลการปฏิบัติงาน (Observation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความรอบคอบซึ่งอาจเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นด้วยความคาดหวัง และไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือการเก็บข้อมูล

4) การสะท้อนกลับการปฏิบัติงาน (Reflection) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของวงรอบการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การประเมินหรือตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาหรือสิ่งที่เป็นข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจะตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางของการพัฒนาขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม และเป็นพื้นฐานข้อมูลที่จะนำไปสู่การปรับปรุงและการวางแผนการปฏิบัติต่อไป

Coghlan and Brannick (2001) กล่าวว่า ได้แบ่งกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นขั้นตอนเบื้องต้น 1 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจบริบทของปัญหาที่ต้องการแก้ไข และการกำหนดจุดมุ่งหมายการปฏิบัติการ และมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) การวินิจฉัย (Diagnosing) 2) การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) 3) การลงมือปฏิบัติการ (Taking Action) 4) การประเมินผลการปฏิบัติการ (Evaluation Action)

จากขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาในข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนได้ ดังนี้

1) การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดวิธีการและวางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ (Action) ให้ค้นคว้าคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรม และการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติการที่เป็นปัญหา

2) การลงมือทำ (Acting) เป็นขั้นตอนสำหรับการปฏิบัติการจากแผนที่กำหนดไว้

3) การประเมินผล (Assessment) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียน

4) การสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นตอนการนำข้อค้นพบที่ได้ย้อนกลับไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง

ประสาท เนืองเฉลิม (2560) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการดังนี้

1) การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน (Reconnaissance) เป็นขั้นตอนของการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของครูว่ามีปัญหาอะไรบ้าง แล้ววิเคราะห์ว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุจากอะไร และจะสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานส่วนใดบ้าง

2) การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดวิธีการ และวางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ (Action) ให้ค้นคว้าคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรม และการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติการที่เป็นปัญหา

3) การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามแผนที่กำหนดไว้

4) การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากที่มีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปรับปรุง และพัฒนาตามแผนจนปรากฏผลแล้ว นักวิจัยต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีสิ่งใดที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาไปบ้าง เพื่อสรุปผล และวางแผนปรับปรุงใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ต่อไป

จากการศึกษารูปแบบของการวิจัยปฏิบัติการสามารถสรุปได้ว่า นักวิชาการ และนักการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการปฏิบัติที่แตกต่างกันจากที่กล่าวมาในข้างต้น ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งมีลักษณะเป็นเกลียว (Spiral) ประกอบด้วยกิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนโดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ขั้นการวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำรวจปัญหาในชั้นเรียน และนำปัญหานั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการสอนที่เหมาะสม และแก้ปัญหาได้

2) ขั้นการปฏิบัติการ (Action) เป็นขั้นที่นำนวัตกรรมหรือแผนการสอนนั้นไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

3) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observation) เป็นขั้นที่จะนำเครื่องมือต่าง ๆ ไปสังเกต และทดสอบกลุ่มเป้าหมาย

4) ขั้นการสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นขั้นที่นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ว่าปัญหานั้นแก้ไขได้มากน้อยเพียงใด และเพื่อให้เกิดการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ดีขึ้น สามารถนำการประเมินผลจากขั้นการสะท้อนกลับมาปรับปรุง พัฒนา และแก้ไขให้ดีขึ้นในการปฏิบัติในวงจรถัดไปจนกว่าจะได้ข้อสรุป และแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาสิ่งนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้า และประมวลงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

ฮามีด๊ะ มูสอ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะดังนี้ ระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อสำรวจแบบจำลองทางความคิดเรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะแนวคิดเรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส การไทเทรตกรด-เบส และสมบัติของสารลายกรด และเบส ตามลำดับ ระยะที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาแบบจำลองทางคามคิดเรื่อง กรด-เบส และแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง กรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 46 มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส และสารละลายบัฟเฟอร์ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีแบบจำลองทางความคิดสอดคล้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วนกับแบบจำลองเชิงวิทยาศาสตร์

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์ และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 34 คน เครื่องมือที่ใช้ศึกษาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์เป็นชนิดคำถามปลายเปิด เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และวัดการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดการสร้างแบบจำลองก่อนทำการทดลอง และหลังทำการทดลองผู้วิจัยได้นำเครื่องมือชนิดคำถามปลายเปิดมาวัดความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน 1 เดือน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น มีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดีแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้

สุกัลยา หลำเหล็ม และคณะ (2561) ได้ศึกษาการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การจำลองตัวของดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 28 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลอง และแบบทดสอบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์แบบเลือกตอบพร้อมแสดงเหตุผลประกอบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มมโนมติของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม คำนวณหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าความก้าวหน้าทางการเรียนจากคะแนนการทดสอบก่อน และหลังเรียนของนักเรียนในแต่ละกลุ่มมโน

มติ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลต่อมโนมติของนักเรียนซึ่งหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติที่สมบูรณ์ (SU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 0.00 เป็นร้อยละ 45.79 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้นจากร้อยละ 0.44 เป็นร้อยละ 29.40 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PS) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 19.92 เป็นร้อยละ 15.56 นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (AC) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 27.87 เป็นร้อยละ 6.37 และนักเรียนที่ไม่มีมโนมติ (NU) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลงจากร้อยละ 50.40 เป็นร้อยละ 2.79 และพบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูงในเรื่อง การจำลองตัวของดีเอ็นเอ

วัลลภ ปริญทอง และ ประสาท เนืองเฉลิม (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ธวัชบุรีจังหวัดร้อยเอ็ด สำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ จำนวน 22 คน ชาย 10 คน หญิง 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 ชนิด ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง กรด–เบส 8 แผน แบบสังเกตพฤติกรรมการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1. วงจรปฏิบัติการที่ 1 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 2. วงจรปฏิบัติการที่ 2 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100

กนกภรณ์ ทรวดทรง และ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่มุ่งส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สารละลาย รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3

วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตกึ่งโครงสร้าง ชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ และแบบสำรวจมโนทัศน์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ควรดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ 1) สร้างแบบจำลอง 2) แสดงแบบจำลอง 3) ทดสอบแบบจำลอง 4) ประเมินแบบจำลอง โดยนำเทคโนโลยีเสมือนจริงไปใช้ในขั้น 3 เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้านการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ อีกทั้งทักษะเหล่านี้ยังช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องสารละลาย โดยเฉพาะเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย

งานวิจัยต่างประเทศ

Barak and Hussein-Farraj (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ชีวเคมีแนวใหม่เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้าง 3 มิติ และหน้าที่ของโปรตีน และกรดนิวคลีอิก โดยมีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบว่าการสอน และการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแอนิเมชันของสารชีวโมเลกุลส่งผลต่อความเข้าใจทางชีวเคมีของนักเรียนอย่างไร เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบสอบถามก่อน-หลังเรียน การสังเกตภายในชั้นเรียนเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และตีความ กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ตรวจสอบโดยการใช้แอนิเมชัน กลุ่มที่ให้ครูสาธิตการใช้แอนิเมชัน และกลุ่มการเรียนรู้ดั้งเดิมโดยใช้หนังสือ ผลการวิจัยพบว่า การบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ สามารถเพิ่มความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้าง และหน้าที่ของโปรตีน และความสามารถในการถ่ายทอดผ่านความเข้าใจทางเคมีในระดับต่าง ๆ และผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า การสาธิตการเคลื่อนไหวของครูอาจช่วยเพิ่มความรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นสูง อย่างไรก็ตาม การให้นักเรียนได้สำรวจภาพเคลื่อนไหวด้วยตนเองจะช่วยเพิ่มความคิดในระดับที่สูงขึ้นของนักเรียนได้ นักเรียนจึงควรสำรวจภาพเคลื่อนไหว 3 มิติด้วยตนเอง

Moutinho et al., (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการบูรณาการแบบจำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบจำลองทางกายภาพ แบบจำลองคอมพิวเตอร์ และแบบจำลองผสมผสานในการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเรื่อง ภัยธรรมชาติ ตลอดจนการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างมีความหมายในระดับบัณฑิตศึกษา โดยมีเครื่องมือวิจัยดังนี้

แบบทดสอบก่อน และหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์พัฒนาการแบบจำลองทางความคิดของนักศึกษา โดยเป็นข้อคำถามแบบ 2 ชั้น จำนวน 15 ข้อ แบบสอบถามเกี่ยวกับแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เป็นคำถามแบบเลือกตอบจำนวน 6 คำถาม แต่ละคำถามจะมี 2 คำตอบ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างใช้ในการสอบถามเมื่อคำตอบมีความคลุมเครือ ผลวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองประเภทต่าง ๆ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ และส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และจากการวิเคราะห์แบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน พบว่า นักศึกษามีการพัฒนาของแบบจำลองทางความคิด

Jenkins and Howard (2019) ได้ศึกษาการสอนโดยใช้การสร้างแบบจำลองเรื่อง พลังงานและสถานะของสสารในวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นแนวทางการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนจะเรียนรู้ผ่านการสร้าง และการประยุกต์ใช้แบบจำลองอนุภาคเชิงแนวคิดเพื่อทำความเข้าใจ ตีความ และทำนายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ วิเคราะห์โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างบทเรียน และการสอบปลายภาคเรียน เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการตรวจสอบประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อสิ้นสุดหน่วยการเรียนรู้ การปรับปรุงคะแนนสอบตลอดภาคการศึกษานักเรียนกว่า 60% แสดงให้เห็นถึงการสอนโดยการสร้างแบบจำลองช่วยให้การเรียนรู้เนื้อหา และการคงทนในการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการสอนแบบเดิม ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า การสอนโดยการสร้างแบบจำลองส่งผลในทางบวกต่อวิธีการเรียนรู้ของตัวนักเรียนเอง

Mierdel and Bogner (2019) ได้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้แบบจำลอง 2 รูปแบบที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ การสร้างแบบจำลองกับการดูแบบจำลองต่อความเข้าใจโครงสร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งจะทำการทดสอบนักเรียน 3 ส่วน คือ 1) การให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายของนักเรียน 2) ความเข้าใจแบบจำลองที่เป็นแบบจำลองที่แท้จริง 3) ความเข้าใจในธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 293 คน วิธีการศึกษาขั้นที่ 1 นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากคำถามที่นักเรียนสนใจ ขั้นที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) สร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ และ 2) ศึกษาแบบจำลองดีเอ็นเอจากการดูโครงสร้างดีเอ็นเอที่มีอยู่แล้ว ขั้นที่ 3 ประเมินแบบจำลองของตนเอง โดยการใช้คำถามปลายเปิดและการชี้บอกชื่อของส่วนประกอบของโครงสร้าง ขั้นที่ 4 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลในหนังสือ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการโต้แย้งจนนำไปสู่ความหลากหลายของโครงสร้างของดีเอ็นเอ (ในกลุ่มที่สร้างร้อยละ 36.3 และกลุ่มที่ดูโครงสร้างดีเอ็นเอร้อยละ 41.1) และความเข้าใจ

แบบจำลองที่แท้จริงของนักเรียนลดลง และความเข้าใจธรรมชาติในการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองมีการเพิ่มขึ้น

Kusairi et al (2019) ได้ศึกษาการสอนโดยใช้การสร้างแบบจำลองร่วมกับการประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่มีผลต่อความเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนเรื่อง การเคลื่อนไหวในแนวเส้นตรง วิธีการวิจัยเป็นวิธีการแบบผสมผสานกับการออกแบบการทดลอง มีนักเรียนเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 34 โดยมีนักเรียน 34 คน นักเรียนหญิง 20 คน และชาย 14 คน เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือวิจัยนี้ ใช้คำถามปรนัยแบบให้เหตุผล ผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใช้การสร้างแบบจำลองช่วยให้เข้าใจแนวคิดของนักเรียนจากการประเมินผลการเรียรู้ของนักเรียนโดยการใช้คะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนสูงขึ้นโดยมีค่า N-gain = 0.41 และ d effect size = 1.902 อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบปัญหาบางอย่างที่นักเรียนประสบหลังจากการเรียนรู้เกิดขึ้น ในการทำความเข้าใจกราฟของตำแหน่ง และความเร็วของเวลา แต่จากการผสมผสานระหว่างการสอนโดยใช้การสร้างแบบจำลองร่วมกับการประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้สามารถเป็นทางเลือกหนึ่งในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวในแนวเส้นตรงได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลการวิจัยที่ทำให้เห็นได้ว่า สามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงแนวคิดจากนามธรรมเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยผ่านกระบวนการออกแบบ นำความรู้ไปใช้วางแผนการสร้างแบบจำลอง และการสร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับมโนภาพซึ่งกระบวนการทั้งสองนี้จะเกิดขึ้นควบคู่กัน และยังมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิดที่เป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลสมอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาตามไปด้วย การสร้างแบบจำลองในการเรียนวิทยาศาสตร์จึงทำให้นักเรียนเข้าใจมโนมติที่สัมพันธ์กับแบบจำลองเหล่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งดำเนินการตามลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตำบลยางตลาด อำเภอเมืองยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่มีคะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (ตารางที่ 15 หน้า 115) และเป็นนักเรียนที่มีคะแนนจากการทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ (ตารางที่ 16 หน้า 116)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 20 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง (Circulatory system and Lymphatic system) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ

2.1 แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

2.2 ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ใช้ในประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ

2.3 แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

2.4 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 20 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง (Circulatory system and Lymphatic system) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

1) ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง คำอธิบายรายวิชา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2) ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา ในหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 4 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3) ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผน และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้เลือกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นการจัดการเรียนรู้

4) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเริ่มจากศึกษาโครงสร้างรายวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ของ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตำบลยางตลาด อำเภอเมืองยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้ รายวิชาชีววิทยา (ว 32244) มี 1.5 หน่วยกิต โดยกำหนดการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง/ 1 สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ เวลารวม 60 ชั่วโมง ซึ่งมีระยะเวลาการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ แล้วทำการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้จากโครงสร้างรายวิชา (โดยมีรายละเอียดในตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
ระบบย่อยอาหาร	12
ระบบหายใจ	12
ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง	13
ระบบภูมิคุ้มกัน	8
ระบบขับถ่าย	9
สอบกลางภาค และสอบปลายภาค	6
รวม	60

5) หน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติคือ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์เรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อกำหนดเป็นรายละเอียดในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ (ดังตาราง ที่ 6)

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ชั่วโมง
1	1	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1. นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้	1

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ชั่วโมง
			3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้	
	2	โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	1. นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์ได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ได้ 3. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	2
	3	ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	1. นักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้	1

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ชั่วโมง
2	4	การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	1. นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้ 3. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	2
	5	การวัดการทำงานของหัวใจ	1. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการวัดทำงานของหัวใจในรูปแบบต่าง ๆ ได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการสร้างสเตตโตสโคป (stethoscope) เพื่อใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้	1
	6	ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือด เวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ	1. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการวัด การอ่านค่าความดันเลือด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความดันเลือด ยกตัวอย่างโรคและความผิดปกติของหัวใจได้	2

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ชั่วโมง
			2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดสรุปทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดเลือดอาร์เทอรีได้ 3. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	
3	7	ส่วนประกอบของเลือด	1. นักเรียนสามารถระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมาได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมาได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้	1
	8	หมู่เลือด และการให้เลือด	1. นักเรียนสามารถอธิบายหมู่เลือด และหลักการให้ และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh ได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงหมู่เลือดระบบ ABO เพื่อระบุชนิดแอนติเจน	2

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์	ชั่วโมง
			และแอนติบอดีของหมู่เลือด A B AB และ O ได้ 3. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	
	9	ระบบน้ำเหลือง	1. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบ หน้าที่ โครงสร้างของน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลืองได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายโครงสร้างส่วนประกอบของระบบน้ำเหลืองได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้	1
รวม				13

6) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง จำนวน 9 แผน 13 ชั่วโมง ซึ่งในหัวข้อหลักในแต่ละแผนประกอบไปด้วย ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัด และประเมินผล

7) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินความเหมาะสมที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วนั้นไปนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการเขียนแผนความสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมสื่อ และแหล่งเรียนรู้ การวัดผล และประเมินผล เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลรวมทั้งเกณฑ์ ที่ใช้วัด และประเมินผล

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินคุณภาพความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาแล้วนั้นมาทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำคือ สาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้ควรปรับปรุงให้สอดคล้องกับเนื้อหา ควรวางแผนขั้นการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลา และกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มีปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอน และเพื่อน

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบ และปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้วิจัยทำการเสนอแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ 3 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 หลังจากการสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนศึกษาแนวคิดทฤษฎีการจัดการเรียนรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหาในขั้นวางแผนวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ครั้งที่ 2 หลังจากการสะท้อนผลในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และครั้งที่ 3 หลังจากการสะท้อนผลในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง ที่ใช้ในการวิจัยแต่ละวงรอบปฏิบัติการมีดังต่อไปนี้

9.1) เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 1

9.1.1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

9.1.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

9.1.3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

9.2) เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 2 วงรอบปฏิบัติการที่ 2

9.2.1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

9.2.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การวัดการทำงานของหัวใจ

9.2.3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ

9.3) เสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 3 วงรอบปฏิบัติการที่ 3

9.3.1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ส่วนประกอบของเลือด

9.3.2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 หมู่เลือด และการให้เลือด

9.3.3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ระบบน้ำเหลือง

โดยผู้เชี่ยวชาญมีทั้งหมด 5 ท่าน แบ่งออกเป็น ด้านหลักสูตรและการสอน 1 ท่าน ด้านเนื้อหาจำนวน 2 ท่าน และด้านการวัด และประเมินผล 2 ท่าน

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ วท.ด. (วิทยาศาสตรชีวภาพ) อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

10) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้ เพื่อ พิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องโดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

11) นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เมื่อได้รับผลของการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ จึงนำแผนไปปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ดังตารางที่ 7 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 310)

ตารางที่ 7 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับคุณภาพ
1	4.63	0.18	มีความเหมาะสมมากที่สุด
2	4.70	0.10	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3	4.44	0.16	มีความเหมาะสมมาก
4	4.73	0.19	มีความเหมาะสมมากที่สุด
5	4.42	0.16	มีความเหมาะสมมาก
6	4.57	0.15	มีความเหมาะสมมากที่สุด
7	4.75	0.15	มีความเหมาะสมมากที่สุด
8	4.77	0.13	มีความเหมาะสมมากที่สุด
9	4.73	0.17	มีความเหมาะสมมากที่สุด

12) ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

12.1) ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญหลังจากการเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 1

1) การเขียนสาระสำคัญให้สั้น และกระชับมากขึ้น

2) ปรับกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

3) ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4) ปรับกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

12.2) ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญหลังจากการเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 2 วงรอบปฏิบัติการที่ 2

1) ปรับสถานการณ์การตั้งคำถามนำเข้าสู่บทเรียนให้สอดคล้องกับเนื้อหา มีความชัดเจน และกระชับ โดยเน้นคำถามให้เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน หรือกำลังเป็นประเด็นที่นักเรียนให้ความสนใจ

2) กำหนดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นให้เหมาะสม

3) เน้นให้นักเรียนได้แนวคิดสำคัญของเรื่องที่เรียนก่อนการสร้างแบบจำลอง

12.3) ปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญหลังจากการเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ครั้งที่ 3 วงรอบปฏิบัติการที่ 3

1) เพิ่มการใช้สื่อแทรกในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้เช่น รูปภาพนิ่ง วีดีโอ หรือใช้อุปกรณ์ตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพ กระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2) สร้างประเด็นในการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในห้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการคิด

13) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการปฏิบัติ

2.1 แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

ใช้ทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีขั้นตอนการสร้าง และหาคุณภาพดังนี้

1) ศึกษาจากทฤษฎี หลักการ แนวคิด และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

2) พิจารณาความตรงต่อเนื้อหาการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบ และกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

วงรอบปฏิบัติการที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
1	1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้	2	1
	2. โครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์	2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ได้	2	1
	3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้	2	1
2	4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	4. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้	2	1
	5. การวัดการทำงานของหัวใจ	5. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับการสร้างสเตตโตสโคป (stethoscope) เพื่อใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจได้	2	1
	6. ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรคและความผิดปกติของหัวใจ	6. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดสรุปทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดเลือดอาร์เทอรีได้	2	1

ตารางที่ 8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ (ต่อ)

วงรอบปฏิบัติการที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
3	7. ส่วนประกอบของเลือด	7. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมาได้	2	1
	8. หมู่เลือด และการให้เลือด	8. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงหมู่เลือดระบบ ABO เพื่อระบุชนิดแอนติเจน และแอนติบอดีของหมู่เลือด A B AB และ O ได้	2	1
	9. ระบบน้ำเหลือง	9. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่ออธิบายโครงสร้างส่วนประกอบของระบบน้ำเหลืองได้	2	1
จำนวนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง วงรอบปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3			18	9

4) สร้างแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยสร้างจำนวน 18 ข้อ ใช้จริงจำนวน 9 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย โดย 1 ข้อ มีคะแนนเต็ม 16 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่เป็นภาพวาด และการอธิบายของนักเรียน เป็นแบบประเมินรูบริคแบบแยกแยะประเด็นของ Jackson (2001) ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีรายการประเมิน คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับ หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	4	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน
	3	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน
	1	คำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
2. ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	4	ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน
	3	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ
	2	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ
	1	ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่ศึกษา
3. ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	4	เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด
	3	เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด
	2	เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด
	1	เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด

ตารางที่ 9 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4. การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	4	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน
	3	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	2	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน
	1	แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ

5) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณา และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาดังนี้ เลือกโจทย์ที่มีความเหมาะสม สามารถใช้ทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ และปรับปรุงเกณฑ์ในการตรวจแบบทดสอบให้มีความเหมาะสม และชัดเจน

6) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ วท.ด. (วิทยาศาสตรชีวภาพ) อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

7) นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยมีค่าความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ ที่ 0.5 - 1.00 ซึ่งข้อสอบที่สร้างทั้งหมดจำนวน 18 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.6 - 1.00 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 313) และข้อสอบที่ใช้จริงจำนวน 9 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.8 - 1.00 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 314)

8) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองฉบับที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ โดยการปรับปรุงความสอดคล้องของแบบทดสอบกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้องของแบบทดสอบ และเกณฑ์การให้คะแนนให้เหมาะสม จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2 ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง

ใช้ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ เป็นการประเมินรายกลุ่มในขณะที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังนี้

1) ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราบทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสร้างแบบจำลอง วิธีการสร้าง และสร้างเครื่องมือจากทฤษฎี หลักการ แนวคิด และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

2) พิจารณาความตรงต่อเนื้อหาการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างใบกิจกรรม ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

วงรอบปฏิบัติการที่	**เนื้อหา**	**จุดประสงค์การเรียนรู้**	**จำนวนใบกิจกรรม**	
			สร้าง	**ใช้จริง**
1	1. โครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์	1. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ได้	2	1
2	2. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้	2	1
3	3. หมู่เลือด และการให้เลือด	3. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองแสดงหมู่เลือดระบบ ABO เพื่อระบุชนิดแอนติเจน และแอนติบอดีของหมู่เลือด A B AB และ O ได้	2	1
จำนวนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง วงรอบปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3			6	3

4) สร้างใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง โดยสร้างจำนวน 6 ใบกิจกรรม ใช้จริงจำนวน 3 ใบกิจกรรม ซึ่งเป็นการลงมือปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง โดย 1 ใบกิจกรรมมีคะแนนเต็ม 48 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่ดัดแปลงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของ Schwarz et al (2009) ซึ่งมีรายการประเมิน คะแนน เกณฑ์การให้คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. การสร้างแบบจำลอง		
1.1 แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	4	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน
	3	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่ถูกต้อง
	1	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์
1.2 แบบจำลองระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ	4	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ
	3	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ
	2	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ
	1	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป
1.3 ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลอง	4	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองตรงตามเวลาที่กำหนด ส่งงานตามเวลาที่กำหนด
	3	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตาม เวลาที่กำหนด นักเรียนส่ง งานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1 วัน
	2	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 2-3 วัน

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	1	ระยะเวลาในการสร้าง แบบจำลองไม่ตรงตาม เวลาที่กำหนด นักเรียนส่งงานช้า 1 สัปดาห์จากเวลาที่กำหนด
2. การใช้แบบจำลอง		
2.1 ใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	4	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจน
	3	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง
	1	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้ไม่เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้
2.2 สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อย	4	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจน
	3	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้แต่ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	1	นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้
2.3 สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	4	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและชัดเจน
	3	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่ถูกต้อง
	1	นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้
3. การเปรียบเทียบ และประเมิน		
3.1 สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่น	4	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ และสามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้
	3	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้
	2	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่สามารถระบุข้อดี ข้อเสียได้

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	1	นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้
3.2 สามารถประเมินว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี	4	นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร
	3	นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่า แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร
	2	นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ
	1	นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี
3.3 สามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลอง	4	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้
	3	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
	2	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง
	1	นักเรียนไม่สามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4. การปรับปรุงแบบจำลอง		
4.1 ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์	4	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ
	3	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ
	2	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ
	1	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป
4.2 ปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์	4	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ให้มีความถูกต้องครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ
	3	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎีกฎหรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ
	2	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎีกฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ
	1	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป
4.3 ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งแนวทางปรับปรุงพัฒนา	4	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง และชัดเจนครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป

ตารางที่ 11 รายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	3	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน และเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป
	2	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน แต่ไม่มีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป
	1	นักเรียนไม่มีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น และไม่มีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป

5) นำใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณา และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาดังนี้ เลือกกิจกรรมที่สามารถใช้ทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนให้มีความสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมิน สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ และปรับปรุงรายการประเมิน คะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองให้มีความชัดเจน

6) นำใบกิจกรรมเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองกับสาระการเรียนรู้

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ วท.ด. (วิทยาศาสตรชีวภาพ) อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

7) นำข้อมูลที่ได้จากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IC) มาวิเคราะห์ โดย มีค่าความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ ที่ 0.5 - 1.00 ซึ่งใบกิจกรรมที่สร้างทั้งหมดจำนวน 6 ใบกิจกรรม มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.6 - 1.00 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 315) และกิจกรรมที่ใช้จริงจำนวน 3 กิจกรรม มีค่าความสอดคล้องที่ 1.00 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 316)

8) นำใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองฉบับที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ โดยการปรับปรุงความสอดคล้องของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้องของเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน และสามารถวัดผลได้ จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.4 แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง

ใช้วัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีขั้นตอนการสร้าง และหาคุณภาพดังนี้

1) ศึกษาจากทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2) พิจารณาความตรงต่อเนื้อหาการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบวัด และกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

วงรอบปฏิบัติการที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
1	1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1. นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้	10	5
	2. โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	2. นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้าง การทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ได้	10	5
	3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	3. นักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้	10	5
2	4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	4. นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์ได้	10	5
	5. การวัดการทำงานของหัวใจ	5. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการวัดทำงานของหัวใจในรูปแบบต่าง ๆ ได้	10	5
	6. ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติขิงหัวใจ	6. นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการวัดการอ่านค่าความดันเลือด และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความดันเลือด ยกตัวอย่างโรค และความผิดปกติของหัวใจได้	10	5
3	7. ส่วนประกอบของเลือด	7. นักเรียนสามารถระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมาได้	10	5
	8. หมู่เลือด และการให้เลือด	8. นักเรียนสามารถอธิบายหมู่เลือด และหลักการให้ และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh ได้	10	5

ตารางที่ 12 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ สำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ (ต่อ)

วงรอบปฏิบัติการที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
	9. ระบบน้ำเหลือง	9. นักเรียนสามารถอธิบายเกี่ยวกับส่วนประกอบ หน้าที่ โครงสร้างของน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลืองได้	10	5
จำนวนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ วงรอบปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3			90	45

4) สร้างแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างจำนวน 90 ข้อ ใช้จริงจำนวน 45 ข้อ และแบ่งออกเป็น 15 ข้อของแต่ละวงรอบปฏิบัติการ ซึ่งเป็นแบบวัดความเข้าใจมโนมติชนิด 2 ตอน (Two-tier Multiple Choice Diagnostic Test) ดัดแปลงมาจาก Odom and Kelly (2001) ตอนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นโดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างละเอียด และใช้วิธีการจัดลำดับมโนมติตามแนวทางของ Westbrook and Marek (1991) โดยจัดได้ 5 กลุ่ม มีการให้คะแนนแบบรูบริค มีรายการประเมิน ระดับคะแนน เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายการประเมิน ระดับคะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ความถูกต้องของเนื้อหาคำตอบ	3	คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น นักเรียนให้เหตุผลถูกต้อง

ตารางที่ 13 รายการประเมิน ระดับคะแนน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
	2	คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น นักเรียนให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน
	1	คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
	0	คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน
	0	คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม

หมายเหตุ ระดับคะแนน 3 หมายถึง ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU), 2 หมายถึง ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU), 1 หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS), 0 หมายถึง ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) และ 0 หมายถึง ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU)

5) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณา และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาดังนี้ แก้ไขคำถามในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ไม่ควรยาวจนเกินไป ควรใช้คำถามที่กะทัดรัดชัดเจนสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ไม่ควรใช้คำถามที่มีความหมายกำกวมหรือข้อความที่ทำให้ผู้ตอบแต่ละคนเข้าใจความหมายของข้อความไม่เหมือนกัน

6) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ วท.ด. (วิทยาศาสตรชีวภาพ) อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

7) นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดย มีค่าความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ ที่ 0.5 - 1.00 ซึ่งแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ที่สร้างทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.4 - 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 317) และที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ มีค่าความสอดคล้องที่ 0.8 - 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 319) วงรอบปฏิบัติการที่ 2 แบบวัดที่สร้างทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.6 - 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 320) และที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.8 - 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 322) และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แบบวัดที่สร้างทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.6 - 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 323) และที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ มีค่าความสอดคล้องที่ 1.0 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 325)

8) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ โดยการปรับปรุงคำถามในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ คำถามที่ใช้ต้องมีความชัดเจน ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำที่ทำให้ผู้อ่านเกิดความเข้าใจผิด หากเป็นรูปภาพ ควรเลือกรูปภาพที่ชัดเจน และปรับตัวเลือกในแบบวัดให้มีความกระชับ และเข้าใจง่าย ตรวจสอบความถูกต้องของเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความชัดเจน และสามารถวัดผลได้ จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.6 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่มุ่งเก็บข้อมูลในด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ และด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ในด้านต่าง ๆ ไปประกอบการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป โดยการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนมีขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์

2) ทำการสร้างแบบสัมภาษณ์ (ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย หน้า 306) มีหัวข้อเรื่องที่สัมภาษณ์ และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 หัวข้อเรื่องที่สัมภาษณ์ และจำนวนข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

หัวข้อเรื่องที่สัมภาษณ์	**จำนวนข้อคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์**	
	สร้าง	**ใช้จริง**
1. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน	4	3
2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน	4	3
3. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้	4	3
4. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน	4	3
รวมจำนวนข้อที่ใช้ในการสัมภาษณ์	16	12

3) นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างเสร็จแล้วไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์ และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาดังนี้ ตั้งคำถามให้ครอบคลุมหัวข้อเรื่องที่จะสัมภาษณ์ให้มีความชัดเจน ควรเป็นคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนสามารถตอบได้ตามความต้องการของผู้เรียนเอง เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนรู้ หรือแบบทดสอบที่มอบหมายให้นักเรียนทำ

4) นำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการแก้ไขแล้ว ไปเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พร้อมกับแบบประเมินความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์เพื่อหาค่าดัชนีของความสอดคล้อง (Index of Consistency: IC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งหมด 5 ท่านดังต่อไปนี้

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ วท.ด. (วิทยาศาสตรชีวภาพ) อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ปร.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัด และประเมินผล

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

6) นำข้อมูลที่ได้จากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency: IC) มาวิเคราะห์ โดยแบบสัมภาษณ์มีค่าความสอดคล้องที่ผ่านเกณฑ์ ที่ 0.5-1.00 ซึ่งแบบสัมภาษณ์ที่สร้างทั้งหมดจำนวน 16 ข้อ มีค่าความสอดคล้องอยู่ในช่วง 0.8 - 1.00 (ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ หน้า 326) และแบบสัมภาษณ์ที่ใช้จริงจำนวน 12 ข้อ มีค่าความสอดคล้องที่ 1.00 (ภาคผนวก ค

คุณภาพเครื่องมือ หน้า 327) นำแบบสัมภาษณ์มาทำการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีการปรับคำถามในด้านต่าง ๆ ของแบบสัมภาษณ์

7) นำแบบสัมภาษณ์ฉบับที่ปรับปรุงแล้ว ซึ่งปรับปรุง และพัฒนาเครื่องมือตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ โดยการปรับปรุงประเด็นที่จะสัมภาษณ์ให้ชัดเจน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเรียงลำดับความสำคัญของหัวข้อที่จะสัมภาษณ์ จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ (Kemmis & McTaggart, 1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยรายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การดำเนินการในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) หลังจากสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคารที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โดยการสังเกตในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสัมภาษณ์ครูผู้สอนแล้วพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ยังมีปัญหาของทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แล้วทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่จะพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2564 โดยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และทำการสร้างแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรมไปทดสอบและประเมินกับกลุ่มเป้าหมายในขณะที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปทดสอบ และประเมินกับกลุ่มเป้าหมายหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อทดสอบว่าการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

1. ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการวิเคราะห์แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน หลังจากสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการต่อไป

2. การดำเนินการในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงรอบปฏิบัติที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

2.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การวัดการทำงานของหัวใจ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ

2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรมไปทดสอบ และประเมินกับกลุ่มเป้าหมายในขณะที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปทดสอบ และประเมินกับกลุ่มเป้าหมายหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อทดสอบว่าการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการวิเคราะห์แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน หลังจากสิ้นสุดวงรอบปฏิบัติการแต่ละวงรอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

3. การดำเนินการในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 2 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้

3.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ส่วนประกอบของเลือด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 หมู่เลือด และการให้เลือด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ระบบน้ำเหลือง

3.3 ขั้นสังเกต (Observe)

นำเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรมไปทดสอบ และประเมินกับกลุ่มเป้าหมายในขณะที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ไปทดสอบ และประเมินกับกลุ่มเป้าหมายหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อทดสอบว่าการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

3.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากการวิเคราะห์แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากสิ้นสุดวงรอบปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

1.1 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่นำมาพิจารณาว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยนำเอาคะแนนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และคะแนนจากกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมารวมกันแล้วคิดออกมาเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม

2. ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.1 คะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่นำมาพิจารณาว่าให้นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ โดยนำเอาคะแนนจากแบบทดสอบมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลืองมาวิเคราะห์หาระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ว่านักเรียนมีการพัฒนาระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้ดัชนีความสอดคล้องในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และร้อยละ (Percentage)

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1.1 ดัชนีความสอดคล้อง IOC (The Index of Item Congruence) (IOC) มีสูตรในการหาค่า ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ IOC แทนดัชนีการสอดคล้อง

$\sum R$ แทนผลรวมของคะแนนความคิดจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยที่ +1 เห็นด้วยว่าสอดคล้อง

0 ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง

-1 แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

2. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$P = \frac{f}{n} x100$$

เมื่อ P = แทน ร้อยละ

f = แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n = แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

$$\bar{X} = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum R$ = แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n = แทน จำนวนคนในกลุ่ม

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

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

เมื่อ $S.D.$ = แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x = แทน คะแนนแต่ละตัว

n = แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$ = แทน ผลรวม

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้
2. ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงรอบปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้

วิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองเรื่อง ความแตกต่างของแอนติเจนบนผิวเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนที่มีหมู่เลือดที่แตกต่างกันของ ณัฐพล กวดขันไทย และ สุมาลี ชูกำแพง (2563) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย มีการให้คะแนนแบบรูบริค โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแยกประเด็นการประเมิน 4 ประเด็นคือ 1) ความสอดคล้องกับกฎทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย คะแนนเต็ม 2 คะแนน 2) ความถูกต้องตามมโนทัศน์ คะแนนเต็ม 2 คะแนน 3) หลักของปรากฏการณ์ การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง คะแนนเต็ม 2 คะแนน และ 4) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด คะแนนเต็ม 2 คะแนน รวม 4 ประเด็นคะแนนเต็ม 8 คะแนน ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 31 คน มีคะแนน ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

เลขที่	คะแนน (8 คะแนน)	ร้อยละ	เลขที่	คะแนน (8 คะแนน)	ร้อยละ
1	5	62.5	17	5	62.5
2	4	50	18	0	0
3	0	0	19	4	50
4	3	37.5	20	5	62.5
5	3	37.5	21	3	37.5
6	0	0	22	4	50
7	4	50	23	4	50
8	0	0	24	5	62.5
9	4	50	25	4	50
10	0	0	26	4	50
11	5	62.5	27	5	62.5
12	5	62.5	28	3	37.5
13	4	50	29	0	0
14	5	62.5	30	5	62.5
15	5	62.5	31	3	37.5
16	5	62.5	เฉลี่ย	3.42	42.74

จากตารางที่ 15 พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

ผลการวิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้

วิเคราะห์ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดมโนมติเรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกของ ปวีณา งามชัด และ ไพโรจน์ เติมชาติพงศ์ (2557) ซึ่งแบบทดสอบแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบ ส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลที่เลือกตอบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ ดังนี้ 1) คำตอบถูกต้อง

และสมบูรณ์ ได้ 3 คะแนน 2) คำตอบถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ได้ 2 คะแนน 3) คำตอบถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ได้ 1 คะแนน 4) คำตอบคลาดเคลื่อนทั้งหมด ได้ 0 คะแนน และ 5) ไม่ทำแบบวัด ได้ 0 คะแนน ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 31 คน มีคะแนนดังตารางที่ 15 ทั้งนี้สัญลักษณ์ และวิธีการอ่านตารางตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มีความหมายดังนี้

สัญลักษณ์ในตารางมีความหมาย

1) ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5) ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 16 ผลการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดมโนมติก่อนจัดการเรียนรู้

นักเรียนคนที่	**ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์**															**ผลการประเมิน**
	ก่อนการจัดการเรียนรู้															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	PS	AC	PS	AC	AC	AC	AC	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
2.	PS	AC	AC	AC	PS	AC	AC	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
3.	AC	AC	AC	AC	AC	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
4.	AC	PS	AC	AC	PS	AC	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5.	AC	PS	PS	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
6.	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
7.	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 16 ผลการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดมโนมติก่อนจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	ก่อนการจัดการเรียนรู้															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
8.	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
9.	AC	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
10.	PS	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
11	PS	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
12.	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	PS	PS	AC	AC	PS	AC	PS	ไม่ผ่าน
13.	PS	PS	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
14.	AC	PS	AC	PS	AC	AC	AC	PS	PS	AC	PS	PS	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
15.	PS	PS	PS	PS	PS	AC	PS	AC	PS	AC	AC	PS	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
16.	PS	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
17.	PS	PS	PS	PS	PS	AC	PS	AC	PS	AC	PS	PS	PS	PS	AC	ไม่ผ่าน
18.	AC	PS	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
19.	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	PS	PS	AC	PS	PS	PS	PS	PS	ไม่ผ่าน
20.	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
21.	PS	AC	PS	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
22.	AC	AC	PS	PS	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
23.	PS	AC	AC	PS	PS	AC	AC	PS	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
24.	PS	PS	AC	PS	PS	PS	AC	AC	PS	AC	PS	PS	AC	AC	PS	ไม่ผ่าน
25.	PS	PS	PS	PS	PS	AC	AC	PS	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
26.	PS	PS	AC	PS	AC	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
27.	PS	PS	AC	AC	PS	PS	AC	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
28.	PS	PS	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
29.	AC	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
30.	PS	PS	AC	AC	PS	PS	AC	PS	PS	AC	PS	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
31.	PS	AC	AC	AC	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 16 พบว่า มีนักเรียนทั้งหมด 31 คน มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงรอบปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจำนวน 3 ครั้ง คือ ระหว่างเรียน 3 ครั้ง หลังจากวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 ซึ่งทำการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และสัมภาษณ์นักเรียน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. วงรอบปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) ศึกษาตัวชี้วัด และสาระการเรียนรูแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 จัดทำโครงสร้างรายวิชา วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ตามเนื้อหาที่จะทำการสอน

2) สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

(1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 9 แผน วงรอบปฏิบัติการที่ 1 นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยประกอบไปด้วยเนื้อหา ดังนี้

(1) แผนที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

(2) แผนที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

(3) แผนที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

(2) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ

(3) ใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 ใบกิจกรรม

(4) แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ

(5) แบบสัมภาษณ์นักเรียน แล้วนำเครื่องมือที่สร้างไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act) นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

1) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ ไปทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 1

2) นำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรม และแบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการไปประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

3) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดความเข้าใจมโนมติชนิด 2 ตอน ประกอบด้วยตอนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น โดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และให้คะแนนตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 1

จากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบ และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 1

เลขที่นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**	**ผลการประเมิน**
1	41	40	81	84.38	ผ่าน
2*	27	31	58	60.42	ไม่ผ่าน
3*	22	38	60	62.50	ไม่ผ่าน
4*	18	35	53	55.21	ไม่ผ่าน
5	30	43	73	76.04	ผ่าน
6*	23	41	64	66.67	ไม่ผ่าน
7	36	35	71	73.96	ผ่าน
8*	23	41	64	66.67	ไม่ผ่าน
9	27	43	70	72.92	ผ่าน
10*	17	31	48	50.00	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 17 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

เลขที่นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**	**ผลการประเมิน**
11	38	31	69	71.88	ผ่าน
12	41	43	84	87.50	ผ่าน
13	33	35	68	70.83	ผ่าน
14	40	41	81	84.38	ผ่าน
15	38	38	76	79.17	ผ่าน
16	42	41	83	86.46	ผ่าน
17	42	38	80	83.33	ผ่าน
18*	18	40	58	60.42	ไม่ผ่าน
19	39	40	79	82.29	ผ่าน
20	42	35	77	80.21	ผ่าน
21*	16	40	56	58.33	ไม่ผ่าน
22*	23	43	66	68.75	ไม่ผ่าน
23	30	38	68	70.83	ผ่าน
24	44	31	75	78.13	ผ่าน
25	32	41	73	76.04	ผ่าน
26	40	40	80	83.33	ผ่าน
27	38	43	81	84.38	ผ่าน
28*	24	41	65	67.71	ไม่ผ่าน
29*	19	35	54	56.25	ไม่ผ่าน
30	39	31	70	72.92	ผ่าน
31*	27	38	65	67.71	ไม่ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	31.26	38.10	69.35	72.24	-
ร้อยละ	65.12	79.37	72.24	72.24	-
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	9.08	4.036	9.81	10.22	-

*หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง จากแบบทดสอบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 17 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองและกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน มีคะแนนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 69.35 คิดเป็นร้อยละ 72.24 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนซึ่งได้จากการสร้างแบบจำลองทางความคิด 3 ข้อ และแบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 12 ข้อ หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบเท่ากับ 31.26 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจากการประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ คือ 1.) การสร้างแบบจำลอง 2.) การใช้แบบจำลอง 3.) การประเมินแบบจำลอง และ 4.) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยนำคะแนนของแต่ละกลุ่มมาคิดค่าเฉลี่ย ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 38.10 (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 329)

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณาออกเป็น 4 รายการประเมิน ดังนี้

รายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์

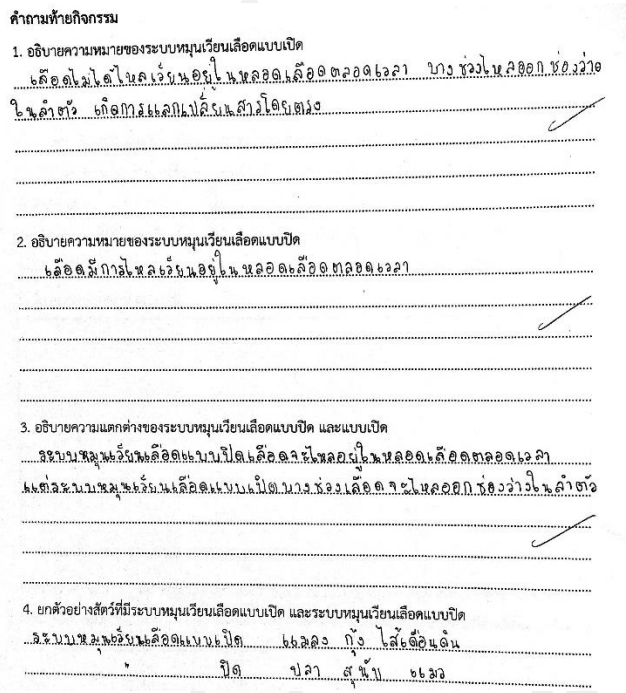
คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน ให้ 2 คะแนน

คำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ดังนี้


คำถามท้ายกิจกรรม

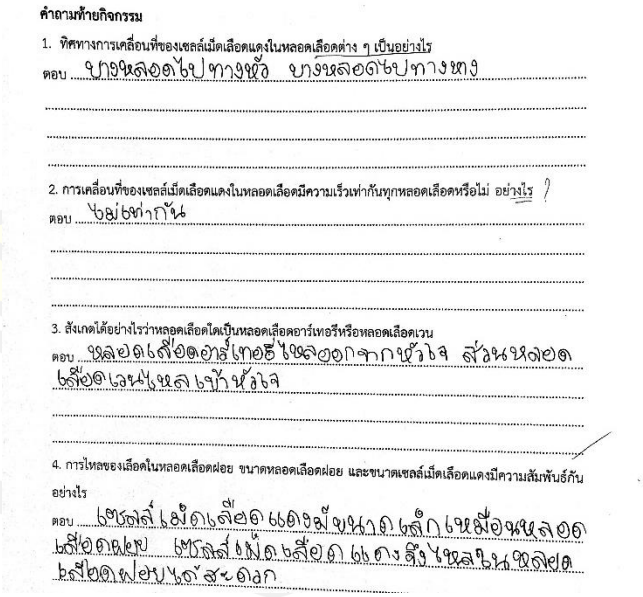
1. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด
เลือดไม่ไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา บางช่วงไหลออกช่องว่างในลำตัว เกิดการแลกเปลี่ยนสารโดยตรง

2. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
เลือดมีการไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

3. อธิบายความแตกต่างของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิด
ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดเลือดจะไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา แต่ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดบางช่องเลือดจะไหลออกช่องว่างในลำตัว

4. ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด แมลง กุ้ง ไส้เดือนดิน
ปิด ปลา สุนัข แมว

ภาพที่ 4 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

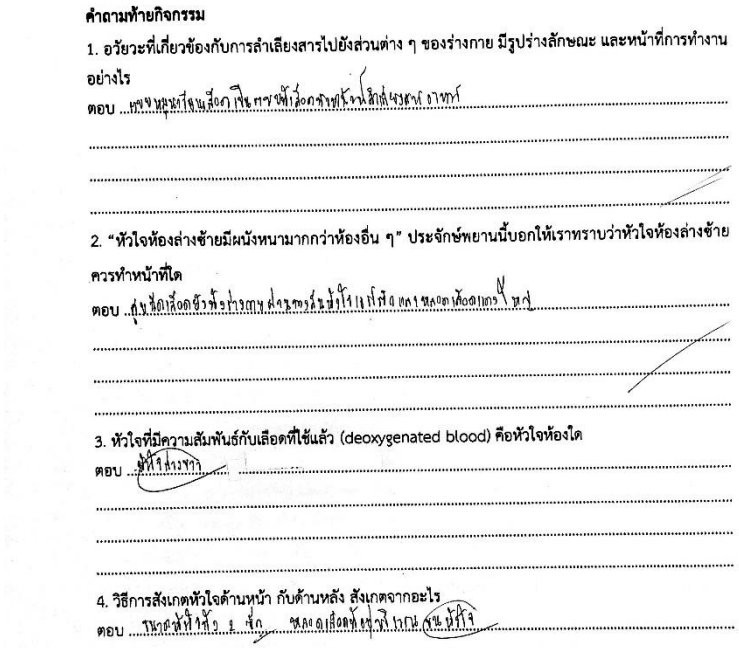
1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดต่าง ๆ เป็นอย่างไร
ตอบ บางหลอดไปทางหัว บางหลอดไปทางหาง

2. การเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดมีความเร็วเท่ากันทุกหลอดเลือดหรือไม่ อย่างไร ?
ตอบ ไม่เท่ากัน

3. สังเกตได้อย่างไรว่าหลอดเลือดใดเป็นหลอดเลือดอาร์เทอรีหรือหลอดเลือดเวน
ตอบ หลอดเลือดอาร์เทอรีไหลออกจากหัวใจ ส่วนหลอดเลือดเวนไหลเข้าหัวใจ

4. การไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอย ขนาดหลอดเลือดฝอย และขนาดเซลล์เม็ดเลือดแดงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
ตอบ เซลล์เม็ดเลือดแดงมีขนาดใหญ่เหมือนหลอดเลือดฝอย เซลล์เม็ดเลือดแดงจึงไหลในหลอดเลือดฝอยได้สะดวก

ภาพที่ 5 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ ...

2. "หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ" ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด

ตอบ ...

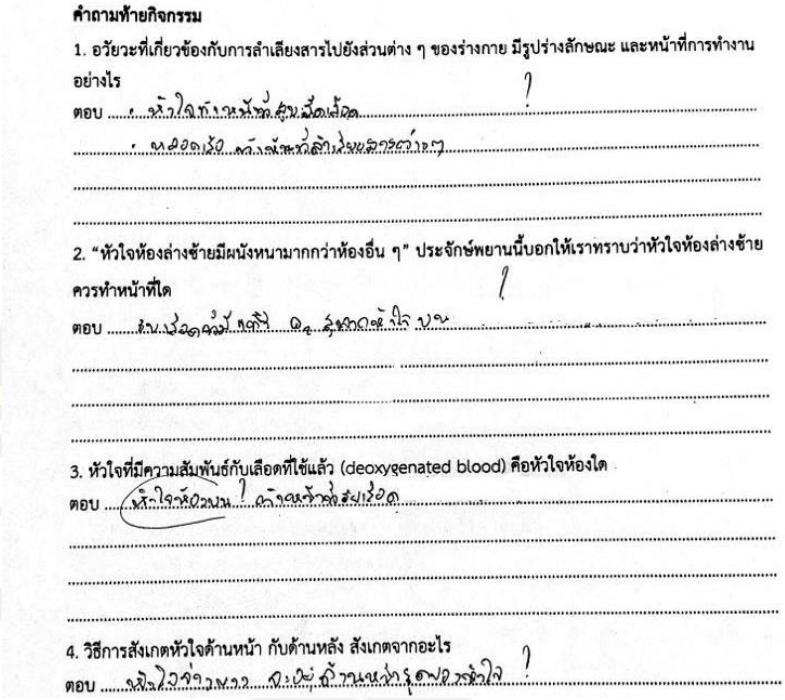
3. หัวใจที่มีความสัมพันธ์กับเลือดที่ใช้แล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจห้องใด

ตอบ ...

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ ...

ภาพที่ 6 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ ...

2. "หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ" ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด

ตอบ ...

3. หัวใจที่มีความสัมพันธ์กับเลือดที่ใช้แล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจห้องใด

ตอบ ...

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ ...

ภาพที่ 7 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 1 คะแนน

จากภาพที่ 4 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎทฤษฎีเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

ภาพที่ 5 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎทฤษฎี เกี่ยวกับขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน

ภาพที่ 6 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

ภาพที่ 7 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 1 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายคำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี เกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

รายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

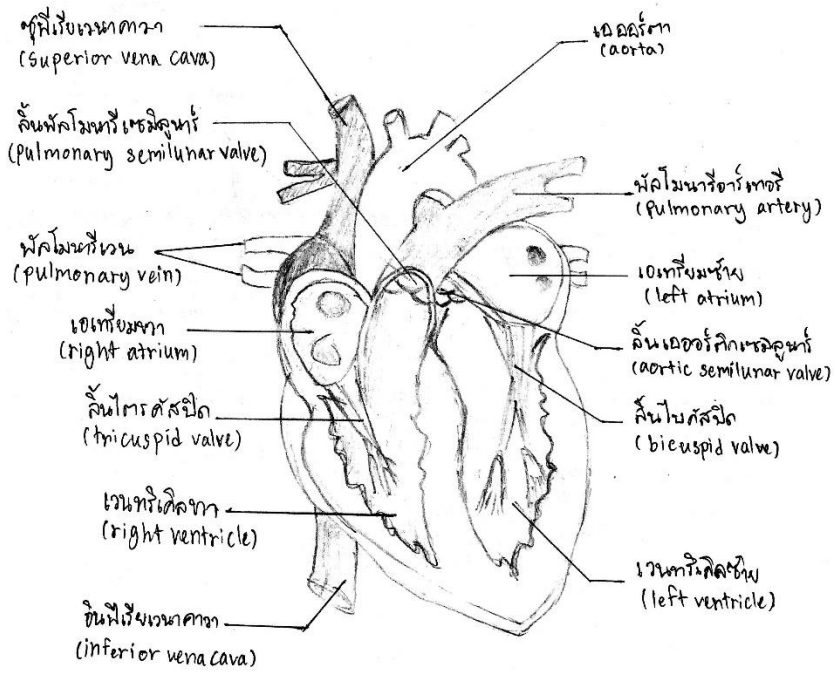
ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ ให้ 3 คะแนน

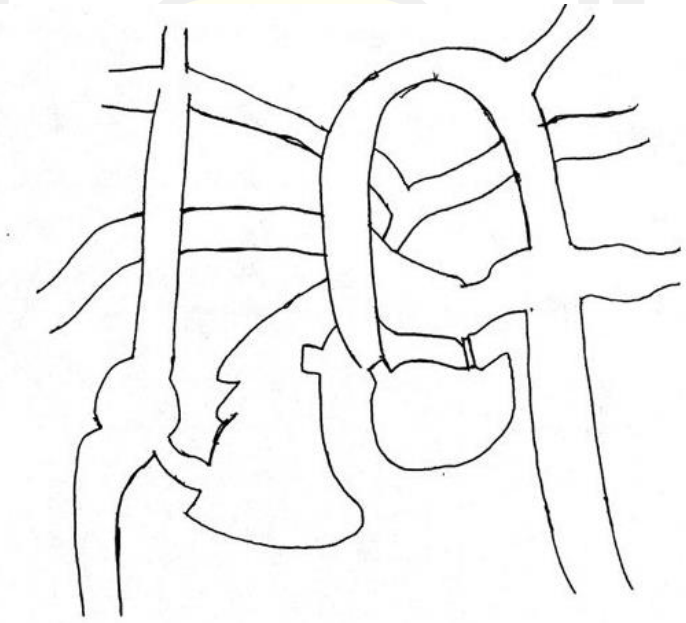
ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ ให้ 2 คะแนน

ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ 1 คะแนน

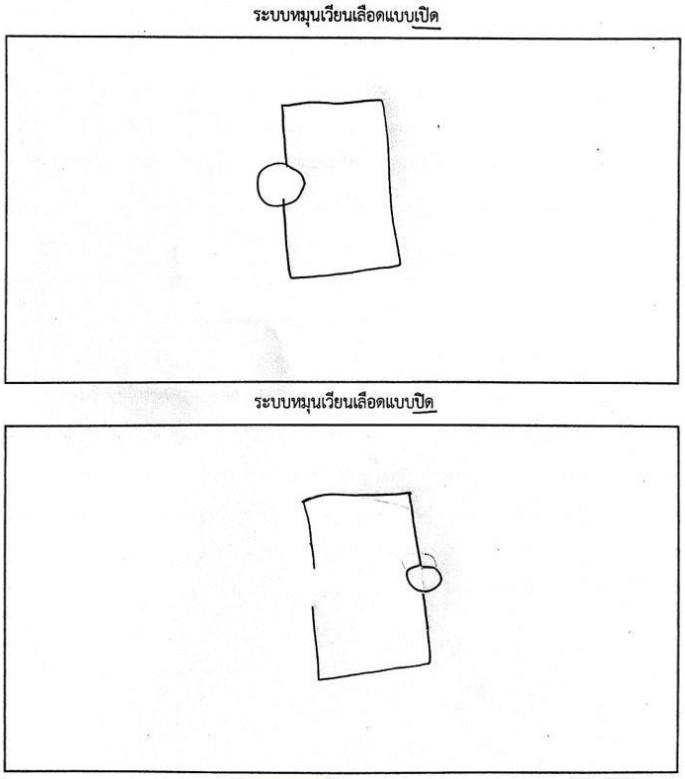
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ ดังนี้



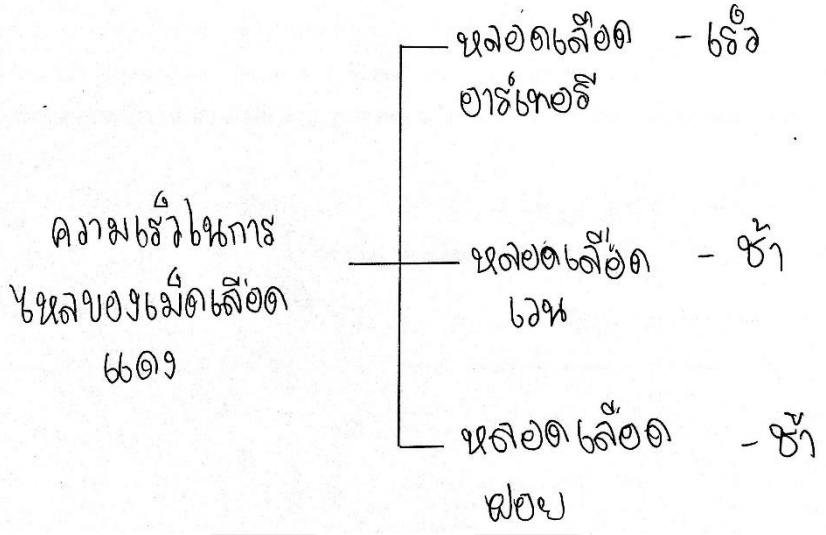
ภาพที่ 8 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 9 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน



ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่องขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 8 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความสอดคล้องกับหลักการทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ ถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 9 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ 1-2 หลักการ

ภาพที่ 10 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ 3-4 หลักการ

ภาพที่ 11 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 1 คะแนน เนื่องจากแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด

รายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด

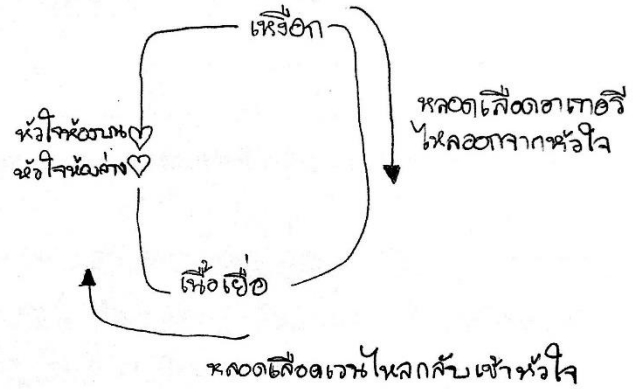
เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด ให้ 4 คะแนน

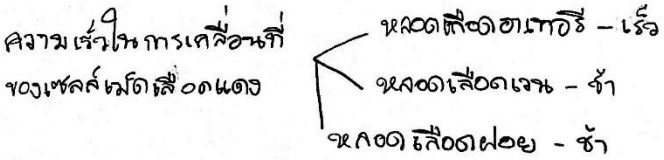
เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 3 คะแนน

เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 2 คะแนน

เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด ดังนี้





คำถามท้ายกิจกรรม

1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดต่าง ๆ เป็นอย่างไร

ตอบ บางหลอดเลือดเคลื่อนที่ไปทางหัว บางหลอดเลือดเคลื่อนที่ไปทางหาง

2. การเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดมีความเร็วเท่ากันทุกหลอดเลือดหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่เท่ากัน เซลล์เม็ดเลือดแดงที่เคลื่อนที่ในหลอดเลือดขนาดใหญ่ เร็วกว่าหลอดเลือดขนาดเล็ก และทางด้านหางจะเคลื่อนที่เร็วกว่าไปทางด้านหัว

3. สังเกตได้อย่างไรว่าหลอดเลือดใดเป็นหลอดเลือดอาร์เทอรีหรือหลอดเลือดเวน

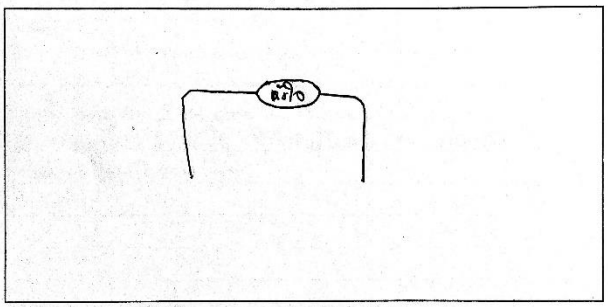
ตอบ หลอดเลือดอาร์เทอรีไหลจากโคนหาง → ปลายหาง (ไหลออกจากหัวใจ)
หลอดเลือดเวนไหลออกจากปลายหาง → โคนหาง (ไหลเข้าหัวใจ)

4. การไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอย ขนาดหลอดเลือดฝอย และขนาดเซลล์เม็ดเลือดแดงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

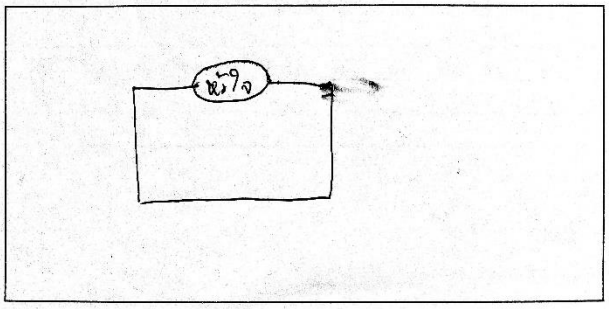
ตอบ จากที่เห็น เซลล์เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กใกล้เคียงกับขนาดของหลอดเลือดฝอย เวลาเห็นการไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอยจึงเป็นในลักษณะเซลล์เม็ดเลือดแดงเรียงกันไหลช้า ๆ ในหลอดเลือดฝอย

ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน

ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด



ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด



คำถามท้ายกิจกรรม

1. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด

เลือดไม่ได้ไหลอยู่ในหลอดเลือด

2. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

เลือดไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอด

3. อธิบายความแตกต่างของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิด

ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด เลือดไหลอยู่ในหลอดเลือด แต่แบบเปิด
เลือดไม่ได้ไหลอยู่ในหลอดเลือด

4. ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

สัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด คือ หอย ปลา แมลง ไส้เดือนดิน

สัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด คือ ปลา นก กบ หมู

ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน

คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ right atrium รับเลือดที่มี O_2 ต่ำเข้าสู่หัวใจ lift atrium รับเลือด O_2 สูงจากปอด→ หัวใจ
pulmonary semilunar vale กั้นหัวใจห้องล่างขวากับหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอรี aortic semilunar valve กั้นหัวใส่ล่างซ้ายกับหลอดเลือดเอออร์ต้า
tricuspid valve แผ่นยาว 3 ชิ้น กั้นหัวใจบนขวากับล่างขวา licuspid valve แผ่นยาว 2 ชิ้น กั้นห่วนซ้ายกับล่างซ้าย
right ventricle รับเลือด O_2 ต่ำจากหัวใจบนขวาไปปอด lift ventride รับ O_2 สูง จากหัวใจบนซ้ายไปยังส่วนต่างๆ

2. "หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ" ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด

ตอบ สูบฉีดเลือดไปยังทั่วร่างกาย

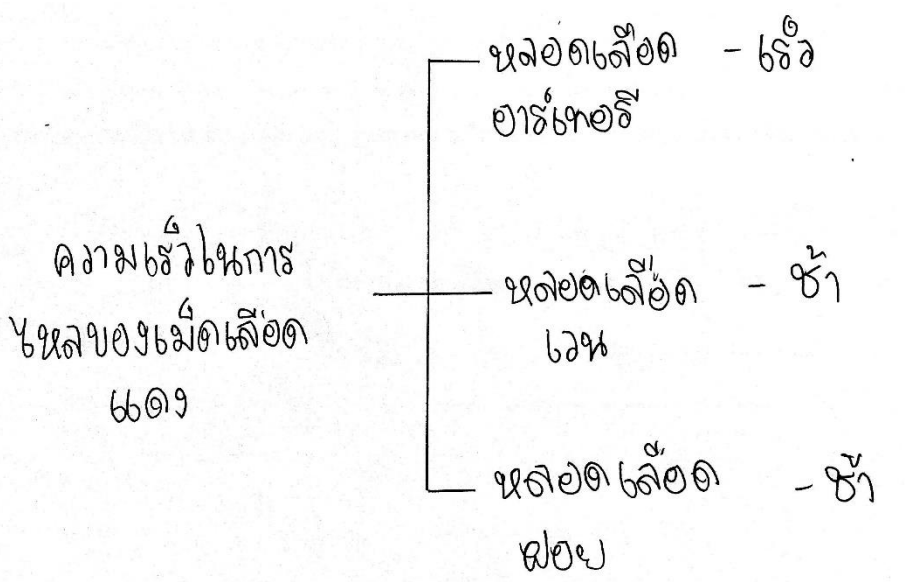
3. หัวใจที่มีความสัมพันธ์กับเลือดที่ใช้แล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจห้องใด

ตอบ หัวใจด้านซ้าย

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ ด้านหน้า จะมีเส้นเลือดโคโรนารีตัดผ่านตรงกลาง

ภาพที่ 14 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. ทิศทางการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดต่าง ๆ เป็นอย่างไร

ตอบ บางหลอดไปทางหัว บางหลอดไปทางหาง

2. การเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดมีความเร็วเท่ากันทุกหลอดเลือดหรือไม่ อย่างไร ?

ตอบ ไม่เท่ากัน

3. สังเกตได้อย่างไรว่าหลอดเลือดใดเป็นหลอดเลือดอาร์เทอรีหรือหลอดเลือดเวน

ตอบ หลอดเลือดอาร์เทอรีไหลออกจากหัวใจ ส่วนหลอดเลือดเวนไหลเข้าหัวใจ

4. การไหลของเลือดในหลอดเลือดฝอย ขนาดหลอดเลือดฝอย และขนาดเซลล์เม็ดเลือดแดงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ตอบ เซลล์เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กเหมือนหลอดเลือดฝอย เซลล์เม็ดเลือดแดงถึงไหลในหลอดเลือดฝอยได้สะดวก

ภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 12 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด และคำอธิบายสอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 13 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ แต่มีบางส่วนที่คำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 14 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 2 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายเรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 15 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด และนักเรียนเขียนคำอธิบายเรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้าง

4. การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

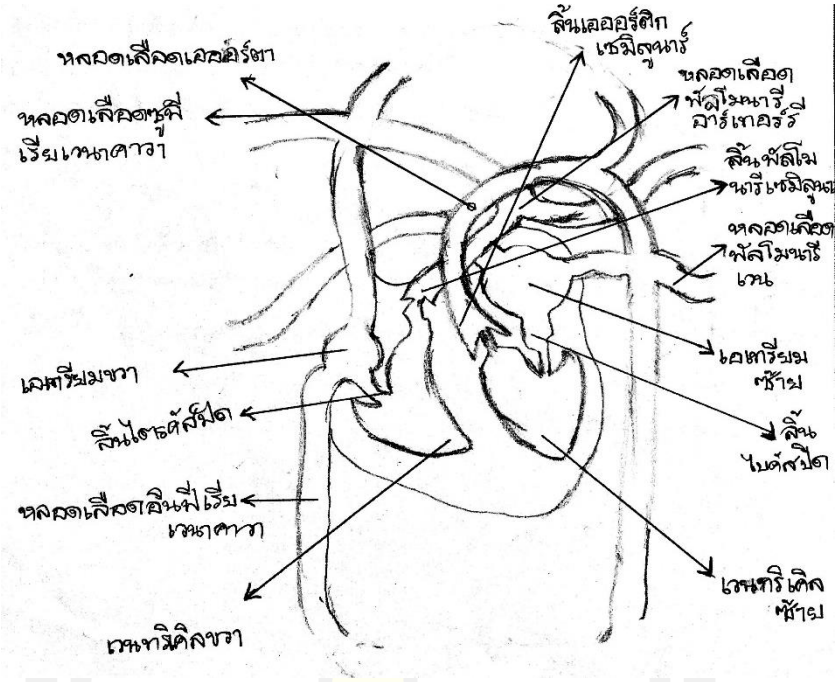
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ให้ 3 คะแนน

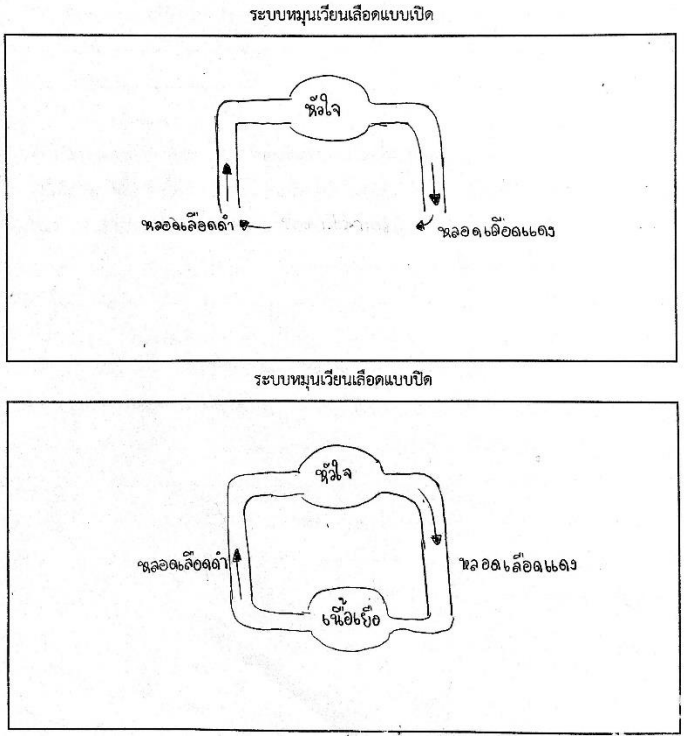
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน ให้ 2 คะแนน

แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ ให้ 1 คะแนน

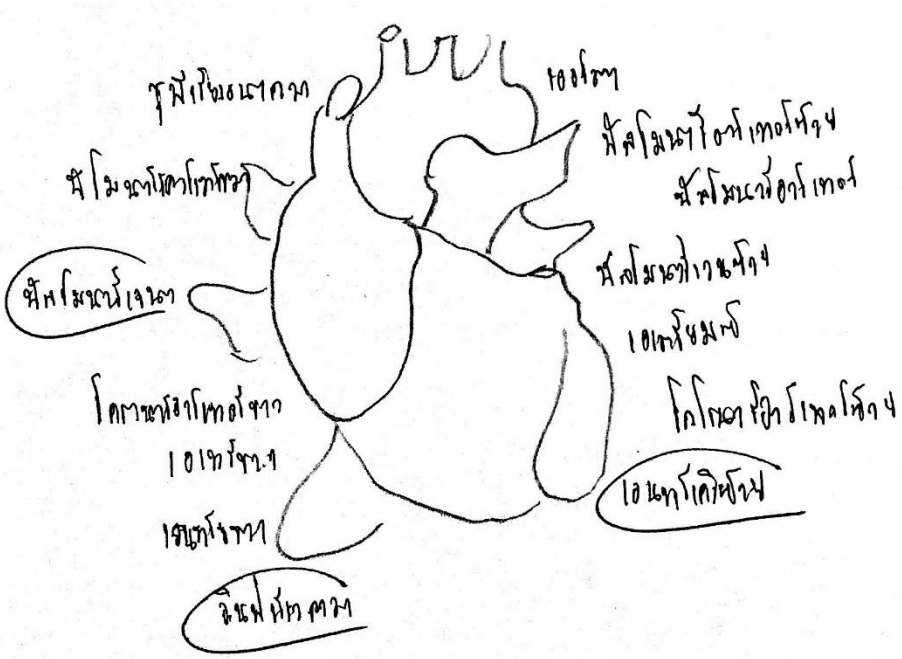
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง ดังนี้



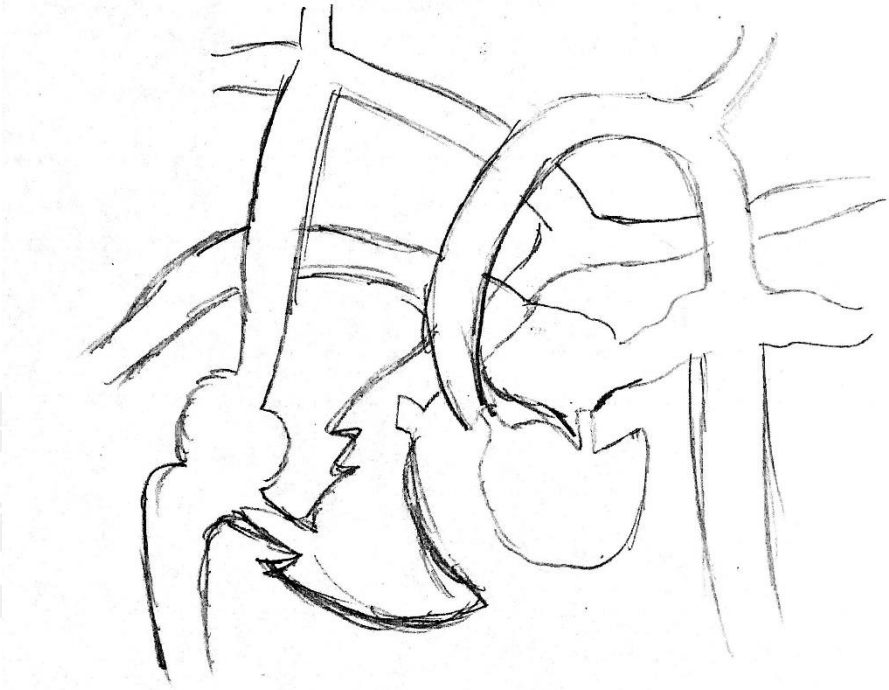
ภาพที่ 16 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 17 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 18 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 2 คะแนน



ภาพที่ 19 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 1 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 16 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 4 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 17 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 3 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน

ภาพที่ 18 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 2 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน

ภาพที่ 19 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างไม่มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลอง

และจากการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบและประเมิน และ 4) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ประเมินกิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ วงรอบปฏิบัติที่ 1 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน

1) การสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองที่นักเรียนสร้างสอดคล้องกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ และระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 2-3 วัน

2) การใช้แบบจำลอง

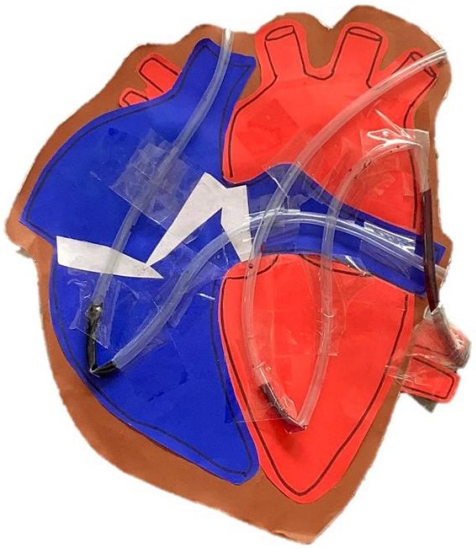
นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมเพื่อจะอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ แต่ไม่ชัดเจน และนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ แต่ไม่ถูกต้อง

3) การเปรียบเทียบและประเมิน

นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ

4) การปรับปรุงแบบจำลอง

นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ มีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แต่ไม่ชัดเจน และไม่มีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป ซึ่งประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ ทำให้คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ได้ 10 คะแนน



ภาพที่ 20 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 10 คะแนน

ภาพที่ 21 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 12 คะแนน

ภาพที่ 22 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน

ผลจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองและกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ พฤติกรรมของนักเรียนที่พบจากการทำงานของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้มาทำการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสรุปพฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองต่ำกว่าร้อยละ 70 เป็นรายบุคคล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

นักเรียนคนที่ 2 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ มีการระบุเขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 3 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ แต่ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน และมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด

นักเรียนคนที่ 4 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ซึ่งคำอธิบายส่วนใหญ่ที่นักเรียนตอบยังไม่ละเอียดครบถ้วน แต่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 6 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ มีการระบุเขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 8 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน และมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด

นักเรียนคนที่ 10 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 18 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด เขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน และมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด

นักเรียนคนที่ 21 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 22 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ หลักการ ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด เขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย ครอบคลุมเนื้อหา มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 28 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่

สอดคล้องกับภาพวาด ซึ่งคำอธิบายส่วนใหญ่ที่นักเรียนตอบยังไม่ละเอียดครบถ้วน แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 29 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ไม่มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ซึ่งคำอธิบายส่วนใหญ่ที่นักเรียนตอบยังไม่ละเอียดครบถ้วน แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

นักเรียนคนที่ 31 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ มีการระบุเขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 โดยผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงได้ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	**ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์**															**ผลการประเมิน**
	วงรอบปฏิบัติการที่ 1															
	มโนมติที่ 1					**มโนมติที่ 2**					**มโนมติที่ 3**					
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
2.*	PU	PU	CU	PS	PU	PU	PS	PU	PU	AC	AC	AC	AC	PU	AC	ไม่ผ่าน
3.*	AC	AC	CU	CU	PS	PU	AC	CU	AC	PS	PU	CU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
4.*	PU	AC	AC	AC	PU	CU	PU	AC	PS	AC	PU	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5.*	PU	PU	AC	PU	PS	PU	PU	PU	PU	PS	PU	PU	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
6.*	PU	PU	AC	PS	AC	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	AC	PU	AC	ไม่ผ่าน
7.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
8.*	PU	PU	CU	CU	AC	CU	AC	AC	AC	AC	PU	CU	AC	PU	PU	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 18 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงรอบปฏิบัติการที่ 1															
	มโนมติที่ 1					มโนมติที่ 2					มโนมติที่ 3					
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
9.*	AC	PU	AC	PS	AC	PU	PU	PU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
10.*	AC	AC	PU	PS	PU	PU	AC	PU	AC	AC	PS	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
11	PS	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	PS	PS	AC	ผ่าน
12.	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
13.*	PU	AC	AC	AC	PU	CU	PU	AC	PU	PS	PU	PU	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
14.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
15.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
16.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
17.	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
18.*	PU	AC	AC	AC	PS	PU	PU	AC	PU	AC	AC	AC	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
19.	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	ผ่าน
20.	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
21.*	PU	AC	AC	AC	PS	PU	PU	AC	PU	AC	PU	AC	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
22.*	AC	AC	PS	PS	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
23.*	PU	AC	AC	AC	AC	PU	PU	PS	PS	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
24.	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	ผ่าน
25.	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
26.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
27.	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
28.*	PU	PS	PS	PS	AC	PU	CU	CU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
29.*	PU	AC	AC	AC	PU	PS	PU	AC	PS	AC	PU	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
30.	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
31.*	PU	PU	AC	PU	AC	PU	PU	PU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน

หมายเหตุ * หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จากแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 16 คน CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 18 จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 15 ข้อ พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 335) และเมื่อแยกรายการแสดงจำนวนร้อยละของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 1

มโนมติ	**ข้อที่**	**ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (จำนวนคน)**									
		CU	**ร้อยละ**	**PU**	**ร้อยละ**	**PS**	**ร้อยละ**	**AC**	**ร้อยละ**	**NU**	**ร้อยละ**
1 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1	5	16.13	21	67.74	1	3.23	4	12.90	0	0.00
	2	2	6.45	18	58.06	2	6.45	9	29.03	0	0.00
	3	5	16.13	13	41.94	3	9.68	10	32.26	0	0.00
	4	9	29.03	9	29.03	7	22.58	6	19.35	0	0.00
	5	11	35.48	8	25.81	5	16.13	7	22.58	0	0.00
2 โครงสร้างของหัวใจ และ	6	17	54.84	10	32.26	2	6.45	2	6.45	0	0.00
	7	13	41.94	11	35.48	1	3.23	6	19.35	0	0.00
	8	12	38.71	10	32.26	1	3.23	8	25.81	0	0.00
	9	4	12.90	16	51.61	3	9.68	8	25.81	0	0.00
	10	0	0.00	14	45.16	4	12.90	13	41.94	0	0.00

ตารางที่ 19 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

มโนมติ	ข้อที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (จำนวนคน)									
		CU	ร้อยละ	PU	ร้อยละ	PS	ร้อยละ	AC	ร้อยละ	NU	ร้อยละ
3 ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	11	11	35.48	14	45.16	1	3.23	5	16.13	0	0.00
	12	10	32.26	13	41.94	2	6.45	6	19.35	0	0.00
	13	2	6.45	14	45.16	3	9.68	12	38.71	0	0.00
	14	6	19.35	11	35.48	2	6.45	12	38.71	0	0.00
	15	3	9.68	12	38.71	0	0.00	16	51.61	0	0.00

หมายเหตุ มโนมติที่ 1 คือ การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ มโนมติที่ 2 คือ โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ มโนมติที่ 3 คือ ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 19 พบว่ามโนมติที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ ข้อที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ข้อที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ข้อที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26 ข้อที่ 4 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 22.58 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ข้อที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 22.58

มโนติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ ข้อที่ 6 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 58.54 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ข้อที่ 7 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ข้อที่ 8 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ข้อที่ 9 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ข้อที่ 10 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0.00 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94

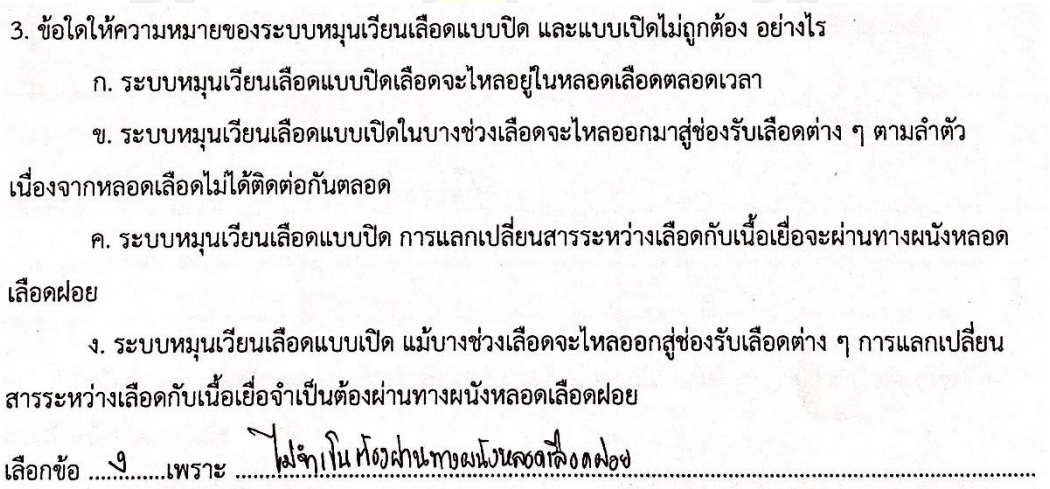
มโนมติที่ 3 เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด ข้อที่ 11 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ข้อที่ 12 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ข้อที่ 13 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ข้อที่ 14 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ข้อที่ 15 นักเรียนมีความเข้าใจที่

สมบูรณ์ (CU) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 0 คน คิดเป็นร้อยละ 0.00 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบวัดของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) โดยพบปัญหาจากการเลือกคำตอบและให้เหตุผล ดังนี้

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)



3. ข้อใดให้ความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิดไม่ถูกต้อง อย่างไร

ก. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดเลือดจะไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

ข. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดในบางช่วงเลือดจะไหลออกมาสู่ช่องรับเลือดต่าง ๆ ตามลำตัว เนื่องจากหลอดเลือดไม่ได้ติดต่อกันตลอด

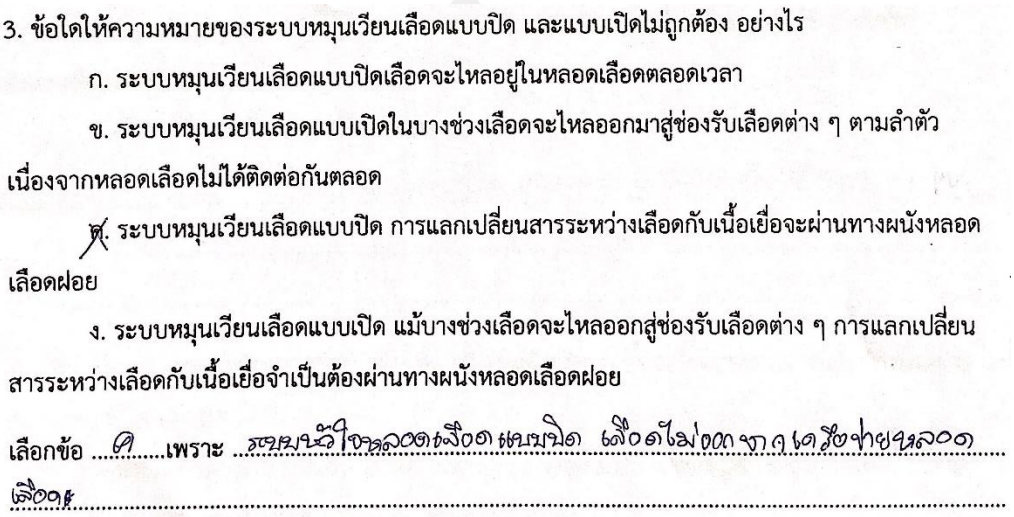
ค. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจะผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย

ง. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด แม้บางช่วงเลือดจะไหลออกสู่ช่องรับเลือดต่าง ๆ การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจำเป็นต้องผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย

เลือกข้อ ง **เพราะ** ไม่จำเป็นต้องผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย

ภาพที่ 23 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 1)

นักเรียนเขียนคำตอบทั้งแบบเลือกตอบ และเหตุผลที่เลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)


3. ข้อใดให้ความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิดไม่ถูกต้อง อย่างไร

ก. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดเลือดจะไหลอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา

ข. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดในบางช่วงเลือดจะไหลออกมาสู่ช่องรับเลือดต่าง ๆ ตามลำตัว เนื่องจากหลอดเลือดไม่ได้ติดต่อกันตลอด

ค. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจะผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย

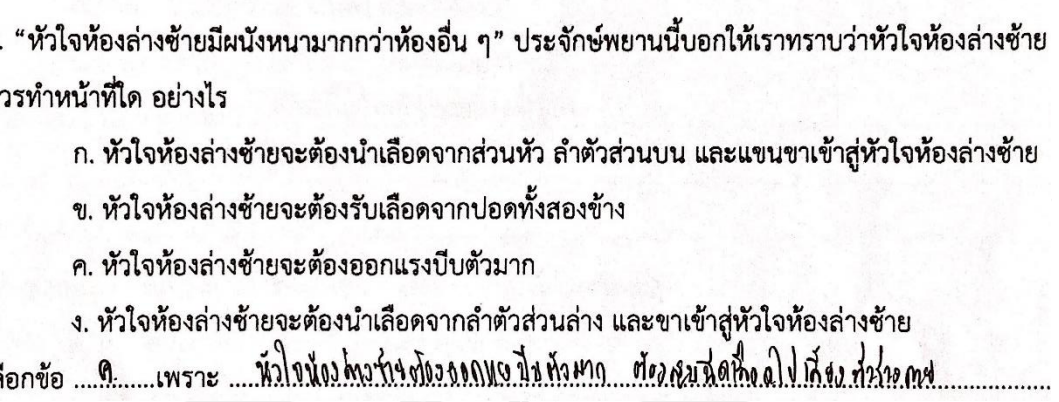
ง. ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด แม้บางช่วงเลือดจะไหลออกสู่ช่องรับเลือดต่าง ๆ การแลกเปลี่ยนสารระหว่างเลือดกับเนื้อเยื่อจำเป็นต้องผ่านทางผนังหลอดเลือดฝอย

เลือกข้อ ค เพราะ ระบบหัวใจหลอดเลือดแบบปิด เลือดไม่ออกจากเลือดฝอยหลอดเลือดฝอย

ภาพที่ 24 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 1)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


6. “หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ” ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด อย่างไร

ก. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องนำเลือดจากส่วนหัว ลำตัวส่วนบน และแขนขาเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย

ข. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องรับเลือดจากปอดทั้งสองข้าง

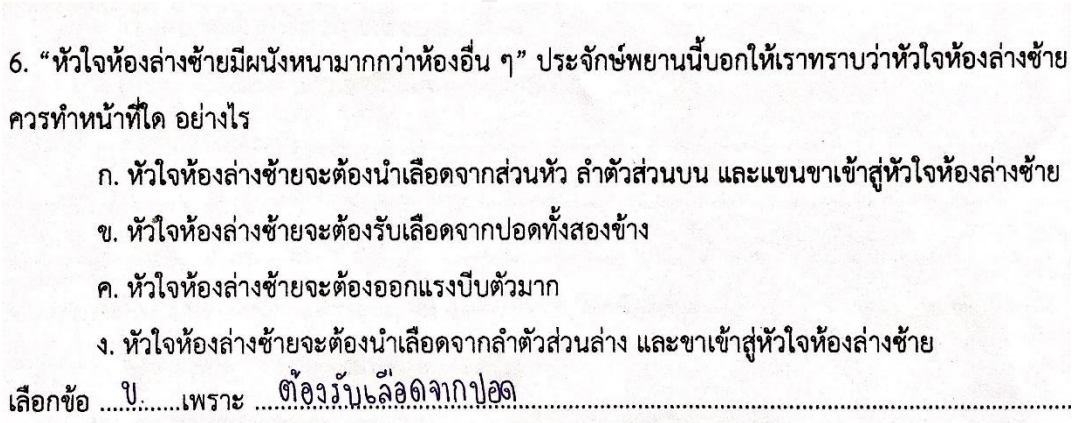
ค. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องออกแรงบีบตัวมาก

ง. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องนำเลือดจากลำตัวส่วนล่าง และขาเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย

เลือกข้อ ค เพราะ หัวใจห้องล่างซ้ายต้องออกแรงบีบมาก ต้องส่งเลือดไปเลี้ยงทั่วร่างกาย

ภาพที่ 25 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 2)

นักเรียนเขียนคำตอบทั้งแบบเลือกตอบ และเหตุผลที่เลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)



6. “หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ” ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด อย่างไร

ก. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องนำเลือดจากส่วนหัว ลำตัวส่วนบน และแขนขาเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย

ข. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องรับเลือดจากปอดทั้งสองข้าง

ค. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องออกแรงบีบตัวมาก

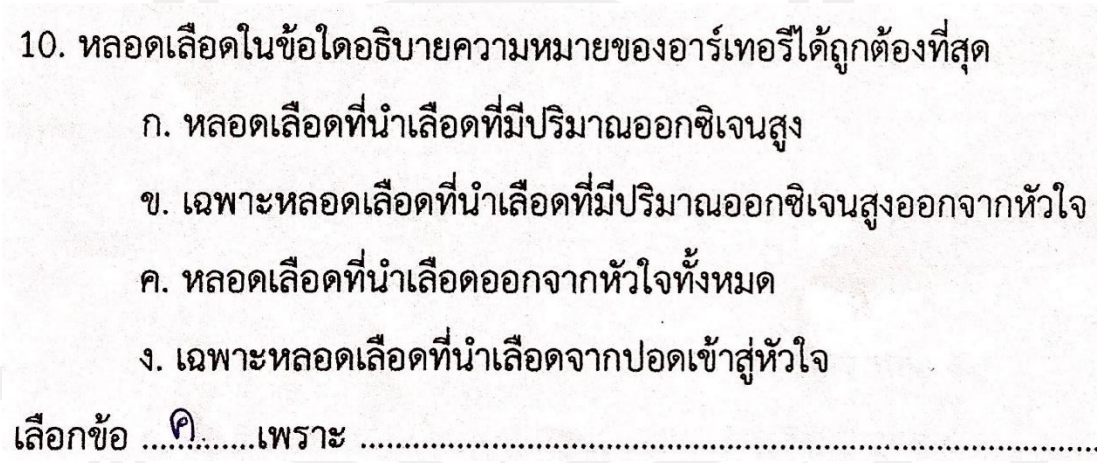
ง. หัวใจห้องล่างซ้ายจะต้องนำเลือดจากลำตัวส่วนล่าง และขาเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้าย

เลือกข้อ ....ข.....เพราะ ต้องรับเลือดจากปอด.....

ภาพที่ 26 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 2)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด

นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ และคำตอบของนักเรียนถูก แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบในข้อนี้ ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)



10. หลอดเลือดในข้อใดอธิบายความหมายของอาร์เทอรีได้ถูกต้องที่สุด

ก. หลอดเลือดที่นำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูง

ข. เฉพาะหลอดเลือดที่นำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงออกจากหัวใจ

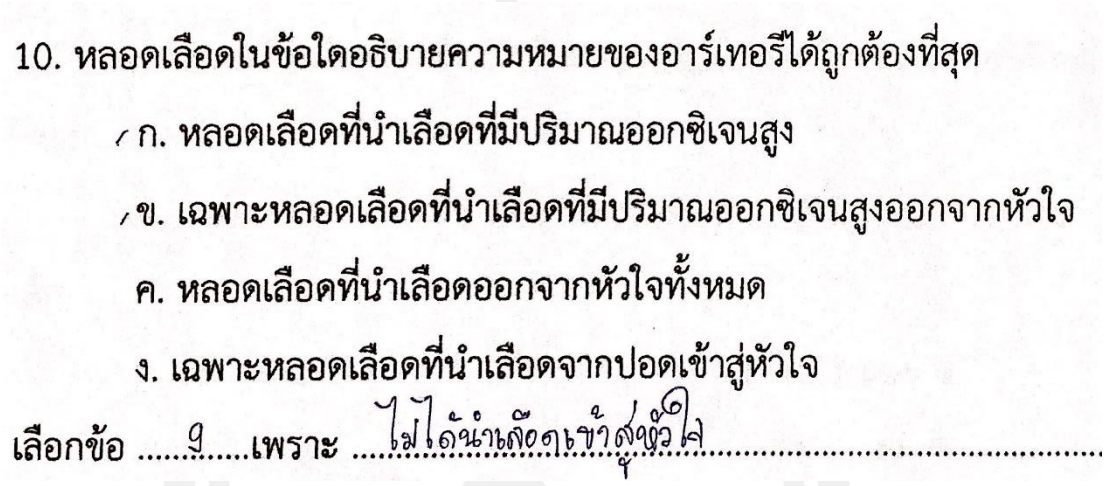
ค. หลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจทั้งหมด

ง. เฉพาะหลอดเลือดที่นำเลือดจากปอดเข้าสู่หัวใจ

เลือกข้อ ....ค.....เพราะ .....

ภาพที่ 27 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 3)

นักเรียนเขียนคำตอบทั้งแบบเลือกตอบ และเหตุผลที่เลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)


10. หลอดเลือดในข้อใดอธิบายความหมายของอาร์เทอรีได้ถูกต้องที่สุด

ก. หลอดเลือดที่นำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูง

ข. เฉพาะหลอดเลือดที่นำเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงออกจากหัวใจ

ค. หลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจทั้งหมด

ง. เฉพาะหลอดเลือดที่นำเลือดจากปอดเข้าสู่หัวใจ

เลือกข้อ ....ง.... เพราะ ไม่ได้นำเลือดเข้าสู่หัวใจ

ภาพที่ 28 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1 (มโนมติที่ 3)

ผลจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ การบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสรุปพฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์เป็นรายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนคนที่ 2 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 3 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 4 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 5 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 6 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 8 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 9 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 10 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4

ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 13 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 18 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 21 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 22 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 23 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4

ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 28 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 29 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นบางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 31 นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้นคำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ประกอบกับกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมของนักเรียนที่พบจากการทำงานของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ปัญหาพบว่า มีนักเรียนอยู่จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ของนักเรียนทั้งหมด ที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีนักเรียนอยู่จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ของนักเรียนทั้งหมดที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อทราบถึงหลักการคิด ปัญหาที่นักเรียนพบขณะทำการจัดเรียนรู้ และวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพื่อทราบถึงแนวคิด แนวคำตอบของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบ และหาแนวทางแก้ไขต่อไป

3) ผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ของนักเรียนจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยที่ผู้วิจัยได้ถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด และแยกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยเพื่อนำปัญหา และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ผลที่ได้แสดงดังนี้

3.1) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับรูปแบบจัดการเรียนรู้ เนื่องจาก โดยส่วนมากวิชาชีววิทยาจะเป็นการบรรยาย นักเรียนจึงคุ้นเคยกับการเรียนด้วยวิธีดังกล่าว ทำให้เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยระหว่างเรียนการทำกิจกรรมผ่านสื่อการสอน ใบกิจกรรมหรือการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ทำให้ในบางครั้งของการเรียนต้องมีการปรับพฤติกรรมการเรียนทั้งนักเรียนและครูผู้สอนไปด้วยกัน โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

“ปกติเรียนแต่แบบเลคเชอร์พอได้เรียนแบบนี้รู้สึกว่ามันหลายขั้นตอน เลยรู้สึกว่ายากเกินไป”

(นักเรียนคนที่ 4, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ปกติได้แต่นั่งเรียน ฟังครูบรรยายอย่างเดียว ไม่ค่อยได้นำเสนองานหน้าชั้นเรียนเลยไม่ค่อยชอบเพราะ ตอบคำถามที่ครูถามไม่ได้ ไม่มั่นใจเลย”

(นักเรียนคนที่ 18, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.2) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช่ในการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนกระตือรือร้นในการเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง แต่ในขั้นตอนการเปรียบเทียบ และประเมินนักเรียนยังไม่แน่ใจว่าต้องเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มอื่นกับกลุ่มตนเองอย่างไร จึงทำให้ตัดสินไม่ได้ว่าแบบใดสามารถอธิบายหลักฐานทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าหรือดีกว่าเพราะอะไร และในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางความคิดนักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอความคิดของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนแบบจำลองออกมาได้ด้วยตนเองในขั้นตอนแรก จะรอถามครูผู้สอนหรือให้ยกตัวอย่างการเขียนแบบจำลองก่อน นักเรียนมีปัญหาในการเขียนคำอธิบาย แบบจำลองทางความคิดถูก แต่ไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย หรือแบบจำลองทางความคิดผิด แต่คำอธิบายถูก และนักเรียนส่วนใหญ่จะมีปัญหาในการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองที่สร้าง มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วนหรือนักเรียนบางคนไม่มีการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองเลย

“ที่ครูให้สร้างแบบจำลองเป็นกลุ่ม ไม่มั่นใจว่าที่ทำถูกไหม เพราะ ตอนวาดแบบจำลองไม่ได้ทำเหมือนเพื่อนในกลุ่มตัวเอง แต่ลองทำดูจากที่เพื่อนในกลุ่มออกความคิดเห็นว่าแบบไหนถึงจะถูก”

(นักเรียนคนที่ 28 , 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนสร้างแบบจำลองทางความคิด รู้สึกว่ายากมากไม่รู้ต้องวาดหรือเขียนคำตอบแบบไหน”

(นักเรียนคนที่ 31, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ขั้นตอนที่ครูให้ประเมินแบบจำลองของกลุ่มตัวเองกับของกลุ่มเพื่อน แล้วแก้ไขแบบจำลองไม่รู้ว่าต้องแก้แบบไหนถึงจะถูกที่สุด เพราะเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ก็ทำคล้าย ๆ กัน”

(นักเรียนคนที่ 2, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“กิจกรรมที่ครูให้วาดแบบจำลองเอง กับตอบคำถามท้ายกิจกรรมยากมาก ไม่เข้าใจด้วยว่าจะวาดออกมาแบบไหนถึงจะครบตามส่วนประกอบที่ครูกำหนดให้”

(นักเรียนคนที่ 8, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนนำเสนองานหน้าชั้นเรียนที่ครูให้เปรียบเทียบแบบจำลองที่กลุ่มตัวเองสร้างกับแบบจำลองที่เพื่อนสร้าง ไม่รู้ว่าต้องใช้อะไรในการเปรียบเทียบ และไม่รู้ว่าแบบไหนถึงจะถูกหรือดีที่สุด”

(นักเรียนคนที่ 10, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.3) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ พบว่า ระยะเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้อาจจะไม่เพียงพอเนื่องจาก นักเรียนยังไม่คล่องแคล่วในการวางแผนในการทำกิจกรรม และการประเมินผลมีทั้งแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง สร้างแบบจำลอง และแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ทำให้การจัดการเรียนรู้ในช่วงวงจรปฏิบัติการที่ 1 บางแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ทันเวลา

“ครูให้เวลาในการทำงานน้อยเกินไป แต่ละงานเร่งไปหมด น่าจะเพิ่มเวลาให้อีก”

(นักเรียนคนที่ 3, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“อยากให้ครูเพิ่มเวลาในการทำการสร้างแบบจำลอง เพราะรู้สึกกดดันตอนที่ครูเร่งเวลา และไม่อยากออกไปนำเสนอหน้าห้อง เพราะกลัวนำเสนอผิด”

(นักเรียนคนที่ 29, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.4) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน พบว่า ควรเพิ่มระยะเวลาในการทำกิจกรรม หรือลดกิจกรรมบางกิจกรรมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ควรอธิบายการทำกิจกรรมอย่างละเอียด เพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความเข้าใจที่ถูกต้องก่อนเริ่มทำ

กิจกรรม และขั้นตอนการทำกิจกรรมกลุ่มควรเข้มงวดกับนักเรียนทุกคนอย่างทั่วถึงกันเพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ทำกิจกรรม

“ตอนนำเสนอหน้าชั้นเรียนอยากให้ทุกคนในกลุ่มได้ร่วมนำเสนอด้วย ไม่อยากให้ไปแค่ตัวแทนกลุ่ม”

(นักเรียนคนที่ 6, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“อยากให้ครูเข้มงวดกับนักเรียนทุกคนตอนทำงานกลุ่ม เพราะบางครั้งมีเพื่อนไม่ช่วยทำงานกลุ่มด้วย”

(นักเรียนคนที่ 21, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ครูน่าจะอธิบายก่อนเริ่มทำกิจกรรมแต่ละอย่างให้ละเอียด เพื่อให้ทุกคนเข้าใจตรงกัน ไม่ถามคำถามระหว่างการทำกิจกรรม มันทำให้เกิดความล่าช้า”

(นักเรียนคนที่ 22, 14 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

1.4 สะท้อนผล (Reflect)

ผลจากการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบกับกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนประกอบกัน สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 โดยจะนำปัญหาไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไขในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง	1. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการเขียนระบุองค์ประกอบของแบบจำลองทางความคิดที่สร้างทำให้ครูไม่ทราบถึงสิ่งที่นักเรียนต้องการจะสื่อผ่านการวาดแบบจำลองทางความคิด	1. ครูชี้แจงอย่างละเอียดถึงเรื่องสำคัญของการเรียนระบุองค์ประกอบของแบบจำลองทางความคิดให้นักเรียนได้ทราบ และการมีผลต่อคะแนนหากนักเรียนไม่เขียนระบุองค์ประกอบของแบบจำลองทางความคิด

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง	2. นักเรียนไม่ทราบว่าจะต้องนำข้อมูล หรือสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มานักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนแบบจำลองตามคำชี้แจงออกมาได้ จะรอสอบถามผู้สอนโดยไม่มีการลองทำมาก่อน	2. ครูชี้แจงอย่างละเอียดก่อนที่จะให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ชี้แจงถึงสิ่งที่โจทย์ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียด
แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง	3. นักเรียนไม่มีการศึกษาใบความรู้ก่อนเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดแม้จะชี้แจงไปแล้ว ทำให้ใช้ระยะเวลาในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางความคิดใช้เวลานาน	3. กำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ที่ครูให้ไปศึกษา และนำมาส่งก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ
กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง	4. ขั้นตอนการใช้ และประเมินและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง แบบจำลองนักเรียนไม่มีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อนเพื่อที่จะนำข้อแตกต่างนั้นมาปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง	4. ครูผู้สอนกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้
กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง	5. นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร	5. ในขั้นตอนการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนทุกกลุ่มนำอธิบายหลักการ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์จากแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้าง เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง	6. ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นกระบวนการกลุ่ม มีนักเรียนในกลุ่มหลายคนไม่ช่วยเพื่อนทำงานในขณะที่มีกิจกรรมกลุ่ม	6. ครูผู้สอนชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนน และบอกนักเรียนว่าจะมีคะแนนพฤติกรรมด้วย ดังนั้นนักเรียนต้องช่วยเพื่อนทำงาน และครูควรเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนแต่ละกลุ่มในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วย
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	7. เมื่อทำการทดสอบนักเรียนบางส่วนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบในข้อนั้น ๆ ทำให้นักเรียนไม่ได้คะแนนในข้อนั้น ๆ หรือได้คะแนนน้อย แม้คำตอบที่เลือกของนักเรียนจะเป็นคำตอบที่ถูก	7. ครูชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนนของการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนฟังอย่างละเอียดก่อนเริ่มทำแบบวัด และกำชับให้นักเรียน เขียนอธิบายเหตุผลในการคำตอบให้ละเอียด และเมื่อทำแบบทดสอบเสร็จ หากมีเวลาควรเฉลยคำตอบยกตัวอย่าง และทบทวนคำตอบให้นักเรียนเสมอ
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	8. นักเรียนบางส่วนเขียนคำตอบที่เลือกไว้ถูก แต่เขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง หรือไม่ถูกต้องจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา	8. ก่อนการเริ่มทำแบบทดสอบครูควรสรุปเรื่องที่เรียน โดย การถามคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน และเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบด้วย
ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน	9. นักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนองาน และไม่กล้าแสดงความคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน	9. ขั้นตอนการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนให้สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มนำเสนอแนวคิดร่วมกันหน้าชั้นเรียน และผลัดถามคำถามกับสมาชิกภายในกลุ่มหลาย ๆ คน เพื่อเป็นการประเมินรายคนด้วย

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
การจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้	10. ในแต่ละกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำ นักเรียนใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างนาน จึงทำให้ในกิจกรรมท้าย ๆ เกิดความเร่งรีบจนเกินไป	10. ในแต่ละกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำต้องกำหนดระยะเวลาให้นักเรียนอย่างชัดเจน มีการตั้งนาฬิกาเพื่อจับเวลาให้นักเรียนเห็นผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือโปรเจคเตอร์เพื่อให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรม ในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

2. วงรอบปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan) ทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนให้กระชับขึ้น กำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นการสอนโดยเฉพาะในขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อให้แต่ละกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำมีความกระชับมากยิ่งขึ้น ขั้นที่ 2 การประเมิน และทบทวนแนวคิดมีการชี้แนะแนวทางให้นักเรียนเกิดความสนใจ ผ่านคำถามที่ตรงประเด็นมากขึ้น ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลอง ควรกำหนดระยะเวลาให้ชัดเจนในการสร้างแบบจำลองเพราะชั้นนี้นักเรียนจะใช้เวลามากที่สุดในการทำ ขั้นที่ 4 การใช้ และประเมินแบบจำลอง ครูผู้สอนกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนสังเกตเห็นข้อแตกต่าง และสามารถนำไปสู่ขั้นที่ 5 ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง และขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลองได้ มีการสรุปทบทวนให้นักเรียนก่อนการทำแบบทดสอบ และชี้แจงหลักเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2.2 ขั้นปฏิบัติ (Act) นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยประกอบไปด้วยเนื้อหา ดังนี้

(1) แผนที่ 4 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

(2) แผนที่ 5 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ

(3) แผนที่ 6 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ

2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

1) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองจำนวน 3 ข้อ ไปทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 2

2) นำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรม และแบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการไปประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

3) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดความเข้าใจมโนมติชนิด 2 ตอน ประกอบด้วยตอนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น โดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และให้คะแนนตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 2

จากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบ และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2

เลขที่นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**	**ผลการประเมิน**
1	39	41	80	83.33	ผ่าน
2	34	36	70	72.92	ผ่าน
3	31	39	70	72.92	ผ่าน
4*	23	38	61	63.54	ไม่ผ่าน
5	33	42	75	78.13	ผ่าน
6	30	42	72	75.00	ผ่าน
7	38	38	76	79.17	ผ่าน
8	32	42	74	77.08	ผ่าน
9	30	42	72	75.00	ผ่าน
10*	26	36	62	64.58	ไม่ผ่าน
11	45	36	81	84.38	ผ่าน
12	40	42	82	85.42	ผ่าน
13	36	38	74	77.08	ผ่าน
14	42	42	84	87.50	ผ่าน

ตารางที่ 21 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

เลขที่นักเรียน	แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (48)	กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (48)	รวม (96)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
15	42	39	81	84.38	ผ่าน
16	40	42	82	85.42	ผ่าน
17	44	39	83	86.46	ผ่าน
18*	23	41	64	66.67	ไม่ผ่าน
19	37	41	78	81.25	ผ่าน
20	40	38	78	81.25	ผ่าน
21	29	41	70	72.92	ผ่าน
22	31	42	73	76.04	ผ่าน
23	37	39	76	79.17	ผ่าน
24	39	36	75	78.13	ผ่าน
25	39	42	81	84.38	ผ่าน
26	40	41	81	84.38	ผ่าน
27	42	42	84	87.50	ผ่าน
28	34	42	76	79.17	ผ่าน
29*	27	38	65	67.71	ไม่ผ่าน
30	36	36	72	75.00	ผ่าน
31	34	39	73	76.04	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	35.26	39.74	75.00	78.13	-
ร้อยละ	73.45	82.80	78.13	78.13	-
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.94	2.25	1.41	6.62	-

*หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง จากแบบทดสอบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 21 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองและกิจกรรมการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน และมีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์

ร้อยละ 70 จำนวน 4 คน มีคะแนนรวมเฉลี่ยเท่ากับ 75.00 คิดเป็นร้อยละ 78.13 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนซึ่งได้จากการสร้างแบบจำลองทางความคิด 3 ข้อ และแบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 12 ข้อ หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบเท่ากับ 35.26 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจากการประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ คือ 1.) การสร้างแบบจำลอง 2.) การใช้แบบจำลอง 3.) การประเมินแบบจำลอง และ 4.) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยนำคะแนนของแต่ละกลุ่มมาคิดค่าเฉลี่ย ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 39.74 (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 331)

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณาออกเป็น 4 รายการประเมิน ดังนี้

รายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

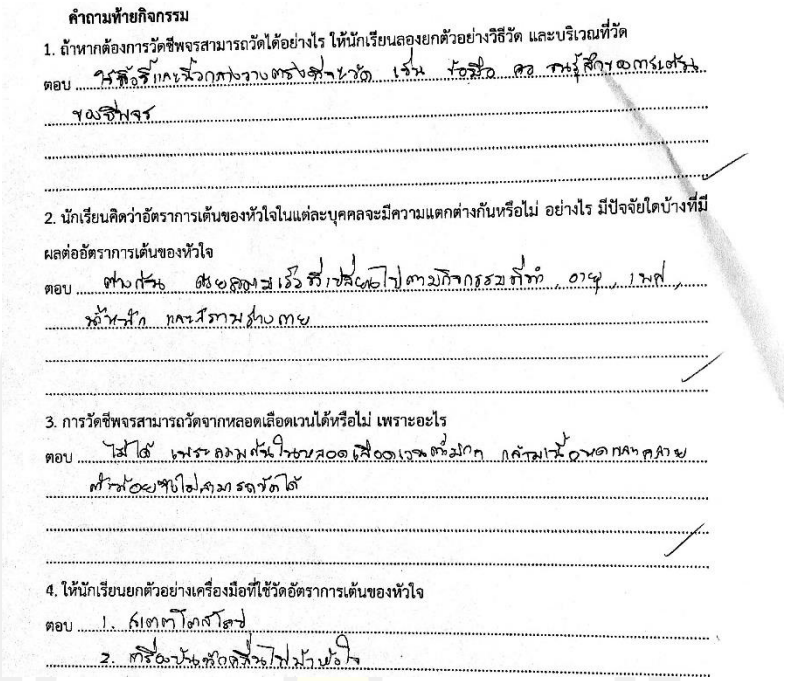
คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน ให้ 2 คะแนน

คำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ดังนี้



คำถามท้ายกิจกรรม

1. ถ้าหากต้องการวัดชีพจรสามารถวัดได้อย่างไร ให้นักเรียนลองยกตัวอย่างวิธีวัด และบริเวณที่วัด

ตอบ ...

2. นักเรียนคิดว่าอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

ตอบ ...

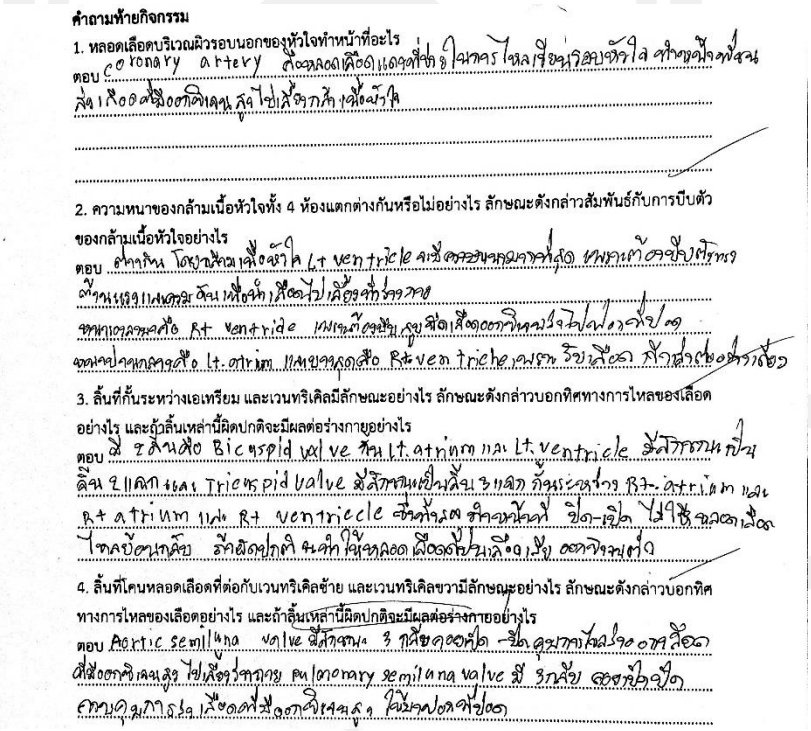
3. การวัดชีพจรสามารถวัดจากหลอดเลือดแดงได้หรือไม่ เพราะอะไร

ตอบ ...

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ตอบ ...

ภาพที่ 29 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

ตอบ ...

2. ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร

ตอบ ...

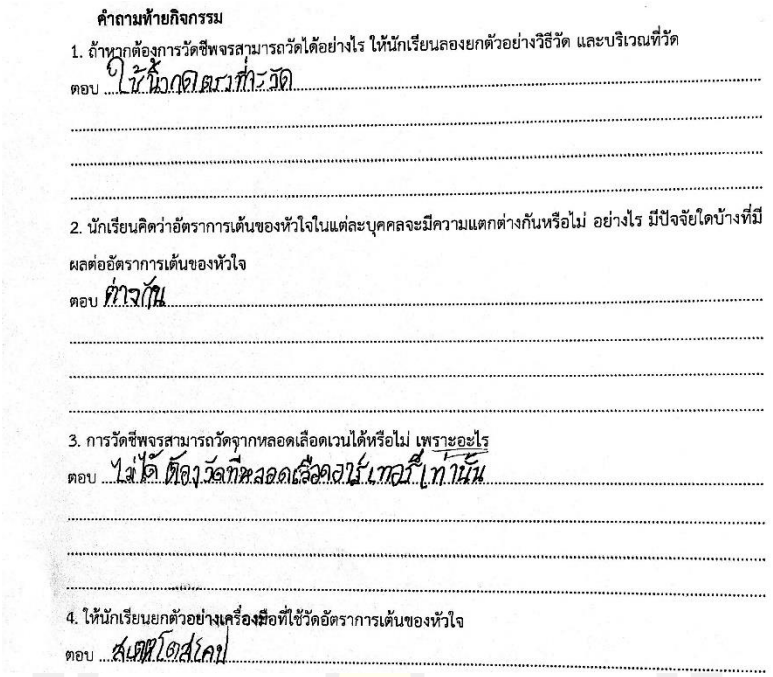
3. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียม และเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...

4. ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้าย และเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...

ภาพที่ 30 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. ถ้าหากต้องการวัดชีพจรสามารถวัดได้อย่างไร ให้นักเรียนลองยกตัวอย่างวิธีวัด และบริเวณที่วัด

ตอบ ใช้นิ้วกดตรงที่จะวัด

2. นักเรียนคิดว่าอัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร มีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ

ตอบ ต่างกัน

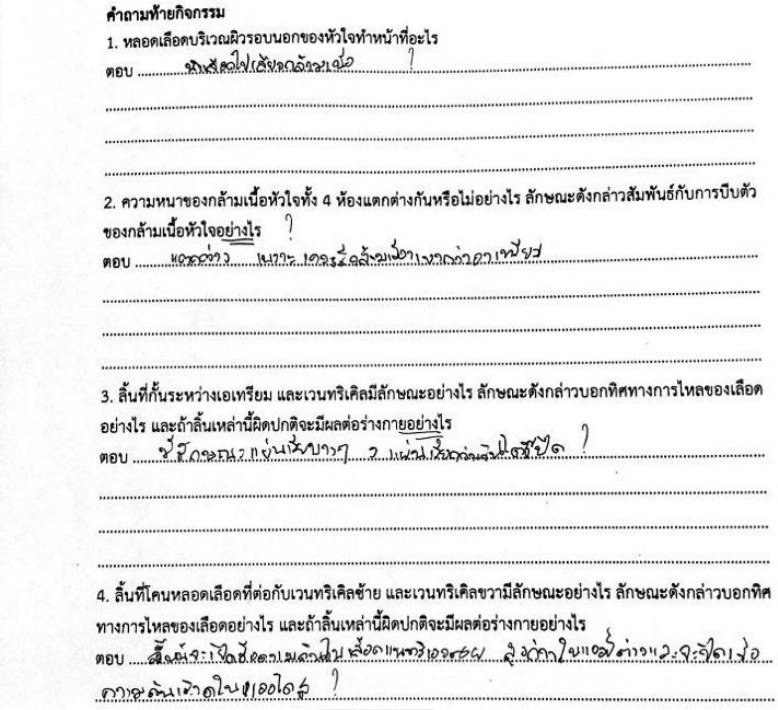
3. การวัดชีพจรสามารถวัดจากหลอดเลือดเวนได้หรือไม่ เพราะอะไร

ตอบ ไม่ได้ ต้องวัดที่หลอดเลือดอาร์เทอรี่เท่านั้น

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ตอบ สเตโทสโคป

ภาพที่ 31 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

ตอบ ลำเลียงไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ ?

2. ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร ?

ตอบ แตกต่าง เพราะ เวลาเรา ออกกำลังกายมากๆ จะทำให้หัวใจต้องการออกซิเจนมากขึ้น

3. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียม และเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ไม่ค่อยมีเท่าไหร่ ? ?

4. ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้าย และเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ลิ้นเซมิลูนาร์ ? ?

ภาพที่ 32 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 1 คะแนน

จากภาพที่ 29 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดการทำงานของหัวใจ แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

ภาพที่ 30 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี เกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน

ภาพที่ 31 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดการทำงานของหัวใจ แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

ภาพที่ 32 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 1 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายคำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี เกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

2. ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

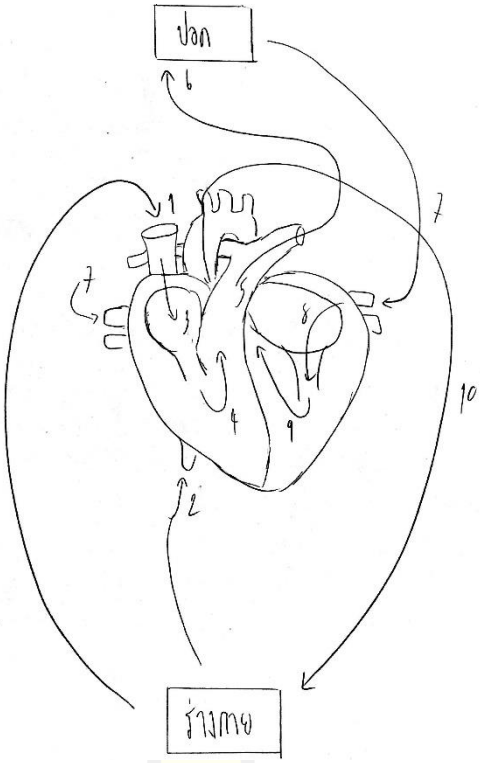
ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ ให้ 3 คะแนน

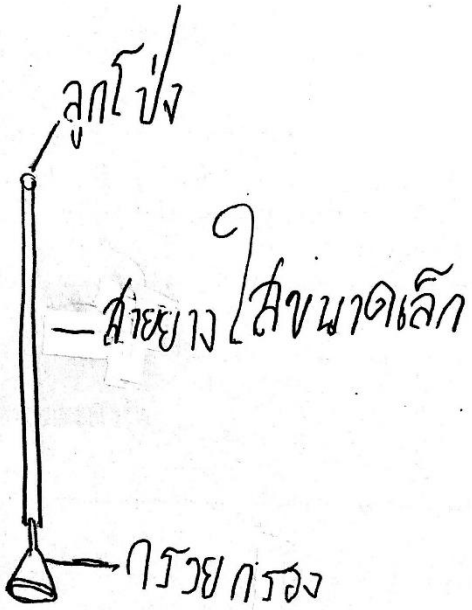
ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ ให้ 2 คะแนน

ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่ศึกษา ให้ 1 คะแนน

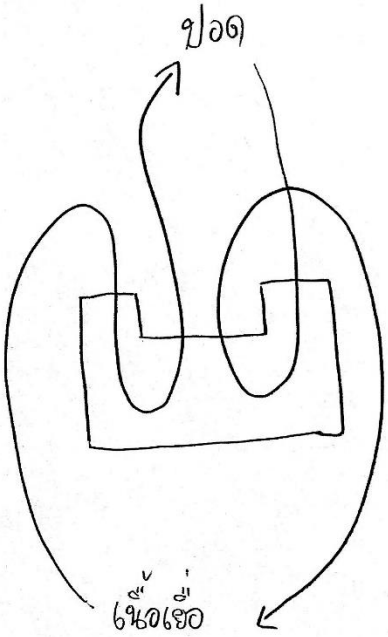
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ดังนี้



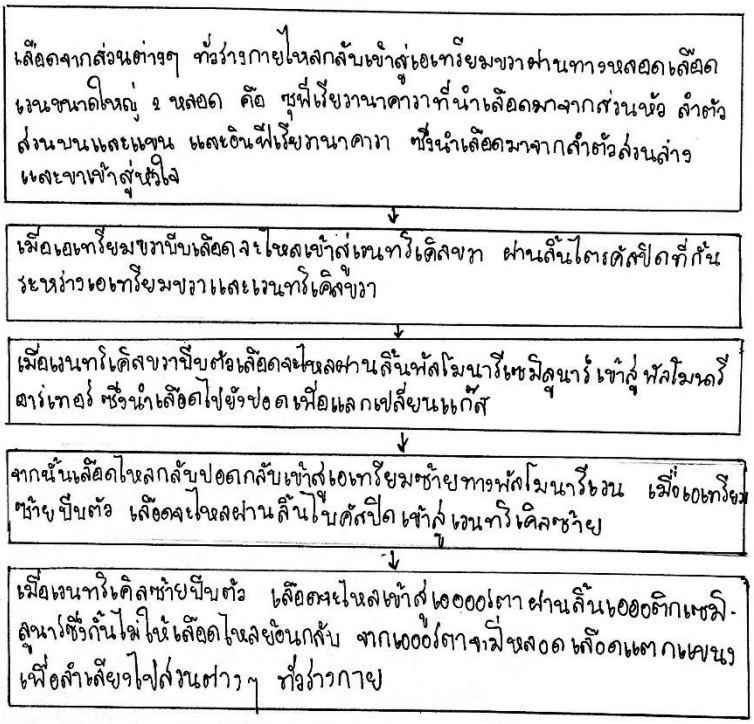
ภาพที่ 33 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 34 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 35 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน



ภาพที่ 36 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 33 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 34 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดการทำงานของหัวใจ 1-2 หลักการ

ภาพที่ 35 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ 3-4 หลักการ

ภาพที่ 36 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด

3. ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด

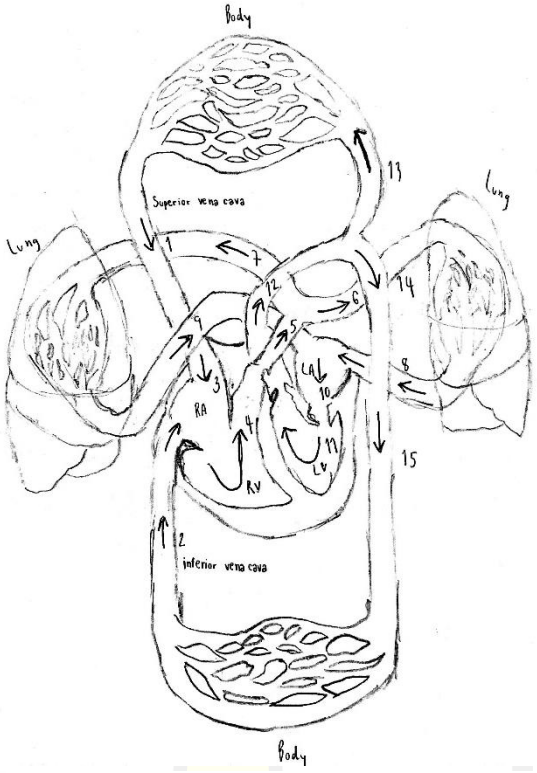
เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด ให้ 4 คะแนน

เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 3 คะแนน

เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 2 คะแนน

เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด ดังนี้



คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

ตอบ ...นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ...

2. ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร

ตอบ ...แตกต่างกัน โดยเวนทริเคิลจะมีกล้ามเนื้อหนากว่าเอเทรียม และกล้ามเนื้อหัวใจเวนทริเคิลซ้ายจะหนากว่าเวนทริเคิลขวา เวนทริเคิลซ้ายต้องออกแรงบีบตัวมากสูบฉีดเลือดไปเลี้ยงร่างกาย ส่วนเวนทริเคิลขวามีหน้าที่สูบเลือดไปรับปอด เอเทรียมขวาและเอเทรียมซ้ายมีกล้ามเนื้อบางเนื่องจากรับเลือดพอส่งไปยังเวนทริเคิลเท่านั้น...

3. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียม และเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...ลิ้นกั้นระหว่างเอเทรียม - เวนทริเคิลขวา เป็นแผ่นเยื่อบางๆ 3 แผ่น เลือดไหลจาก เอเทรียมขวา → เวนทริเคิลขวา

- ลิ้นกั้นระหว่างเอเทรียม - เวนทริเคิลซ้าย เป็นแผ่นเยื่อบางๆ 2 แผ่น เลือดไหลจาก เอเทรียมซ้าย → เวนทริเคิลซ้าย...

4. ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้าย และเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ รูปครึ่งวงกลม 3 แผ่น การชนกันเรียกลิ้นนี้ว่า ลิ้นเซมิลูนาร์ จะพบ 2 ชิ้นคือ

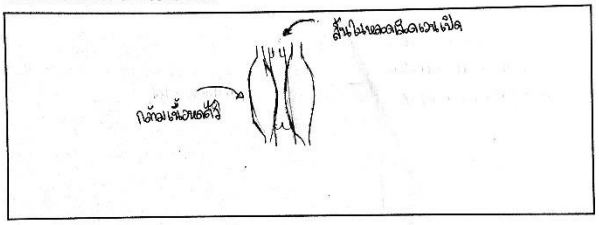
1) ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ เลือดจากเวนทริเคิลซ้าย → เอออร์ตา ถ้าลิ้นนี้รั่ว ร่างกายจะขาดเลือด

2) ลิ้นพัลโมนารี เลือดจากเวนทริเคิลขวา → พัลโมนารีอาร์เทอรี ถ้าลิ้นนี้รั่ว ออกซิเจนในเลือดลดลง...

ภาพที่ 37 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน

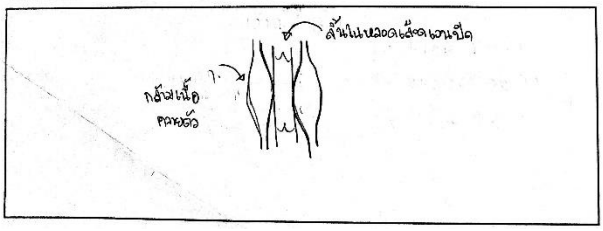
กำหนดให้ แสดงทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวน ในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาหดตัว

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน



กำหนดให้ แสดงทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวน ในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาคลายตัว

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. ให้นักเรียนอธิบายทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวนในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาหดตัว ลักษณะของหลอดเลือดเวน ความดัน ลิ้นในหลอดเลือดเวนเป็นอย่างไร ตามลำดับ

ตอบ - กล้ามเนื้อน่องขาหดตัว
- หลอดเลือดเวนถูกบีบ
- ความดันเพิ่ม
- ลิ้นในหลอดเลือดเวนเปิด

2. ให้นักเรียนอธิบายทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวนในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาคลายตัว ลักษณะของหลอดเลือดเวน ความดัน ลิ้นในหลอดเลือดเวนเป็นอย่างไร ตามลำดับ

ตอบ - กล้ามเนื้อน่องขาคลายตัว
- หลอดเลือดเวนคลายตัว
- ความดันปกติ
- ลิ้นในหลอดเลือดเวนปิด

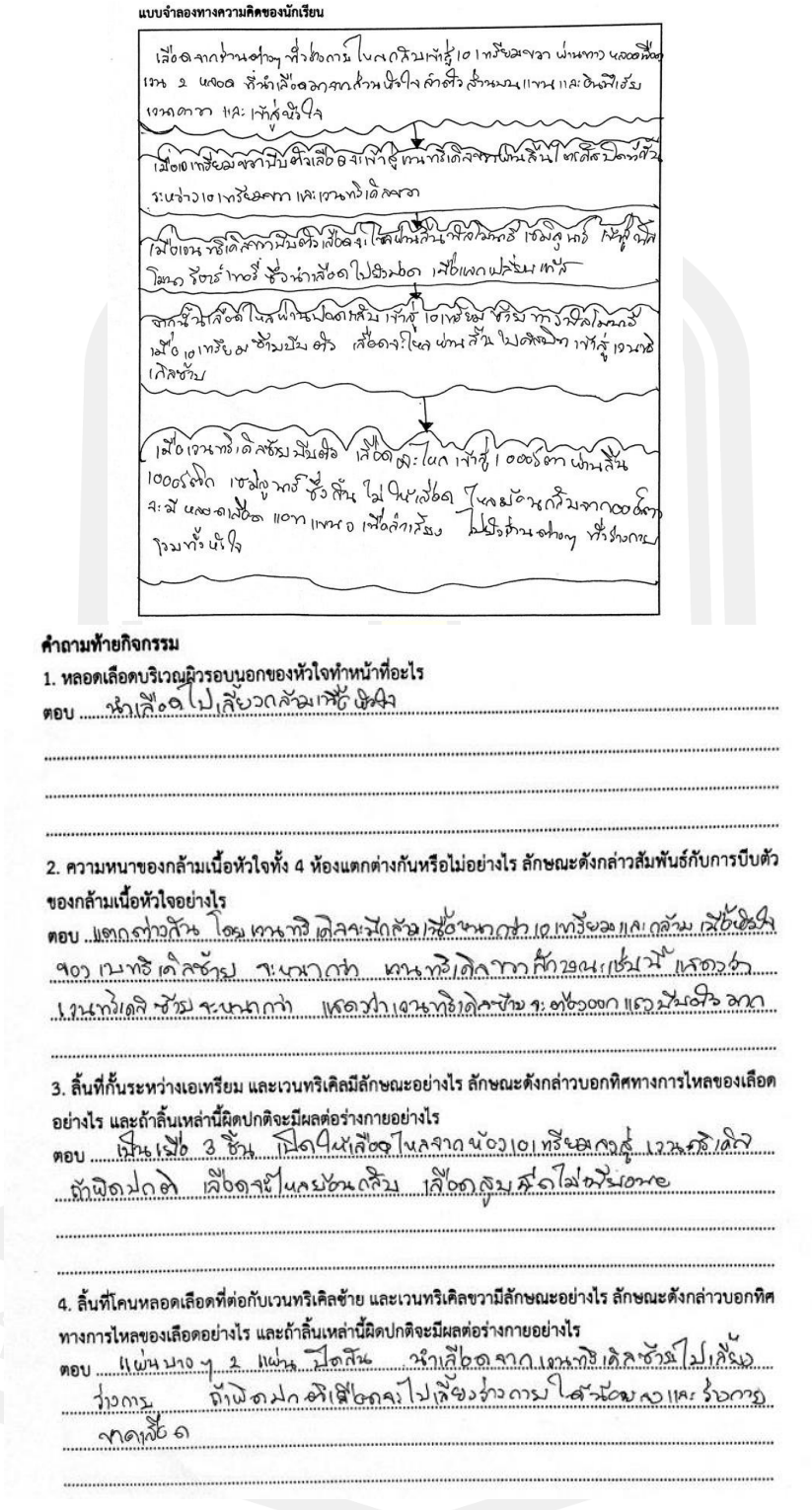
3. ระหว่างหลอดเลือดเวนจะมีมัดกล้ามเนื้ออยู่ เมื่อมัดกล้ามเนื้อหดตัว มีผลทำให้หลอดเลือดเวนถูกบีบแคบลง ความดันในหลอดเลือดเวนจะเป็นอย่างไร และจะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น

ตอบ เมื่อมัดกล้ามเนื้อหดตัว หลอดเลือดเวนถูกบีบแคบ ความดันในหลอดเลือดเวนเพิ่มขึ้น

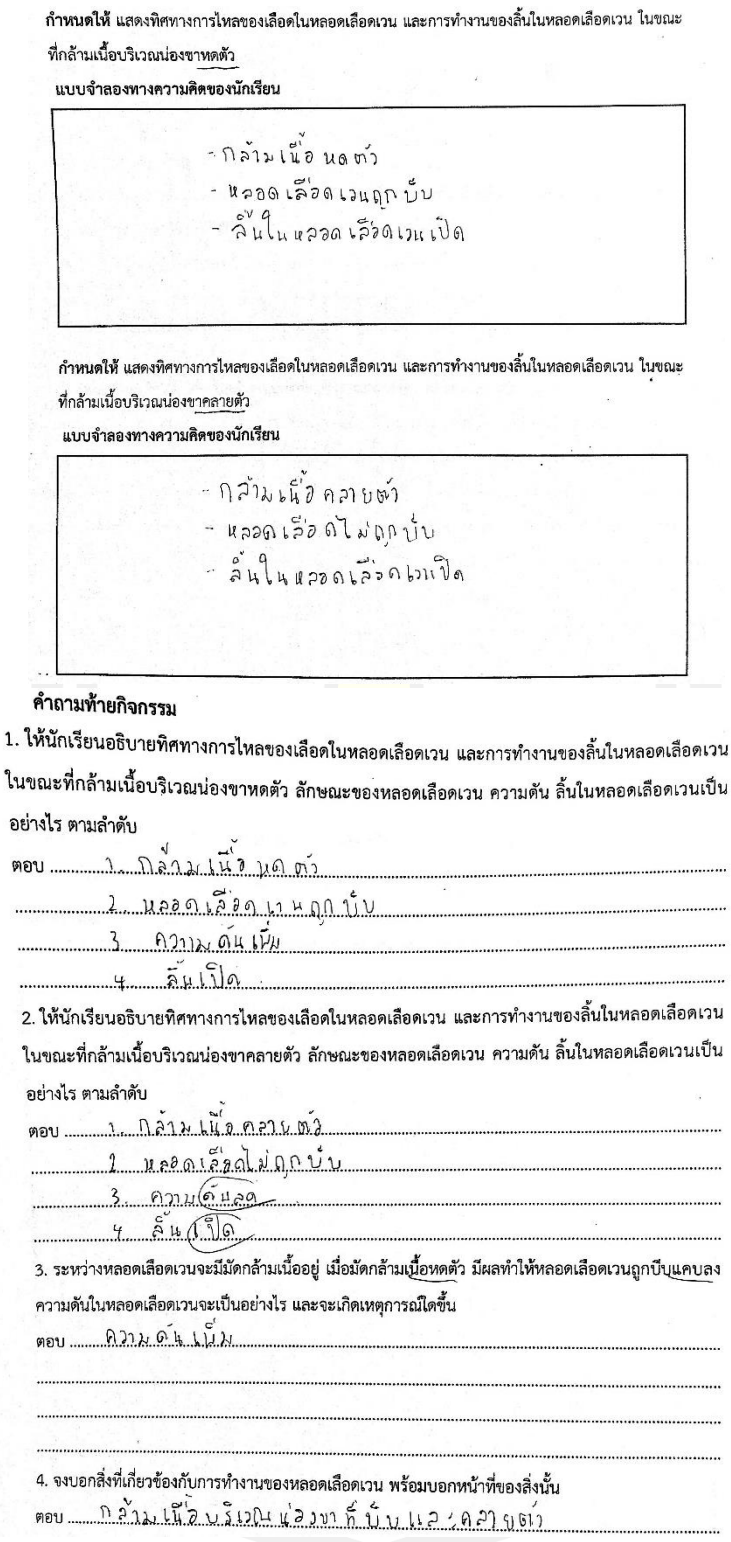
4. จงบอกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือดเวน พร้อมบอกหน้าที่ของสิ่งนั้น

ตอบ ลิ้นในหลอดเลือดเวน เพื่อกันไม่ให้เลือดไหลย้อนกลับ

ภาพที่ 38 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 39 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน



กำหนดให้ แสดงทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวน ในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาหดตัว

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

- กล้ามเนื้อ หดตัว
- หลอดเลือดเวนถูกบีบ
- ลิ้นในหลอดเลือดเวนเปิด

กำหนดให้ แสดงทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวน ในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาคลายตัว

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

- กล้ามเนื้อ คลายตัว
- หลอดเลือดไม่ถูกบีบ
- ลิ้นในหลอดเลือดเวนเปิด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ให้นักเรียนอธิบายทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวนในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาหดตัว ลักษณะของหลอดเลือดเวน ความดัน ลิ้นในหลอดเลือดเวนเป็นอย่างไร ตามลำดับ

ตอบ 1. กล้ามเนื้อ หดตัว
2 หลอดเลือดเวนถูกบีบ
3 ความดันเพิ่ม
4 ลิ้นเปิด

2. ให้นักเรียนอธิบายทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน และการทำงานของลิ้นในหลอดเลือดเวนในขณะที่กล้ามเนื้อบริเวณน่องขาคลายตัว ลักษณะของหลอดเลือดเวน ความดัน ลิ้นในหลอดเลือดเวนเป็นอย่างไร ตามลำดับ

ตอบ 1. กล้ามเนื้อ คลายตัว
1 หลอดเลือดไม่ถูกบีบ
3 ความดันลด
4 ลิ้นเปิด

3. ระหว่างหลอดเลือดเวนจะมีมัดกล้ามเนื้ออยู่ เมื่อมัดกล้ามเนื้อหดตัว มีผลทำให้หลอดเลือดเวนถูกบีบแคบลง ความดันในหลอดเลือดเวนจะเป็นอย่างไร และจะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น

ตอบ ความดันเพิ่ม

4. จงบอกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหลอดเลือดเวน พร้อมบอกหน้าที่ของสิ่งนั้น

ตอบ กล้ามเนื้อบริเวณน่องหดตัวและคลายตัว

ภาพที่ 40 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 37 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ และคำอธิบายสอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 38 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ แต่มีบางส่วนที่คำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 39 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 2 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด แต่นักเรียนเขียนคำอธิบายเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ ได้เข้าใจง่าย แต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้าง

ภาพที่ 40 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด และนักเรียนเขียนคำอธิบายเรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้าง

4. การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

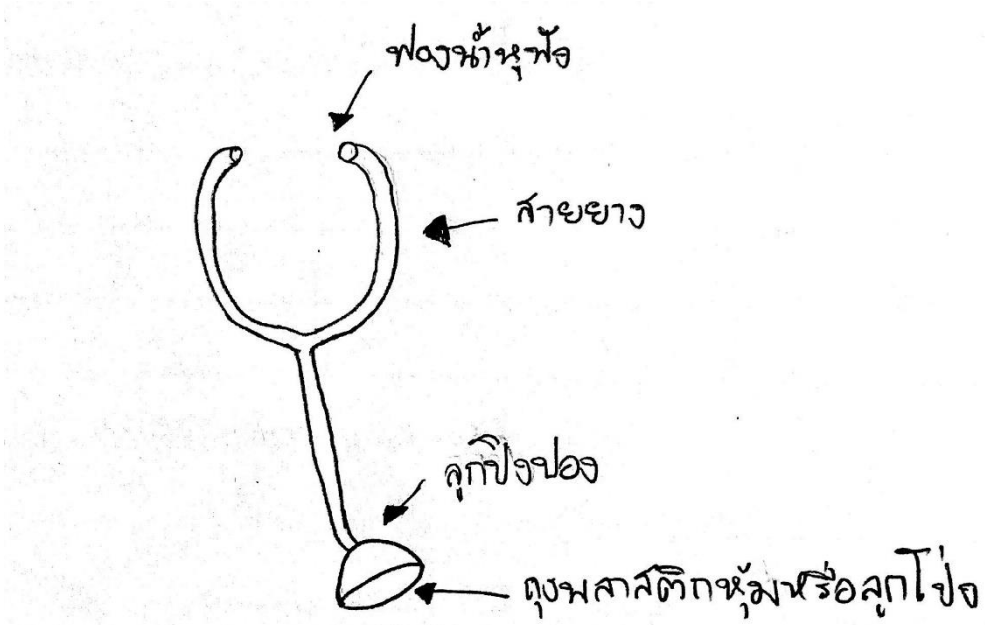
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ให้ 3 คะแนน

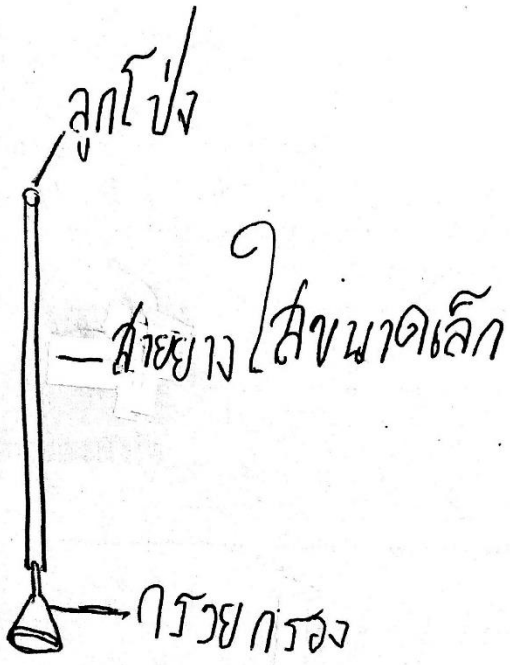
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน ให้ 2 คะแนน

แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ ให้ 1 คะแนน

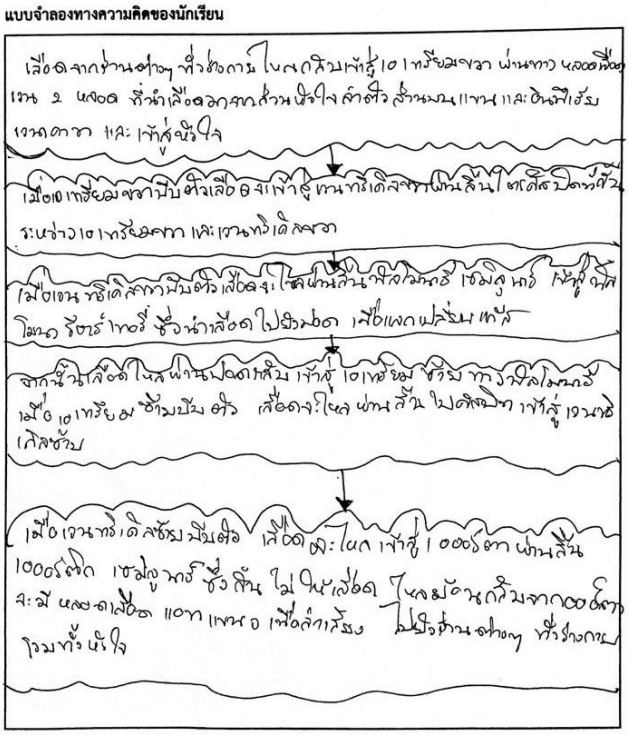
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง ดังนี้



ภาพที่ 41 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 42 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 43 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ วงรอบปฏิบัติที่ 2 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 41 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 4 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 42 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 3 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน

ภาพที่ 43 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนไม่ใช่รูปแบบภาพวาดตามที่โจทย์กำหนด

และจากการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบและประเมิน และ 4) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ วงรอบปฏิบัติที่ 2 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน

1) การสร้างแบบจำลอง

แบบจำลองที่นักเรียนสร้างสอดคล้องกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ และระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1 วัน

2) การใช้แบบจำลอง

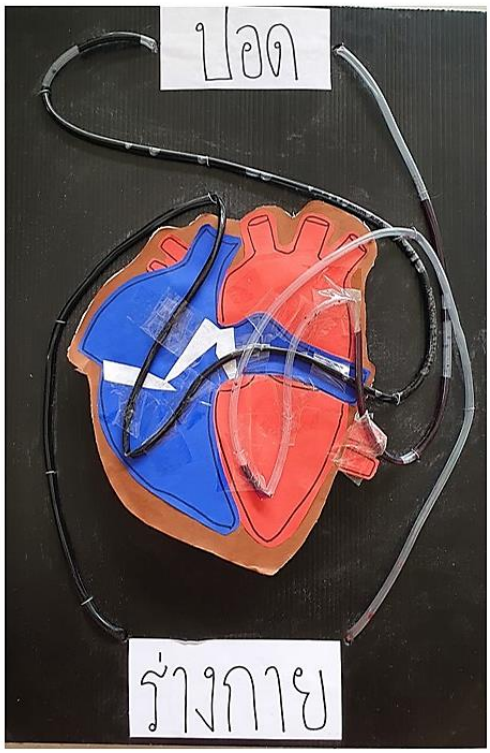
นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมเพื่อจะอธิบายเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ แต่ไม่ชัดเจน และนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน

3) การเปรียบเทียบและประเมิน

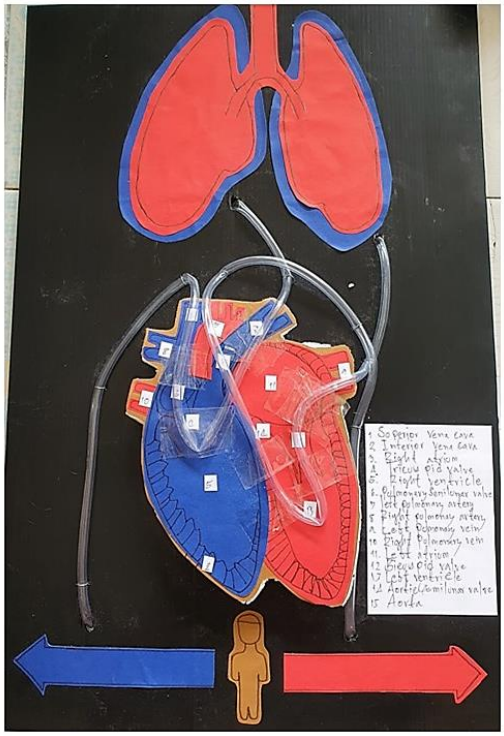
นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ได้ดีกว่า แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าดีกว่าอย่างไร และสามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน

4) การปรับปรุงแบบจำลอง

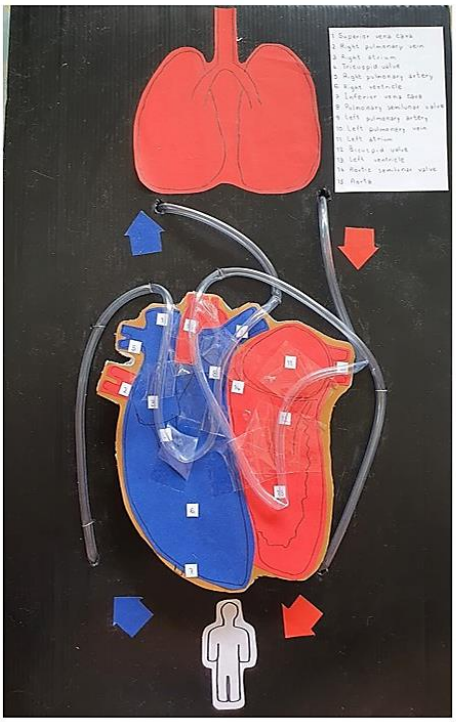
นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ มีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แต่ไม่ชัดเจน และมีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป ซึ่งประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ ทำให้คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ได้ 12 คะแนน



ภาพที่ 44 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 12 คะแนน



ภาพที่ 45 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน



ภาพที่ 46 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน

ผลจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองโดยใช้แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ และพฤติกรรมของนักเรียนที่พบจากการทำงานของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้มาทำการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสรุปพฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองต่ำกว่าร้อยละ 70 เป็นรายบุคคล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

นักเรียนคนที่ 4 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด แต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน และมีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด

นักเรียนคนที่ 10 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ มีการระบุเขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

นักเรียนคนที่ 18 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด แต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน และไม่สอดคล้องกับภาพวาด

นักเรียนคนที่ 29 พบว่า นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดผ่านการวาดภาพ ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ มีการระบุองค์ประกอบภายในแบบจำลองทางความคิด แต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน และเขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงได้ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	**ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์**															**ผลการประเมิน**
	วงจรปฏิบัติการที่ 2															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2.	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
3.*	PS	PU	CU	CU	PU	PU	PS	CU	PU	PU	PS	PU	PS	PU	PS	ไม่ผ่าน
4.*	AC	PS	PS	CU	PS	PU	PU	CU	PU	PU	PS	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5.	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
6.*	PS	PS	CU	PU	PU	PU	PS	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PS	PS	ไม่ผ่าน
8.	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
9.	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
10.*	AC	PU	AC	CU	PS	PU	CU	CU	PU	PU	PS	PS	PS	AC	PU	ไม่ผ่าน
13.	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	ผ่าน
18.*	PU	PU	PS	CU	PS	PU	PS	PU	PU	PU	AC	PS	PS	AC	CU	ไม่ผ่าน
21.*	PS	PS	PU	PU	PU	PU	AC	PU	PU	CU	AC	PU	PS	PU	AC	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 22 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 2															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
22.*	PS	PU	PS	CU	PS	PU	PS	PU	PU	PU	PS	PS	PS	PU	PS	ไม่ผ่าน
23.	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
28.	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
29.*	AC	PS	PU	PU	AC	PS	PU	CU	PU	PU	PS	PS	PS	AC	PU	ไม่ผ่าน
30.	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	ผ่าน

หมายเหตุ * หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จากแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 16 คน CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 22 จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 15 ข้อ พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 337) และเมื่อแยกรายการแสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของวงจรปฏิบัติการที่ 2 แสดงได้ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 2

มโนมติ	ข้อที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (จำนวนคน)									
		CU	ร้อยละ	PU	ร้อยละ	PS	ร้อยละ	AC	ร้อยละ	NU	ร้อยละ
4 การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	1	15	48.39	9	29.03	4	12.90	3	9.68	0	0.00
	2	17	54.84	10	32.26	4	12.90	0	0.00	0	0.00
	3	23	74.19	4	12.90	3	9.68	1	3.23	0	0.00
	4	25	80.65	6	19.35	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	5	18	58.06	8	25.81	4	12.90	1	3.23	0	0.00
5 การวัดการทำงานของหัวใจ	6	16	51.61	14	45.16	1	3.23	0	0.00	0	0.00
	7	12	38.71	14	45.16	4	12.90	1	3.23	0	0.00
	8	22	70.97	9	29.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	9	19	61.29	12	38.71	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	10	20	64.52	11	35.48	0	0.00	0	0.00	0	0.00
6 ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ	11	7	22.58	17	54.84	5	16.13	2	6.45	0	0.00
	12	19	61.29	8	25.81	4	12.90	0	0.00	0	0.00
	13	8	25.81	16	51.61	6	19.35	1	3.23	0	0.00
	14	13	41.94	13	41.94	1	3.23	4	12.90	0	0.00
	15	18	58.06	8	25.81	3	9.68	2	6.45	0	0.00

หมายเหตุ มโนมติที่ 4 คือ การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ มโนมติที่ 5 คือ การวัดการทำงานของหัวใจ มโนมติที่ 6 คือ ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 23 พบว่ามโนมติที่ 4 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ ข้อที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 3 คน คิดเป็น

ร้อยละ 9.68 ข้อที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 54.84 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ข้อที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ข้อที่ 4 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 80.65 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ข้อที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23

มโนมติที่ 5 เรื่อง คือ การวัดการทำงานของหัวใจ ข้อที่ 6 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ข้อที่ 7 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ข้อที่ 8 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 70.97 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ข้อที่ 9 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 38.71 ข้อที่ 10 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 64.52 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48

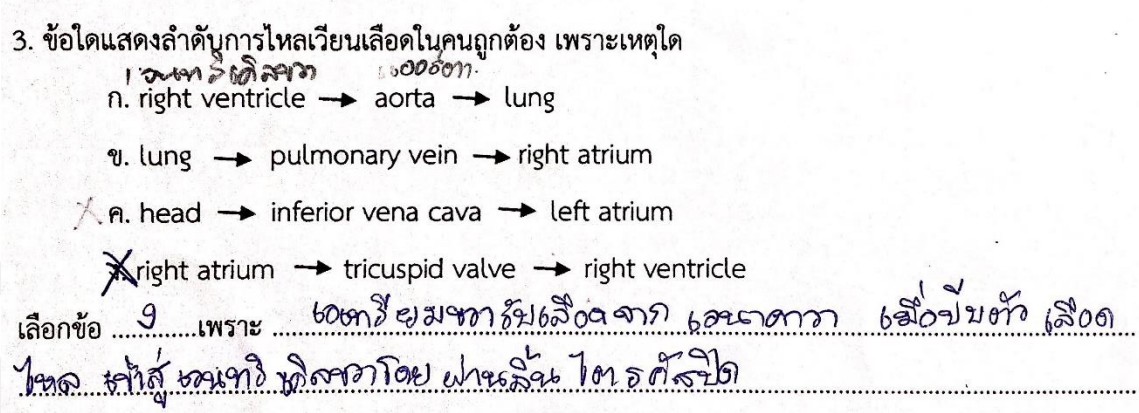
มโนมติที่ 6 เรื่อง คือ ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ ข้อที่ 11 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 22.58 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 54.84 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45 ข้อที่ 12 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 61.29 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ข้อที่ 13 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 6 คน

คิดเป็นร้อยละ 19.35 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ข้อที่ 14 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.23 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.90 ข้อที่ 15 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.68 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.45

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบวัดของนักเรียนที่มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) โดยพบปัญหาจากการเลือกคำตอบและให้เหตุผล ดังนี้

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 4 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


3. ข้อใดแสดงลำดับการไหลเวียนเลือดในคนถูกต้อง เพราะเหตุใด

ก. right ventricle → aorta → lung

ข. lung → pulmonary vein → right atrium

ค. head → inferior vena cava → left atrium

right atrium → tricuspid valve → right ventricle

เลือกข้อ ..... เพราะ .....

ภาพที่ 47 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 4)

นักเรียนเขียนคำตอบแบบเลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบในข้อนี้ ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)

3. ข้อใดแสดงลำดับการไหลเวียนเลือดในคนถูกต้อง เพราะเหตุใด

ก. right ventricle → aorta → lung

ข. lung → pulmonary vein → right atrium

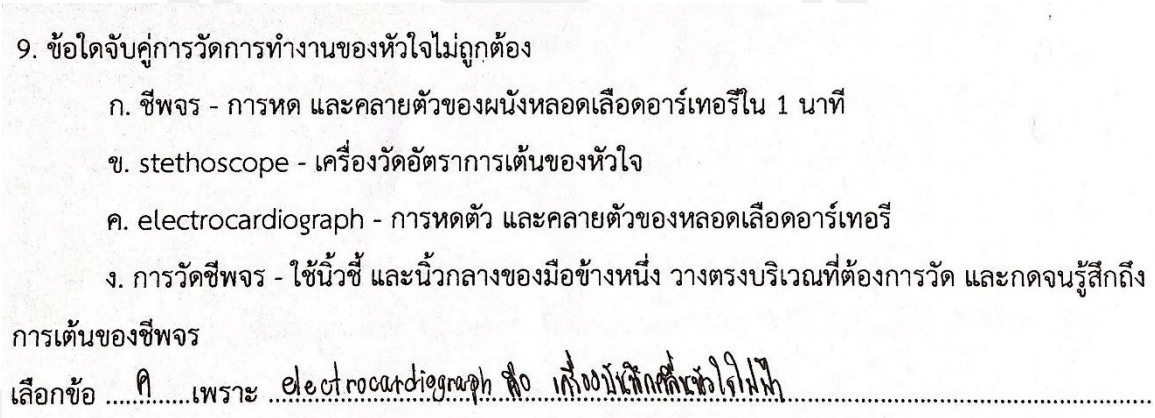
ค. head → inferior vena cava → left atrium

ง. right atrium → tricuspid valve → right ventricle

เลือกข้อ .....ง.....เพราะ .....

ภาพที่ 48 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 4) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 5 เรื่อง การวัดการทำงานของหัวใจ

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU)



9. ข้อใดจับคู่การวัดการทำงานของหัวใจไม่ถูกต้อง

ก. ชีพจร - การหด และคลายตัวของผนังหลอดเลือดอาร์เทอรีใน 1 นาที

ข. stethoscope - เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

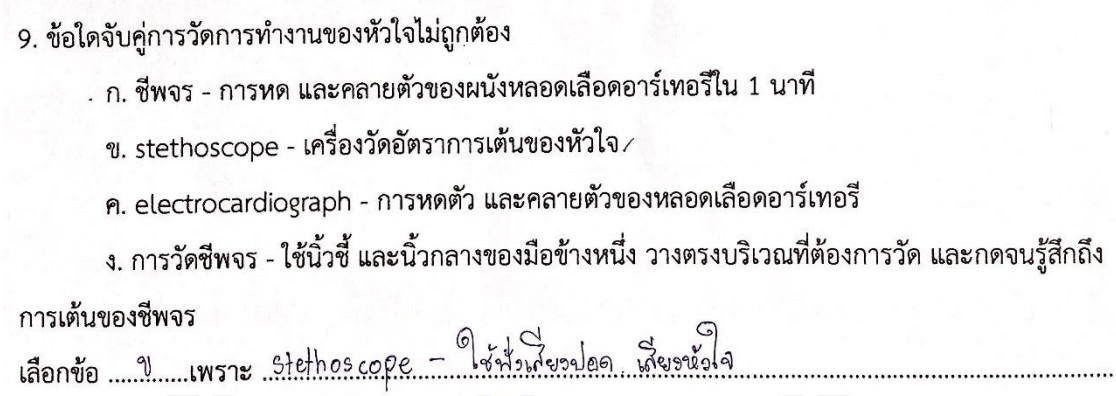
ค. electrocardiograph - การหดตัว และคลายตัวของหลอดเลือดอาร์เทอรี

ง. การวัดชีพจร - ใช้นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือข้างหนึ่ง วางตรงบริเวณที่ต้องการวัด และกดจนรู้สึกถึงการเต้นของชีพจร

เลือกข้อ .....ค.....เพราะ electrocardiograph คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจหัวใจไม่ใช่

ภาพที่ 49 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 5)

นักเรียนเขียนคำตอบทั้งแบบเลือกตอบ และเหตุผลที่เลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)


9. ข้อใดจับคู่การวัดการทำงานของหัวใจไม่ถูกต้อง

ก. ชีพจร - การหด และคลายตัวของผนังหลอดเลือดอาร์เทอรีใน 1 นาที

ข. stethoscope - เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

ค. electrocardiograph - การหดตัว และคลายตัวของหลอดเลือดอาร์เทอรี

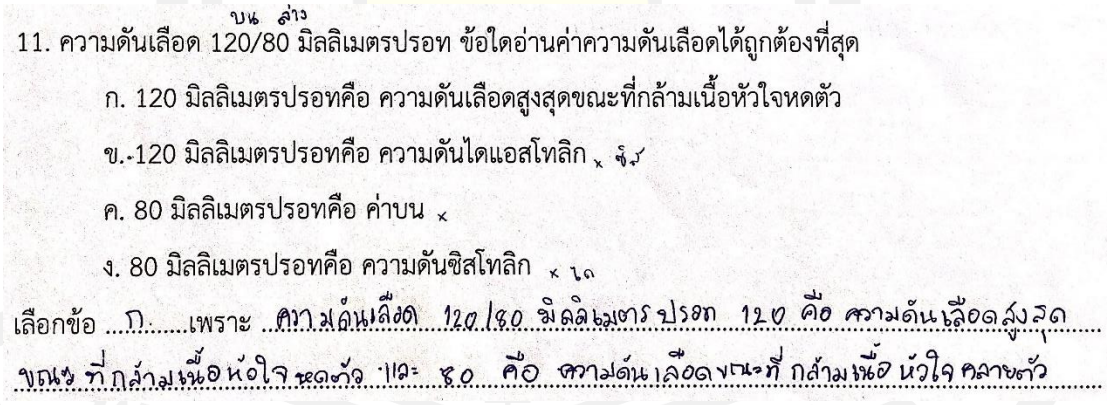
ง. การวัดชีพจร - ใช้นิ้วชี้ และนิ้วกลางของมือข้างหนึ่ง วางตรงบริเวณที่ต้องการวัด และกดจนรู้สึกถึงการเต้นของชีพจร

เลือกข้อ ...ข... เพราะ Stethoscope - ใช้ฟังเสียงปอด เสียงหัวใจ

ภาพที่ 50 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 5)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 6 เรื่อง ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


11. ความดันเลือด 120/80 มิลลิเมตรปรอท (บน ล่าง) ข้อใดอ่านค่าความดันเลือดได้ถูกต้องที่สุด

ก. 120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันเลือดสูงสุดขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว

ข.-120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันไดแอสโทลิก

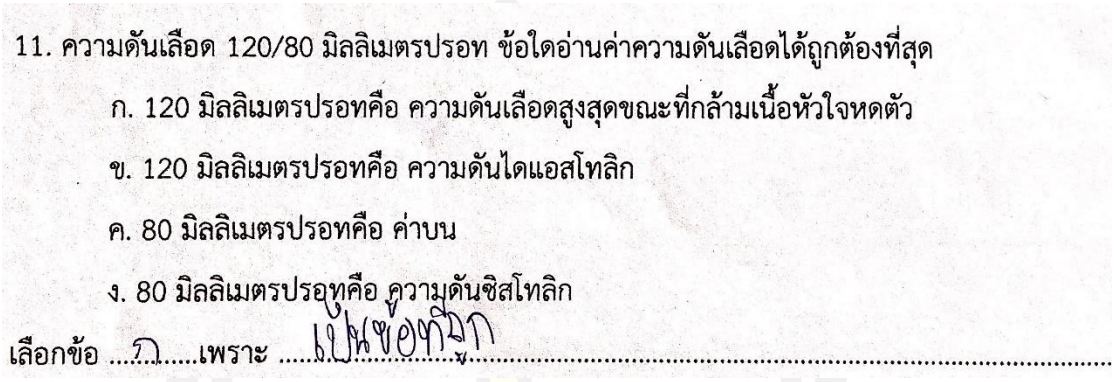
ค. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ค่าบน

ง. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันซิสโทลิก

เลือกข้อ ...ก... เพราะ ความดันเลือด 120/80 มิลลิเมตรปรอท 120 คือ ความดันเลือดสูงสุด ขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว และ 80 คือ ความดันเลือดขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจคลายตัว

ภาพที่ 51 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)

นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ และคำตอบของนักเรียนถูก แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบในข้อนี้ ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS)


11. ความดันเลือด 120/80 มิลลิเมตรปรอท ข้อใดอ่านค่าความดันเลือดได้ถูกต้องที่สุด

ก. 120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันเลือดสูงสุดขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว

ข. 120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันไดแอสโทลิก

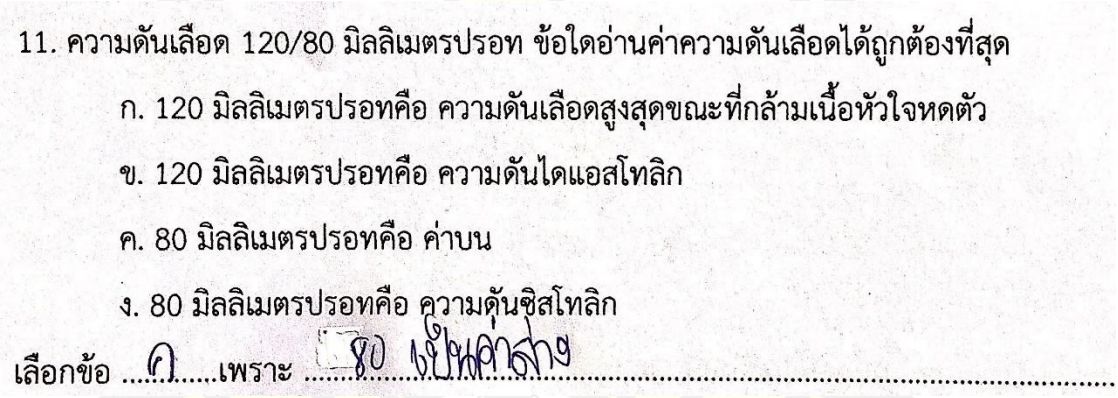
ค. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ค่าบน

ง. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันซิสโทลิก

เลือกข้อ ...ก.....เพราะ .....เป็นข้อที่ถูก.....

ภาพที่ 52 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ในแบบวัดบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)

นักเรียนเขียนคำตอบทั้งแบบเลือกตอบ และเหตุผลที่เลือกตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC)


11. ความดันเลือด 120/80 มิลลิเมตรปรอท ข้อใดอ่านค่าความดันเลือดได้ถูกต้องที่สุด

ก. 120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันเลือดสูงสุดขณะที่กล้ามเนื้อหัวใจหดตัว

ข. 120 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันไดแอสโทลิก

ค. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ค่าบน

ง. 80 มิลลิเมตรปรอทคือ ความดันซิสโทลิก

เลือกข้อ ...ก.....เพราะ .....80 เป็นค่าล่าง.....

ภาพที่ 53 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2 (มโนมติที่ 6)

ผลจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ การบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสรุปพฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์เป็นรายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนคนที่ 3 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้นจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 4 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 6 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้นจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 10 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 18 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 21 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4

ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 22 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้นจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนคนที่ 29 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนถูก แต่ส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือนักเรียนไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น และมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) คำตอบส่วนที่ 1 แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือกของนักเรียนผิด และส่วนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากการทำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ประกอบกับกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมของนักเรียนที่พบจากการทำงานของนักเรียนในขณะจัดการเรียนรู้ และการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาทำการวิเคราะห์ปัญหาผู้วิจัยพบว่ามีนักเรียนอยู่จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.91 ของนักเรียนทั้งหมด ที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีนักเรียนอยู่จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ของนักเรียนทั้งหมดที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อทราบถึงหลักการคิด ปัญหาที่นักเรียนพบขณะทำการจัดเรียนรู้ และวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพื่อทราบถึงแนวคิด แนวคำตอบของนักเรียนขณะทำแบบทดสอบ และหาแนวทางแก้ไขต่อไป

3) ผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ของนักเรียนจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยที่ผู้วิจัยได้ถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด และแยกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยเพื่อนำปัญหา และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลที่ได้แสดงดังนี้

3.1) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนให้ความสนใจกับการจัดการเรียนรู้ของครูมากขึ้น รู้จักปรับตัวโดยการศึกษาเรื่องที่ครูจะสอนก่อนเรียนในคาบ

นั้น ๆ ทำให้การเรียนราบรื่นขึ้น เป็นผลดีกับทั้งตัวครู และนักเรียนเอง และนักเรียนส่วนใหญ่มีความกล้าแสดงความคิดของตนเองผ่านการนำเสนองาน หรือการตอบคำถามต่าง ๆ มากขึ้น ทำให้บรรยากาศภายในห้องเรียนดีขึ้น โดยจะเห็นจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

“ชอบการสอนของครู ตอนแรกรู้สึกว่ายาก มีงานทำในคาบเยอะ มีตามไม่ทันตอนแรก แต่ครูให้สรุปก่อนเรียนเลยโอเคขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 19,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“การที่จะเข้าใจเรื่องที่ครูสอนมากขึ้น คิดว่าต้องอ่านมาก่อน จะทำให้เราเข้าใจ”

(นักเรียนคนที่ 27,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.2) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช่ในการเรียนการสอน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนแบบจำลองทางความคิดออกมาได้ด้วยตนเอง สามารถเขียนคำอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ถึงแม้จะมีบางส่วนยังไม่ละเอียดบ้าง และยังมีส่วนน้อยที่ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน และในขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบจำลอง นักเรียนภายในกลุ่มมีความกระตือรือร้นที่จะลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลอง ในขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน จากวงจรปฏิบัติที่ 1 นักเรียนไม่มีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อนเพื่อที่จะนำข้อแตกต่างนั้นมาปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ โดยครูกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ จึงทำให้ขั้นที่ 4 นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน และขั้นที่ 5 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนสามารถประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้

“แบบจำลองที่ครูให้ทำครั้งนี้มีรายละเอียดเยอะมาก อ่านมาแล้วแต่คิดว่าตอนสร้างแบบจำลองทางความคิดของตัวเองต้องผิดแน่นอน เพราะไม่มั่นใจเลย”

(นักเรียนคนที่ 29,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนสร้างแบบจำลองทางความคิดครั้งนี้ยากมาก ครูน่าจะให้จับคู่ช่วยกันทำ”

(นักเรียนคนที่ 4,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนฟังเพื่อนนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มเพื่อน ส่วนไหนที่กลุ่มตัวเองไม่สามารถอธิบายสิ่งที่เพื่อนกับครูสงสัยได้ ก็เพิ่มเข้าไปอีก”

(นักเรียนคนที่ 18,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“แบบจำลองที่เพื่อนบางกลุ่มสร้างไม่มีบอกทิศทางการไหลเวียนเลือด มีหลอดเลือดที่สำคัญบางหลอดเลือดหายไปด้วย เลยคิดว่าของกลุ่มตัวเองสามารถใช้อธิบายได้ถูกที่สุด”

(นักเรียนคนที่ 16,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.3) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ พบว่า เมื่อใช้การกำหนดเวลาแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ และกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมอย่างเคร่งครัด ทำให้การบริหารเวลาดีขึ้น แต่ก็ยังมีที่ไม่ทันเวลาอยู่บ้างแต่เป็นส่วนน้อย

“แบบจำลองที่สร้างมีองค์ประกอบ มีรายละเอียด และอุปกรณ์ที่ใช้เยอะขึ้น เลยใช้เวลาในการทำนาน”

(นักเรียนคนที่ 20,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“แบบทดสอบที่ครูให้ทำในแต่ละคาบมีหลายอัน กับบางคาบต้องสร้างแบบจำลองด้วย น่าจะเพิ่มคาบเรียนหรือแบ่งไปสอนอีกคาบไปเลย”

(นักเรียนคนที่ 28,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.4) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน พบว่า มีปัญหาในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม ความคาดเคลื่อนของแบบจำลองทางความคิดและแบบจำลองที่นักเรียนสร้างจากมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และความยากของแบบทดสอบที่นักเรียนทำ

“ตอนครูให้ทำแบบจำลองทางความคิดไม่รู้จะวาดออกมายังไง เพราะทิศทางการไหลเวียนเลือดมันสับสนมาก”

(นักเรียนคนที่ 10,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนสร้างแบบจำลองทางความคิดครั้งนี้ยาก และเยอะมาก อยากให้ครูให้จับคู่กับเพื่อน แล้วช่วยกันทำ”

(นักเรียนคนที่ 29,23 กุมภาพันธ์ 2565 : แบบสัมภาษณ์)

2.4 สะท้อนผล (Reflect)

ผลจากการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบกับกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนประกอบกัน สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยจะนำปัญหาไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไขในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองและกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง	1. นักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องที่เรียนค่อนข้างละเอียด มีความยากขององค์ประกอบต่าง ๆ เยอะ	นอกจากกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ในเรื่องที่เรียนก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ แล้ว ช่วงนำเข้าสู่บทเรียนครูต้องมีตัวช่วยในการนำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหา เช่น ยกตัวอย่างสถานการณ์ คำถามในชีวิตประจำวันหรือวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น มีการถามคำถาม และอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเอง
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	2. นักเรียนบางส่วนยังความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา ตอบเฉพาะคำตอบปรนัยที่เลือกไว้ และเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบนั้น หรือ ทั้งคำตอบปรนัย และเหตุผลที่เขียนมามีความคลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา	2. ครูอาจต้องเพิ่มกิจกรรมอื่น ๆ นอกจากจะมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน คำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ อาจจะเพิ่มเติมคือมีวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น การถามตอบนักเรียนหรือสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน และควรมีการเสริมแรงทางบวกมีการให้คะแนนหรือของรางวัลเพื่อดึงดูดให้นักเรียนกล้าตอบคำถามมากขึ้นเพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน และเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบด้วย

ตารางที่ 24 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
ปัญหาเกี่ยวกับแบบทดสอบ	3. นักเรียนอ่านคำถามในแบบทดสอบผิดพลาดไป ทำให้ตอบคำถามมาผิด เช่น ในคำถามถามว่าข้อใดไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนอ่านเป็นข้อใดถูกต้อง จึงทำให้ในข้อนั้นนักเรียนไม่ได้คะแนน	3. แก้ไขแบบทดสอบโดยหากมีคำถามถึงว่าข้อใดไม่ถูกต้อง หรือข้อใดถูกต้อง ควรทำเป็นตัวหนา หรือขีดเส้นใต้คำว่าไม่ถูกต้อง และคำว่าถูกต้องเพื่อเป็นการเน้นคำให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจน
การจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้	4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมน้อย	4. ครูอาจจะต้องจัดสรรเวลา หรือลดบางกิจกรรมลงเพื่อให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีมากขึ้น หรืออำนวยความสะดวกบางอย่างในกิจกรรมเช่น ให้นักเรียนสามารถจัดทำองค์ประกอบบางส่วนมาจากที่บ้านได้โดยนักเรียนจะต้องนำมาประกอบเป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ในคาบเรียน หรือลดคำถามที่ไม่จำเป็นในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน และจับประเด็นสำคัญเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเพื่อเป็นการลดระยะเวลาจากบางกิจกรรมที่ไม่จำเป็นลง

3. วงรอบปฏิบัติที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan) ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในช่วงนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูให้นักเรียนได้ดูวิดีโอ มีการสร้างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน ยกตัวอย่างคำถาม และมีการอธิบายเนื้อหาเพิ่มเติม คอยสอบถามนักเรียนหรือสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน และชี้แนะตลอดในขณะจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาในเรื่องที่เรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวเอง เป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบ และแก้ไขคำถามในแบบทดสอบให้ชัดเจน

3.2 ขั้นปฏิบัติ (Act) นำแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดย ประกอบไปด้วยเนื้อหา ดังนี้

(1) แผนที่ 7 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด

(2) แผนที่ 8 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด

(3) แผนที่ 9 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง

3.3 ขั้นสังเกต (Observe)

1) นำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง จำนวน 3 ข้อ ไปทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติที่ 3

2) นำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจำนวน 1 กิจกรรม และแบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการไปประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

3) นำแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์จำนวน 15 ข้อ ซึ่งเป็นแบบวัดความเข้าใจมโนมติชนิด 2 ตอน ประกอบด้วยตอนที่ 1 การวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แบบใช้คำถามปรนัย 4 ตัวเลือก ตอนที่ 2 การให้เหตุผลในการเลือกคำตอบแบบปรนัยในข้อนั้น โดยสามารถแยกระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และให้คะแนนตามระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบ และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 3

เลขที่นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**
1	40	45	85	88.54
2	36	40	76	79.17
3	33	42	75	78.13
4	32	42	74	77.08
5	36	44	80	83.33
6	34	44	78	81.25
7	41	42	83	86.46

ตารางที่ 25 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

เลขที่ นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะ การสร้าง แบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้าง แบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**
8	35	44	79	82.29
9	35	44	79	82.29
10	35	40	75	78.13
11	45	40	85	88.54
12	42	44	86	89.58
13	39	42	81	84.38
14	43	44	87	90.63
15	43	42	85	88.54
16	42	44	86	89.58
17	45	42	87	90.63
18	34	45	79	82.29
19	42	45	87	90.63
20	42	42	84	87.50
21	32	45	77	80.21
22	32	44	76	79.17
23	39	42	81	84.38
24	40	40	80	83.33
25	40	44	84	87.50
26	40	45	85	88.54
27	43	44	87	90.63
28	38	44	82	85.42
29	32	42	74	77.08
30	37	40	77	80.21
31	36	42	78	81.25
ค่าเฉลี่ย	38.16	42.87	81.03	84.41
ร้อยละ	79.50	89.31	84.41	84.41

ตารางที่ 25 คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนวงรอบปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

เลขที่ นักเรียน	**แบบทดสอบทักษะ การสร้าง แบบจำลอง (48)**	**กิจกรรมการสร้าง แบบจำลอง (48)**	**รวม (96)**	**ร้อยละ (100)**
ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	4.10	1.69	2.14	4.52

จากตารางที่ 25 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนรวมจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน มีคะแนนรวมเฉลี่ยรวมเท่ากับ 81.03 คิดเป็นร้อยละ 84.41 ซึ่งไม่มีนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบ และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนน (1) คะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนซึ่งได้จากการสร้างแบบจำลองทางความคิด 3 ข้อ และแบบทดสอบแบบอัตนัยจำนวน 12 ข้อ หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบเท่ากับ 38.16 คิดเป็นร้อยละ 79.50 (2) คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองจากการประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง 4 องค์ประกอบ คือ 1.) การสร้างแบบจำลอง 2.) การใช้แบบจำลอง 3.) การประเมินแบบจำลอง และ 4.) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยนำคะแนนของแต่ละกลุ่มมาคิดค่าเฉลี่ย ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยของกระบวนการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 42.87 คิดเป็นร้อยละ 89.31 (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 333)

จากนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์แนวคำตอบจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 2) ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ 3) ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณาออกเป็น 4 รายการประเมิน ดังนี้

รายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์

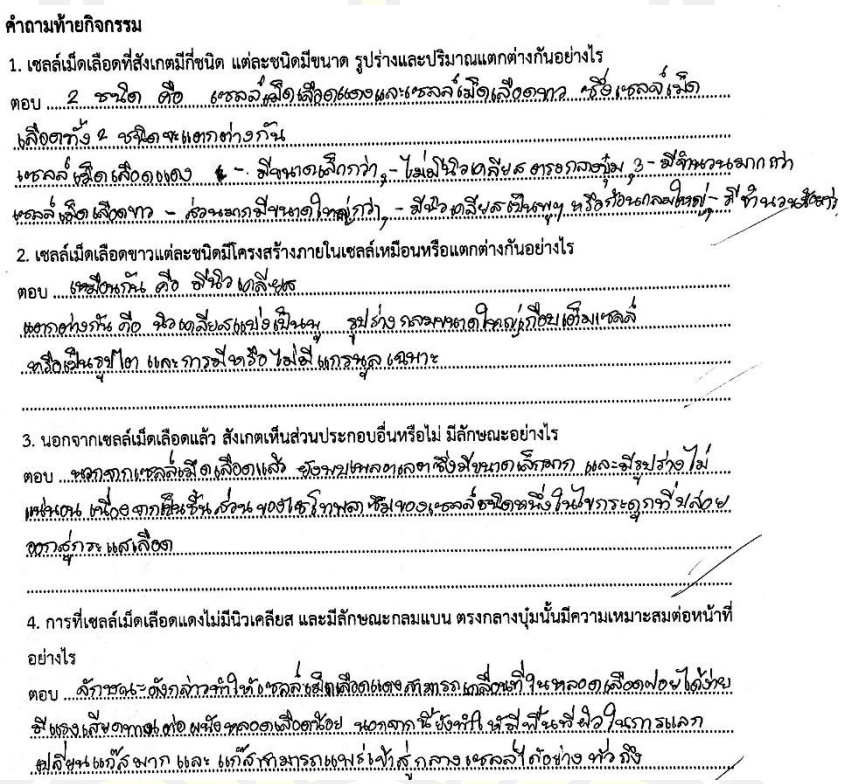
คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ได้ละเอียดครบถ้วนถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน ให้ 3 คะแนน

คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน ให้ 2 คะแนน

คำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ดังนี้



คำถามท้ายกิจกรรม

1. เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ 2 ชนิด คือ เซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาว เรียกเซลล์เม็ดเลือดทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกัน

เซลล์เม็ดเลือดแดง - มีขนาดเล็กกว่า - ไม่มีนิวเคลียส รูปร่างกลมตรงกลางบุ๋ม 3 - มีจำนวนมากกว่า

เซลล์เม็ดเลือดขาว - มีขนาดใหญ่กว่า - มีนิวเคลียสเป็นพวงๆ หรือก้อนกลมใหญ่ - มีจำนวนน้อยกว่า

2. เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ เหมือนกัน คือ มีนิวเคลียส

แตกต่างกัน คือ นิวเคลียสแต่ละเซลล์ รูปร่างกลมรีใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดง เซลล์หรือเป็นรูปไต และกรวยไม่มีนิวเคลียส เกรนูล เฉพาะ

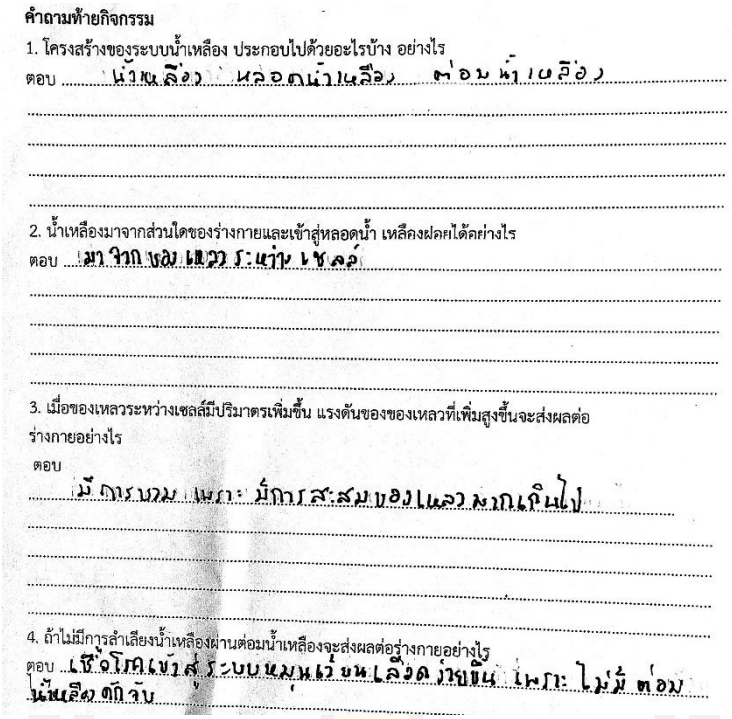
3. นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

ตอบ นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นเกล็ดเลือด ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า และมีรูปร่างไม่แน่นอน เนื่องจากเป็นชิ้นส่วน ของไซโทพลาซึมของเซลล์ชนิดหนึ่งในไขกระดูกที่แตกหักกระจายอยู่ในกระแสเลือด

4. การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส และมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบุ๋มนั้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร

ตอบ ลักษณะดังกล่าวทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถเคลื่อนที่ในหลอดเลือดฝอยได้ง่าย มีแรงเสียดทานต่อผนังหลอดเลือดน้อย นอกจากนี้ยังทำให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สมาก และแก๊สสามารถแพร่เข้าสู่กลางเซลล์ได้อย่างทั่วถึง

ภาพที่ 54 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 4 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. โครงสร้างของระบบน้ำเหลือง ประกอบไปด้วยอะไรบ้าง อย่างไร

ตอบ ท่อน้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง ต่อมน้ำเหลือง

2. น้ำเหลืองมาจากส่วนใดของร่างกายและเข้าสู่หลอดน้ำ เหลืองฝอยได้อย่างไร

ตอบ มาจากของเหลวระหว่างเซลล์

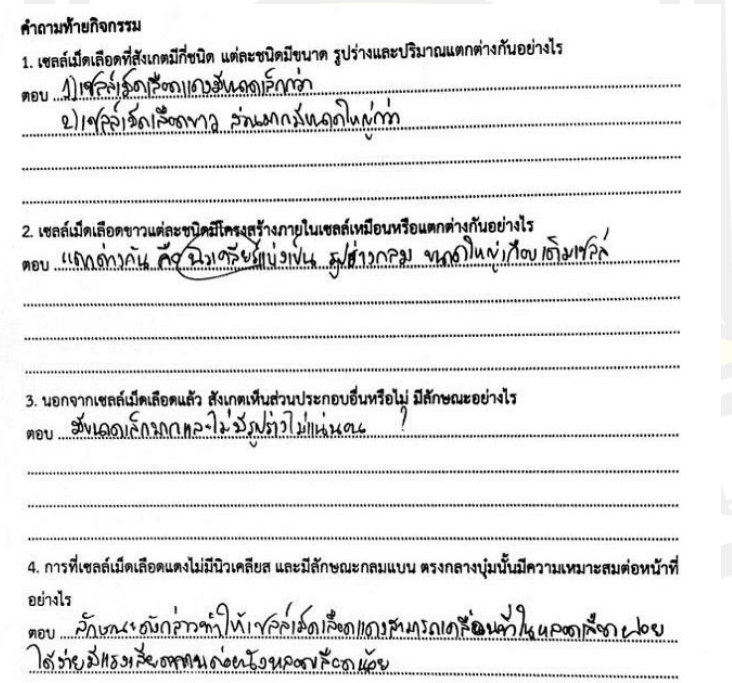
3. เมื่อของเหลวระหว่างเซลล์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น แรงดันของของเหลวที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ มีการบวม เพราะ มีการสะสมของเหลวมากเกินไป

4. ถ้าไม่มีการลำเลียงน้ำเหลืองผ่านต่อมน้ำเหลืองจะส่งผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ เชื้อโรคเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดง่ายขึ้น เพราะ ไม่มี ต่อมน้ำเหลือง กรองจับ

ภาพที่ 55 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 3 คะแนน


คำถามท้ายกิจกรรม

1. เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ 1) เซลล์สีแดงมีนิวเคลียสกลม

2) เซลล์เม็ดเลือดขาว ส่วนมากมีนิวเคลียสใหญ่กว่า

2. เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ แตกต่างกัน คือ นิวเคลียสมีแบ่งเป็น รูปร่างกลม ขนาดใหญ่กว่า เซลล์

3. นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

ตอบ มีนิวเคลียสกลมและไม่มีรูปร่างไม่แน่นอน

4. การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส และมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบุ๋มนั้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร

ตอบ ลักษณะดังกล่าวทำให้เซลล์สีแดงสามารถเคลื่อนผ่านในหลอดเลือดได้ง่าย มีแรงเสียดทานต่อผนังหลอดเลือดน้อย

ภาพที่ 56 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่องส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (คำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 2 คะแนน

จากภาพที่ 54 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากนักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับส่วนประกอบของเลือด แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

ภาพที่ 55 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี เกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน

ภาพที่ 56 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับส่วนประกอบของเลือด แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน

2. ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์

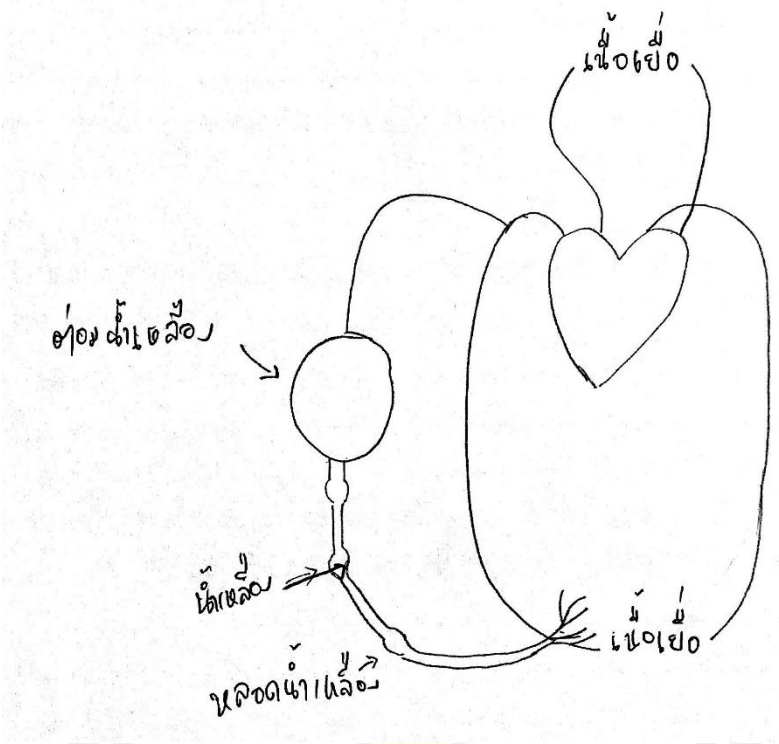
ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ ให้ 3 คะแนน

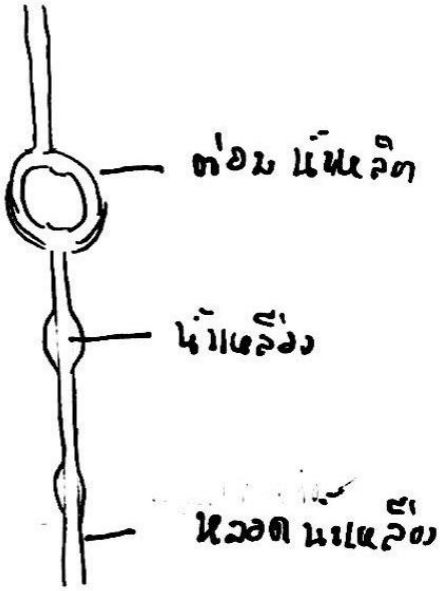
ภาพวาดมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ ให้ 2 คะแนน

ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ ที่ศึกษา ให้ 1 คะแนน

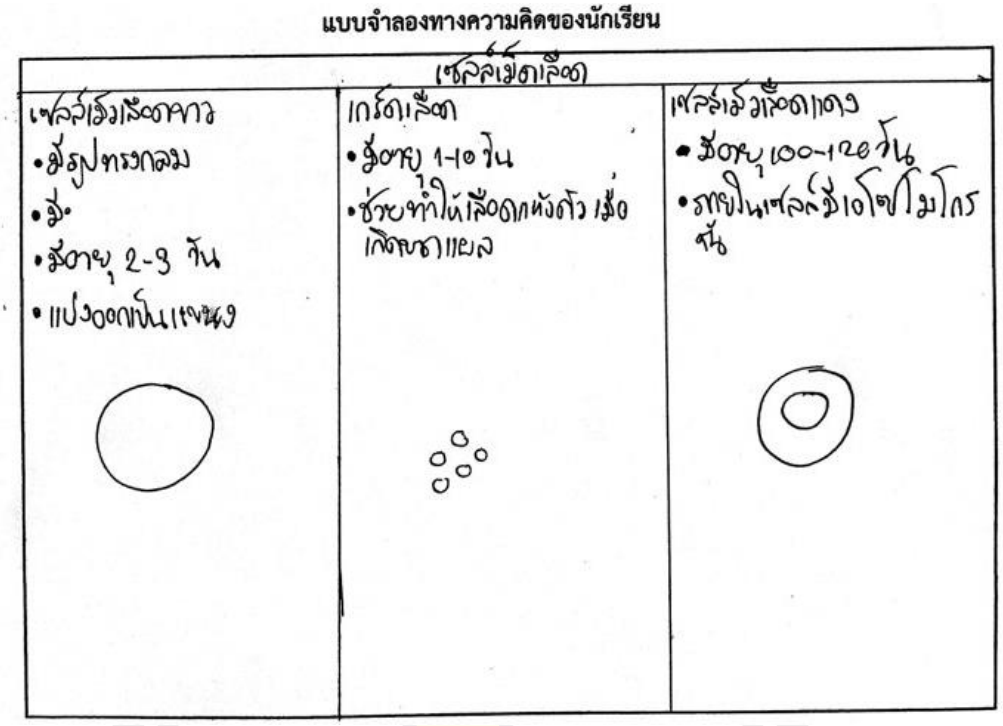
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ ดังนี้



ภาพที่ 57 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 58 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 3 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 3 คะแนน



ภาพที่ 59 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ได้ 2 คะแนน

จากภาพที่ 57 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 4 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบน้ำเหลืองถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 58 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 3 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง 1-2 หลักการ

ภาพที่ 59 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 2 ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎหรือปรากฏการณ์ 2 คะแนน เนื่องจากภาพวาดของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของหลักการ ทฤษฎีเกี่ยวกับส่วนประกอบของเลือด 3-4 หลักการ

3. ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด

เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด ให้ 4 คะแนน

เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 3 คะแนน

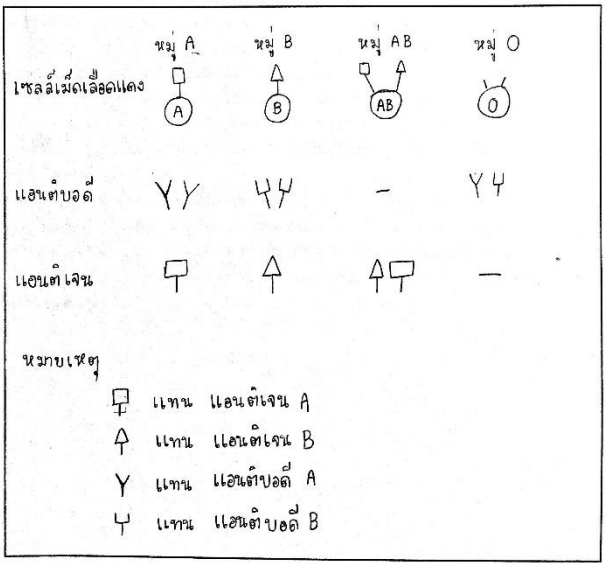
เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 2 คะแนน

เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด ให้ 1 คะแนน

พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด ดังนี้

กำหนดให้ ภายในแบบจำลองต้องมีส่วนประกอบดังนี้ เลือดหมู่ A เลือดหมู่ B เลือดหมู่ AB เลือดหมู่ O ส่วนหัวของแอนติเจน และแอนติบอดี แขนของแอนติเจน และแขนของแอนติบอดี

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. จงบอกหลักสำคัญของหลักการให้ และการรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO

ตอบ แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ เพราะจะทำให้เลือดจับกันเป็นก้อน

2. ผู้ที่มีเลือดหมู่ O สามารถรับเลือดจากผู้ที่มีเลือดหมู่ AB ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่ได้ เพราะ คนที่มีหมู่เลือด AB มีทั้งแอนติเจน A และ B ในขณะเดียวกัน คนที่มีหมู่เลือด O มีทั้งแอนติบอดี A และ B ตามหลักการให้และรับเลือดให้ไม่ได้ เพราะจะทำให้เลือดจับกันเป็นก้อน

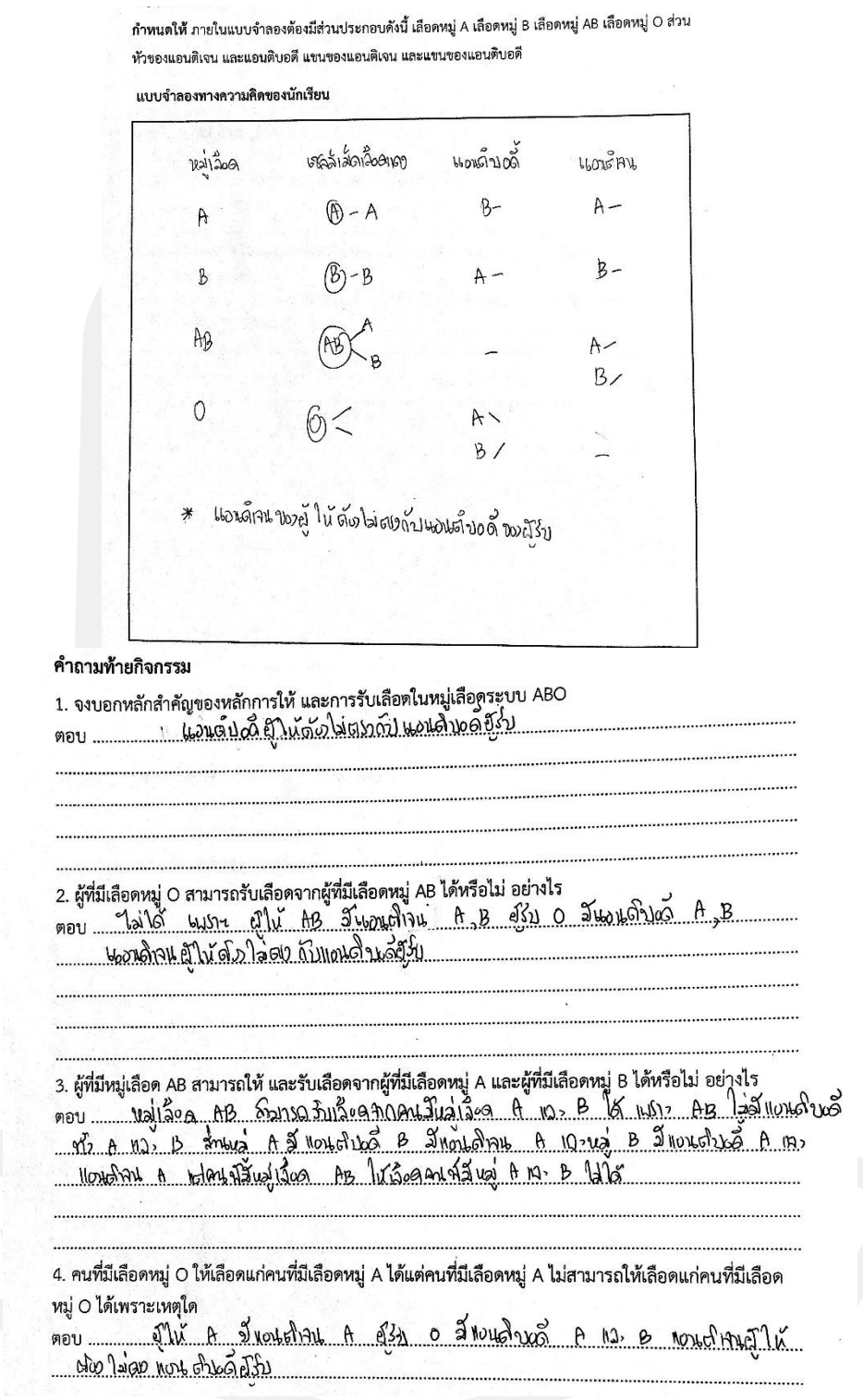
3. ผู้ที่มีหมู่เลือด AB สามารถให้ และรับเลือดจากผู้ที่มีเลือดหมู่ A และผู้ที่มีเลือดหมู่ B ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอบ คนที่มีหมู่เลือด AB รับเลือดจากคนที่มีหมู่เลือด A และ B ได้ เพราะ คนหมู่เลือด AB ไม่มีแอนติบอดีทั้ง A และ B ในขณะที่ผู้ให้หมู่ A มีแอนติเจน A หมู่ B มีแอนติเจน B แอนติเจนของผู้ให้ไม่ตรงกับแอนติบอดีผู้รับ จึงสามารถรับได้ แต่คนที่มีหมู่เลือด AB ไม่สามารถให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือด A และ B ได้ เพราะ คนหมู่เลือด AB มีทั้งแอนติเจน A และ B จึงคนที่มีหมู่ A มีแอนติบอดี B แต่ คนหมู่ B มีแอนติบอดี A แอนติเจนผู้ให้ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับจึงให้เลือดไม่ได้

4. คนที่มีเลือดหมู่ O ให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ A ได้แต่คนที่มีเลือดหมู่ A ไม่สามารถให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ O ได้เพราะเหตุใด

ตอบ คนที่มีหมู่เลือด O ในเลือดคนที่มีหมู่เลือด A ได้เพราะ หมู่ O ไม่มีทั้งแอนติเจน A และ B คนที่มีหมู่ O มีแอนติบอดี B แอนติเจน และแอนติบอดีไม่ตรงกัน แต่คนที่มีหมู่เลือด A ให้เลือดคนที่มีหมู่เลือด O ไม่ได้ เพราะ หมู่ A มีแอนติเจน A หมู่ O มีแอนติบอดีทั้ง A และ B แอนติเจนของผู้ให้ตรงกับแอนติบอดีผู้รับ จะทำให้เลือดจับกันเป็นก้อนตาย

ภาพที่ 60 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 4 คะแนน



กำหนดให้ ภายในแบบจำลองต้องมีส่วนประกอบดังนี้ เลือดหมู่ A เลือดหมู่ B เลือดหมู่ AB เลือดหมู่ O ส่วนหัวของแอนติเจน และแอนติบอดี แขนของแอนติเจน และแขนของแอนติบอดี

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

หมู่เลือด	เซลล์เม็ดเลือดแดง	แอนติบอดี้	แอนติเจน
A	(A) - A	B-	A-
B	(B) - B	A-	B-
AB	(AB) A, B	-	A- B-
O	(O)	A B	-

* แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดี้ของผู้รับ

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จงบอกหลักสำคัญของหลักการให้ และการรับเลือดในหมู่เลือดระบบ ABO

ตอบ แอนติบอดีผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติเจนของผู้รับ

2. ผู้ที่มีเลือดหมู่ O สามารถรับเลือดจากผู้ที่มีเลือดหมู่ AB ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอบ ไม่ได้ เพราะ ผู้ให้ AB มีแอนติเจน A, B ผู้รับ O มีแอนติบอดี A, B แอนติเจนผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีผู้รับ

3. ผู้ที่มีหมู่เลือด AB สามารถให้ และรับเลือดจากผู้ที่มีเลือดหมู่ A และผู้ที่มีเลือดหมู่ B ได้หรือไม่ อย่างไร

ตอบ หมู่เลือด AB สามารถรับเลือดจากคนในหมู่เลือด A เช่น B ได้ เพราะ AB ไม่มีแอนติบอดี A, B แต่ A เช่น B มีแอนติบอดี A และ B มีแอนติเจน A เช่น หมู่ B มีแอนติบอดี A เช่น แอนติเจน A และคนที่มีหมู่เลือด AB ให้เลือดคนที่มีหมู่ A เช่น B ไม่ได้

4. คนที่มีเลือดหมู่ O ให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ A ได้แต่คนที่มีเลือดหมู่ A ไม่สามารถให้เลือดแก่คนที่มีเลือดหมู่ O ได้เพราะเหตุใด

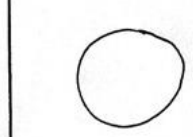
ตอบ ผู้ให้ A มีแอนติเจน A ผู้รับ O มีแอนติบอดี A เช่น B แอนติเจนผู้ให้ต้องไม่ตรง แอนติบอดีผู้รับ

ภาพที่ 61 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 2 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 3 คะแนน

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

(เซลล์เม็ดเลือด)

เซลล์เม็ดเลือดขาว	เกล็ดเลือด	เซลล์เม็ดเลือดแดง
• มีรูปทรงกลม • มี • มีอายุ 2-3 วัน • แบ่งออกเป็นเซลล์	• มีอายุ 1-10 วัน • ช่วยทำให้เลือดแข็งตัว เมื่อเกิดบาดแผล	• มีอายุ 100-120 วัน • ภายในเซลล์มีเอโซโมโครซัน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ 1) เซลล์เม็ดเลือดแดง มีขนาดเล็กกว่า ไม่มีนิวเคลียส ตรงกลางบุ๋ม มีจำนวนมากกว่า

2) เซลล์เม็ดเลือดขาว ส่วนมากมีขนาดใหญ่กว่า มีนิวเคลียสเป็นพูๆ ชอบจับตัวเป็นก้อนใหญ่เกี่ยวเชื่อมเซลล์ มีจำนวนน้อยกว่า

2. เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ มีนิวเคลียส แยกง่ายสีน้ำเงิน แยกง่ายสีชมพู นิวเคลียสมีรูปร่างกลม ขนาดใหญ่ เสียบแทรกเซลล์ข้างเป็นรูปไข่ และมีขอบไม่สม่ำเสมอ

นอกเหนือ:

3. นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

ตอบ เพลตเลต มีขนาดเล็กมาก รูปร่างไม่แน่นอน

4. การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส และมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบุ๋มนั้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร

ตอบ เคลื่อนที่ในเลือดได้ง่าย มีแรงเสียดทานต่อผนังน้อย เคลื่อนแลกเปลี่ยนแก๊สและเก็บรวมกันได้มากขึ้น

ภาพที่ 62 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด และคำถามท้ายกิจกรรม) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ได้ 2 คะแนน

จากภาพที่ 60 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 4 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด และคำอธิบายสอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 61 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 3 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด แต่มีบางส่วนที่คำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด

ภาพที่ 62 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 3 ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด 2 คะแนน เนื่องจาก นักเรียนเขียนคำอธิบายเรื่อง ส่วนประกอบของเลือด ได้เข้าใจง่าย แต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้าง

4. การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

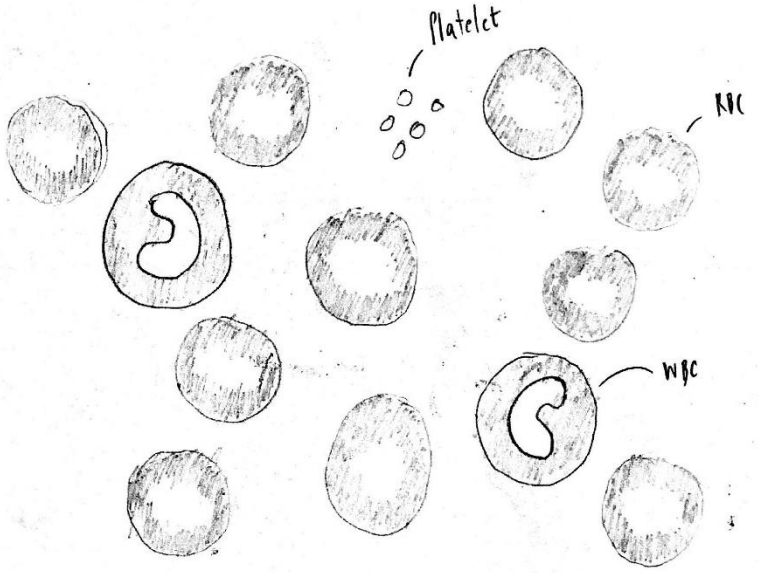
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน ให้ 4 คะแนน

แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน ให้ 3 คะแนน

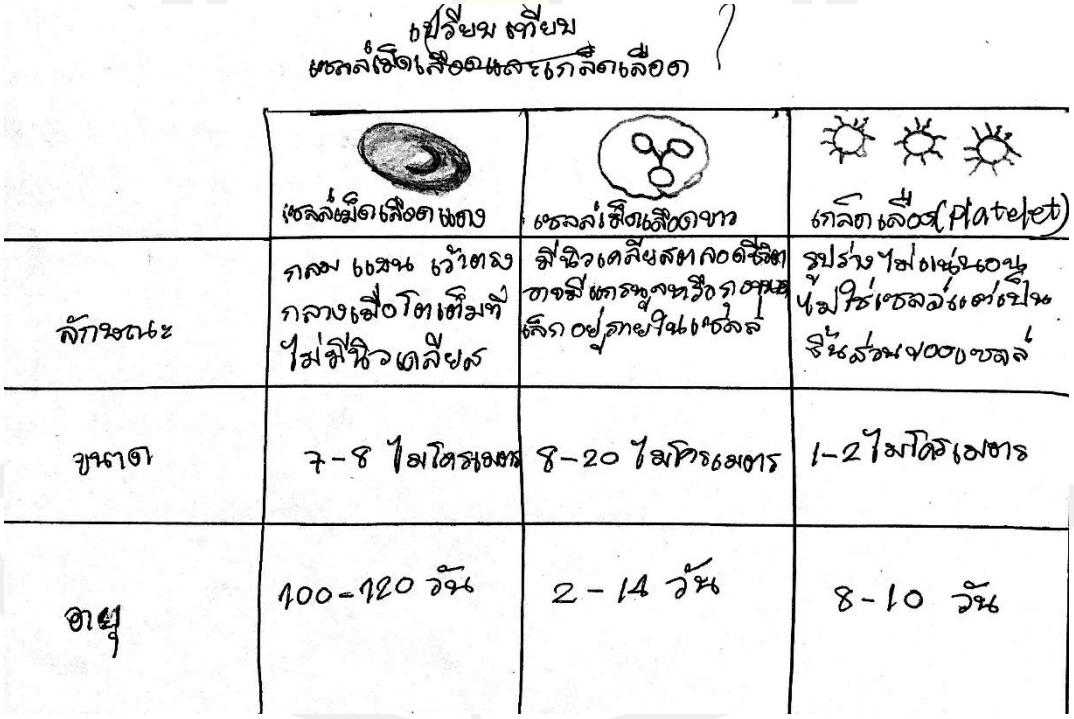
แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน ให้ 2 คะแนน

แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ ให้ 1 คะแนน

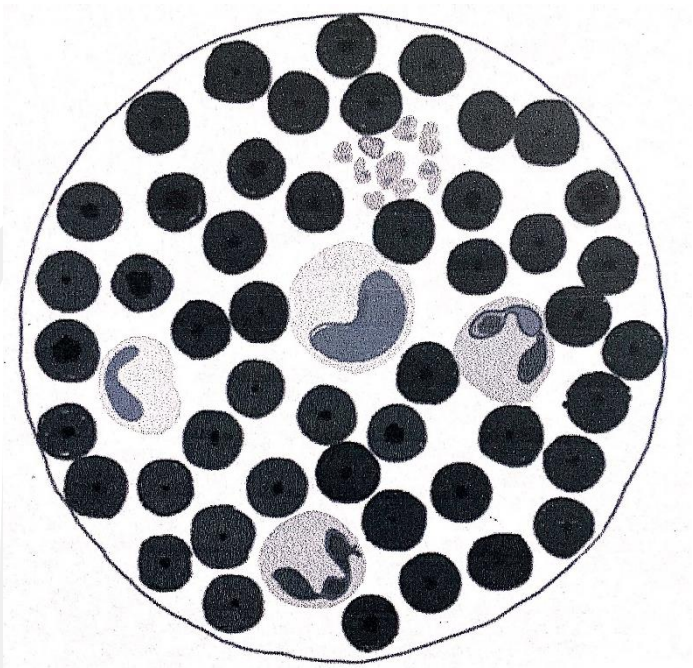
พบปัญหาจากการตอบแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเมื่อพิจารณารายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง ดังนี้



ภาพที่ 63 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 64 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 4 คะแนน



ภาพที่ 65 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ข้อที่ 1 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด วงรอบปฏิบัติที่ 3 (แบบจำลองทางความคิด) ที่ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 ได้ 1 คะแนน

จากภาพที่ 63 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 4 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน

ภาพที่ 64 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 4 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างแบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

ภาพที่ 65 ได้คะแนนในรายการประเมินที่ 4 การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 1 คะแนน เนื่องจาก แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนแบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ

และจากการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้แบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบและประเมิน และ 4) การปรับปรุงแบบจำลอง โดยพบปัญหาจากการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ดังนี้

ประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนโดยใช้แบบประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ วงรอบปฏิบัติที่ 3 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด

พิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนซึ่งแบ่งออกเป็น 4 รายการประเมิน

1) การสร้างแบบจำลอง

นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหมู่เลือด และการให้เลือด เพื่ออธิบายการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบแต่ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองตรงตามเวลาที่กำหนด

2) การใช้แบบจำลอง

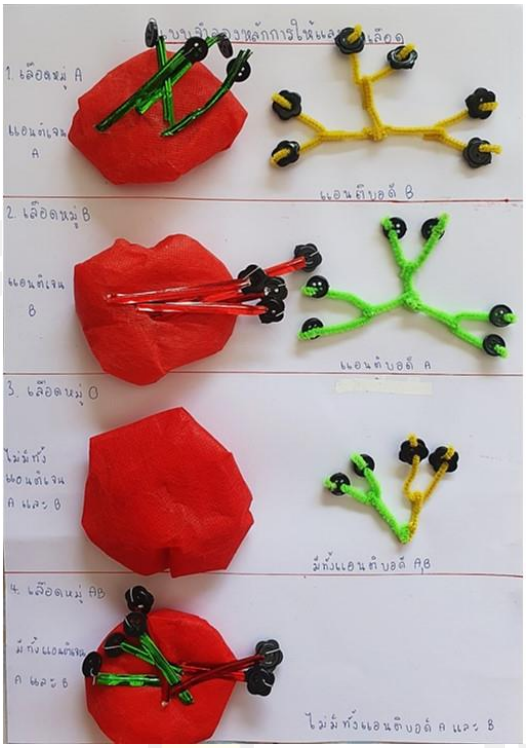
นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมเพื่อจะอธิบายเกี่ยวกับหมู่เลือด และการให้เลือด ได้ถูกต้องและชัดเจน และนักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับหมู่เลือด และการให้เลือดได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน

3) การเปรียบเทียบและประเมิน

นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย และไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายเกี่ยวกับหมู่เลือด และการให้เลือดได้ดีกว่า แต่สามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายเกี่ยวกับหมู่เลือด และการให้เลือดได้

4) การปรับปรุงแบบจำลอง

นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ มีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แต่ไม่ชัดเจน และมีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป ซึ่งประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ ทำให้คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ได้ 13 คะแนน



ภาพที่ 66 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 13 คะแนน

ภาพที่ 67 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ที่ได้คะแนน 14 คะแนน

จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 โดยผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงได้ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	**ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์**															**ผลการประเมิน**
	วงจรปฏิบัติการที่ 3															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3.	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
4.	PU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
6.	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	ผ่าน
10.	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
18.	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	ผ่าน
21.	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
22.	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	ผ่าน
29.	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	ผ่าน

หมายเหตุ CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 26 จากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 15 ข้อ พบว่า มีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งไม่มีนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ (ภาคผนวก ง ผลการทดลอง หน้า 339) และเมื่อแยกรายการแสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากทดสอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของวงจรปฏิบัติการที่ 3 แสดงได้ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 แสดงจำนวนร้อยละของคำตอบจากการวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์วงรอบปฏิบัติการที่ 3

มโนมติ	ข้อที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (จำนวนคน)									
		CU	ร้อยละ	PU	ร้อยละ	PS	ร้อยละ	AC	ร้อยละ	NU	ร้อยละ
7 ส่วนประกอบของเลือด	1	26	83.87	5	16.13	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	2	26	83.87	5	16.13	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	3	22	70.97	9	29.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	4	23	74.19	8	25.81	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	5	21	67.74	10	32.26	0	0.00	0	0.00	0	0.00
8 หมู่เลือด และการให้เลือด	6	20	64.52	11	35.48	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	7	24	77.42	7	22.58	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	8	18	58.06	13	41.94	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	9	17	54.84	14	45.16	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	10	22	70.97	9	29.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00
9 ระบบน้ำเหลือง	11	18	58.06	13	41.94	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	12	25	80.65	6	19.35	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	13	24	77.42	7	22.58	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	14	26	83.87	5	16.13	0	0.00	0	0.00	0	0.00
	15	23	74.19	8	25.81	0	0.00	0	0.00	0	0.00

หมายเหตุ มโนมติที่ 7 คือ ส่วนประกอบของเลือด มโนมติที่ 8 คือ หมู่เลือด และการให้เลือด มโนมติที่ 9 คือ ระบบน้ำเหลือง CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 27 พบว่ามโนมติที่ 7 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด ข้อที่ 1 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 83.87 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ข้อที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 83.87 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ข้อที่ 3 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 70.97 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03 ข้อที่ 4 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็น

ร้อยละ 25.81 ข้อที่ 5 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 67.74 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 32.26

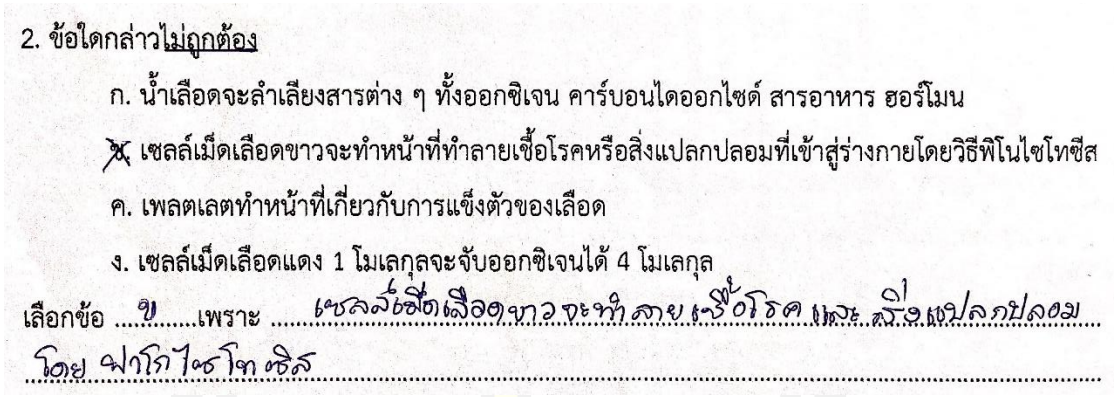
มโนมติที่ 8 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด ข้อที่ 6 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 64.52 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 35.48 ข้อที่ 7 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 77.42 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 22.58 ข้อที่ 8 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ข้อที่ 9 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 54.84 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 45.16 ข้อที่ 10 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 70.97 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 29.03

มโนมติที่ 9 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง ข้อที่ 11 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 58.06 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 41.94 ข้อที่ 12 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 80.65 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 19.35 ข้อที่ 13 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 77.42 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 22.58 ข้อที่ 14 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 83.87 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.13 ข้อที่ 15 นักเรียนมีความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81

เมื่อพิจารณาการเขียนคำตอบในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ซึ่งยังพบประเด็นปัญหาจากการเลือกคำตอบ และให้เหตุผล ดังภาพต่อไปนี้

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 7 เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. น้ำเลือดจะลำเลียงสารต่าง ๆ ทั้งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ สารอาหาร ฮอร์โมน

X ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีฟิโนไซโทซีส

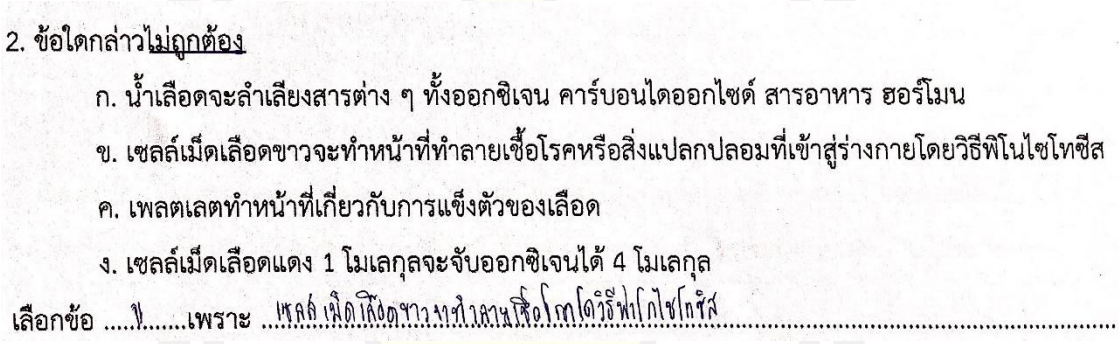
ค. เพลตเลตทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

ง. เซลล์เม็ดเลือดแดง 1 โมเลกุลจะจับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล

เลือกข้อ ข เพราะ เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำลายเชื้อโรค และสิ่งแปลกปลอม โดย ฟากไซโทซิส

ภาพที่ 68 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 7)

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. น้ำเลือดจะลำเลียงสารต่าง ๆ ทั้งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ สารอาหาร ฮอร์โมน

ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีฟิโนไซโทซีส

ค. เพลตเลตทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

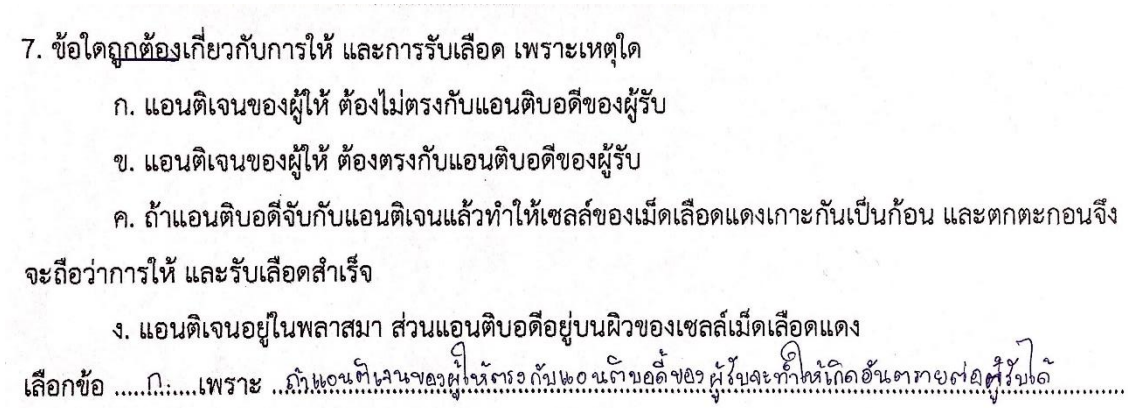
ง. เซลล์เม็ดเลือดแดง 1 โมเลกุลจะจับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล

เลือกข้อ ข เพราะ เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่เชื้อโรคโดยวิธีฟากไซโทซิส

ภาพที่ 69 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 7)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 8 เรื่อง หมู่เลือด และการให้เลือด

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


7. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการให้ และการรับเลือด เพราะเหตุใด

ก. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

ข. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

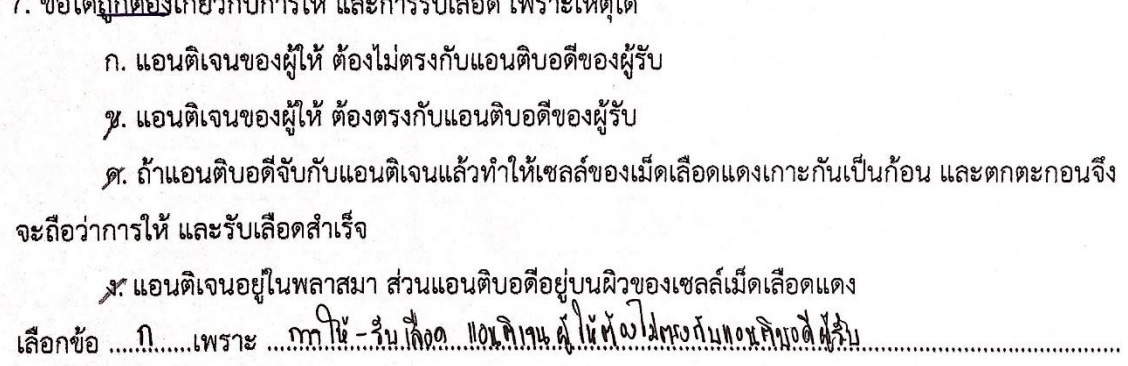
ค. ถ้าแอนติบอดีจับกับแอนติเจนแล้วทำให้เซลล์ของเม็ดเลือดแดงเกาะกันเป็นก้อน และตกตะกอนจึงจะถือว่าการให้ และรับเลือดสำเร็จ

ง. แอนติเจนอยู่ในพลาสมา ส่วนแอนติบอดีอยู่บนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง

เลือกข้อ .....ก.....เพราะ ...ถ้าแอนติเจนของผู้ให้ตรงกับแอนติบอดี้ของ ผู้รับจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้รับได้.....

ภาพที่ 70 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 8)

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้อง แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU) แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ ระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU)


7. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการให้ และการรับเลือด เพราะเหตุใด

ก. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

ข. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

ค. ถ้าแอนติบอดีจับกับแอนติเจนแล้วทำให้เซลล์ของเม็ดเลือดแดงเกาะกันเป็นก้อน และตกตะกอนจึงจะถือว่าการให้ และรับเลือดสำเร็จ

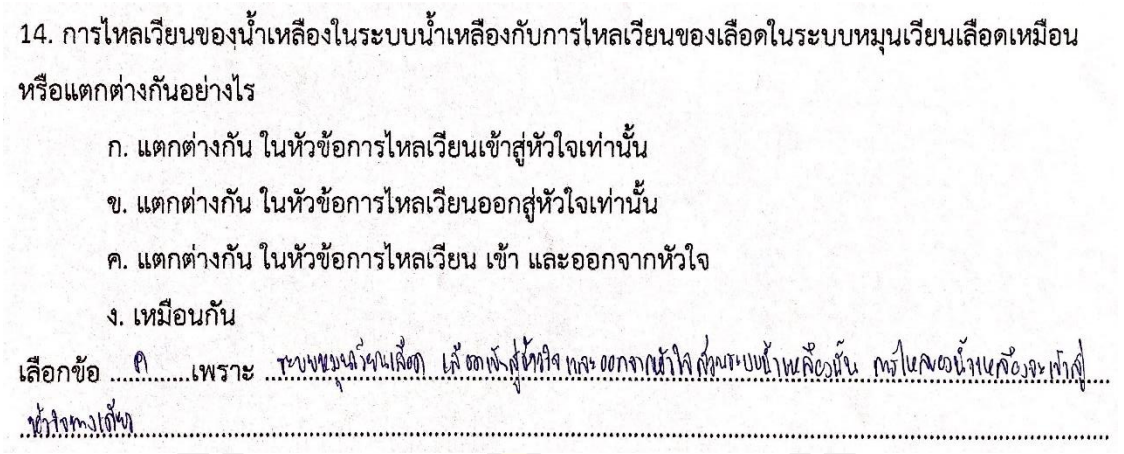
ง. แอนติเจนอยู่ในพลาสมา ส่วนแอนติบอดีอยู่บนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง

เลือกข้อ .....ก.....เพราะ .....การให้ - รับ เลือด แอนติเจน ผู้ให้ ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ.....

ภาพที่ 71 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่สมบูรณ์ (PU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 8)

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์มโนมติที่ 9 เรื่อง ระบบน้ำเหลือง

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


14. การไหลเวียนของน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลืองกับการไหลเวียนของเลือดในระบบหมุนเวียนเลือดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ก. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนเข้าสู่หัวใจเท่านั้น

ข. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนออกสู่หัวใจเท่านั้น

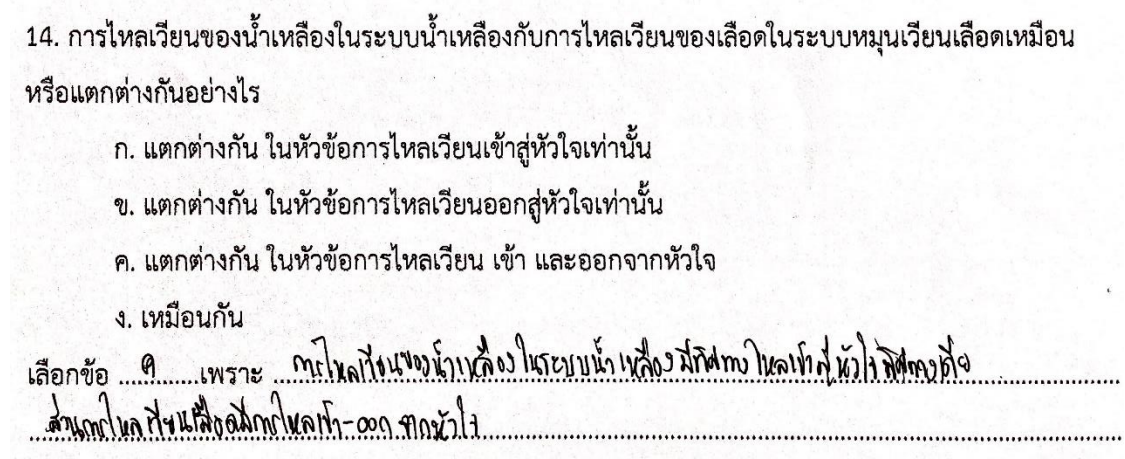
ค. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียน เข้า และออกจากหัวใจ

ง. เหมือนกัน

เลือกข้อ ค เพราะ ระบบหมุนเวียนเลือด เลือดเข้าสู่หัวใจ และออกจากหัวใจ ส่วนระบบน้ำเหลืองนั้น การไหลของน้ำเหลืองจะเข้าสู่หัวใจทางเดียว

ภาพที่ 72 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 9)

นักเรียนเขียนคำตอบ และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด ซึ่งอยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU)


14. การไหลเวียนของน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลืองกับการไหลเวียนของเลือดในระบบหมุนเวียนเลือดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ก. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนเข้าสู่หัวใจเท่านั้น

ข. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนออกสู่หัวใจเท่านั้น

ค. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียน เข้า และออกจากหัวใจ

ง. เหมือนกัน

เลือกข้อ ค เพราะ การไหลเวียนของน้ำเหลือง ในระบบน้ำเหลือง มีทิศทางไหลเข้าสู่หัวใจ มีทิศทางเดียว ส่วนการไหลเวียนเลือดมีการไหลเข้า-ออก จากหัวใจ

ภาพที่ 73 ตัวอย่างของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) ในแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ชุดที่ 3 (มโนมติที่ 9)

3) ผลการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ของนักเรียนจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยที่ผู้วิจัยได้ถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียด และแยกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยเพื่อนำปัญหา และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ต่อไป ผลที่ได้แสดงดังนี้

3.1) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนปรับตัวกับการเรียนมากขึ้น โดยศึกษาเนื้อหาในเรื่องที่เรียนมาก่อน ทำให้บรรยากาศในการเรียน การทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในห้องเรียนสามารถทำได้ทันเวลา เนื่องจาก การที่นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนทำให้ไม่ว่าจะเป็นการทำแบบทดสอบ หรือการสร้างแบบจำลองสามารถทำได้ และทำได้ทันเวลาที่กำหนด โดยจะเห็นจากคำตอบของนักเรียนดังนี้

“ลองอ่านมาก่อนที่ครูจะสอน ทำสรุปที่ครูสั่ง ตอนแรกรู้สึกว่ายาก แต่ถ้าไม่ทำแบบนี้มาเรียนในห้องก็จะยิ่งยากกว่าเดิม”

(นักเรียนคนที่ 18,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“แบบจำลองที่ครูให้ทำ ดีกว่าการนั่งฟังครูพูดเฉย ๆ ทำแบบนี้ทำให้เข้าใจที่เรียนเยอะกว่าเดิม”

(นักเรียนคนที่ 30,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.2) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน พบว่า นักเรียนสามารถเขียนแบบจำลองทางความคิด และเขียนคำอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ออกมาได้ด้วยตนเอง จึงทำให้ขั้นตอนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีความคล่องแคล่วขึ้น และมีการคุ้นชินกับการสร้างแบบจำลองมากขึ้น แต่รูปแบบของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างความคล้ายกันจึงทำให้ในขั้นการเปรียบเทียบ และประเมิน นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้

“ถ้าเข้าใจเรื่องที่ครูสอน ตอนเขียนแบบจำลอง กับสร้างแบบจำลองก็ง่ายขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 4,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ชอบทำแบบจำลองที่ครูให้ทำมากกว่าอ่านสรุปด้วยตัวเอง เข้าใจกว่ากันเยอะ อาจเพราะได้ช่วยกันกับเพื่อนในกลุ่มด้วย กับแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนกลุ่มอื่นด้วย”

(นักเรียนคนที่ 29,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“แบบจำลองที่แต่ละกลุ่มสร้างเหมือนกันทุกกลุ่มเลย ไม่รู้ต้องใช้อะไรในการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย”

(นักเรียนคนที่ 24,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนเริ่มสร้างแบบจำลองไม่เข้าใจว่าจะสร้างออกมาแบบไหน แต่ถามครูก็พอจะเข้าใจขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 13,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.3) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนให้ความร่วมมือ ปฏิบัติตามอย่าเคร่งครัด ทั้งการศึกษาเนื้อหาที่เรียน และเรื่องของการกำหนดเวลาที่

ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้การรักษาเวลาดีขึ้นมาก แม้จะมีส่วนน้อยที่ทำไม่ทันเวลาที่กำหนดบ้าง

“ตอนวาดแบบจำลองทำไม่ทันเวลา เสียเวลากับการวาดเพราะไม่รู้จะวาดแบบไหนเลยส่งช้า”

(นักเรียนคนที่ 10,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.4) ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน พบว่า แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้

“แบบจำลองที่สร้างกับที่เพื่อนหลาย ๆ กลุ่มสร้างเหมือนกัน ครั้งนี้เลยไม่รู้จะต้องเกณฑ์ไหนเปรียบเทียบ”

(นักเรียนคนที่ 20,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

“ตอนครูให้เปรียบเทียบแบบจำลอง คิดว่าแต่ละกลุ่มน่าจะทำไม่ได้กัน เพราะแบบจำลองที่ทำคล้ายกันทุกกลุ่ม ไม่รู้ต้องเปรียบเทียบยังไง”

(นักเรียนคนที่ 12,7 มีนาคม 2565 : แบบสัมภาษณ์)

3.4 สะท้อนผล (Reflect)

ผลจากการวิเคราะห์แบบวัดทักษะการสร้างแบบจำลอง ประกอบกับกิจกรรมการสร้างแบบจำลองโดยประเมินชิ้นงานด้านกระบวนการ แบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ และแบบสัมภาษณ์ของนักเรียนประกอบกัน สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไขในการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง	1. นักเรียนมีปัญหาในขั้นการใช้และประเมินแบบจำลอง โดยเมื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มตนเอง และกลุ่มเพื่อน นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบได้ เนื่องจาก แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้	มีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น
ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์	2. นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่บางส่วนยังไม่สมบูรณ์ คำตอบของนักเรียนถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน	2. ในขั้นตอนการตรวจคำตอบ และเฉลยคำตอบ ครูควรชี้แจงให้ละเอียดถึงคำตอบ และเหตุผลในการเลือกคำตอบในข้อนั้น ๆ เพื่อเป็นแนวทางนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไปควรตอบ และให้เหตุผลอย่างไรถึงจะถูกต้อง

จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยสรุป ดังนี้

ก่อนการจัดการเรียนรู้ มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนจากการทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นระดับความ

เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้

จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 1 ทักษะการสร้างแบบจำลองมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 19 คน และมีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 12 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 69.35 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 1 พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียนจึงทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง นักเรียนยังไม่แน่ใจว่าต้องเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มอื่นกับกลุ่มตนเองอย่างไร จึงทำให้ตัดสินไม่ได้ว่าแบบใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีกว่า หรือดีกว่าเพราะอะไร และจากแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์นักเรียนบางส่วนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบ หรือเขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา และเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างจำกัดทำให้บางกิจกรรมที่ทำ ไม่ทันเวลาบ้าง โดยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ที่ครูให้ไปศึกษา และนำมาส่งก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาก่อนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด หลังการสร้างแบบจำลอง กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ ก่อนเริ่มทำแบบวัดชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนนของการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด และควรสรุปเรื่องที่เรียนโดยการถามคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบด้วย และกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียด เพื่อให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรม ในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 2 ทักษะการสร้างแบบจำลองมีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 27 คน และมีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 75.00 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 71.88 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 2 พบว่า นักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด การสร้างแบบจำลอง และการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องที่เรียนค่อนข้างละเอียด มีความยากขององค์ประกอบต่าง ๆ มาก และจากแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์นักเรียนอ่านคำถามในแบบทดสอบผิดพลาดไป ทำให้ตอบคำถามมาผิด เช่น ในคำถามถามว่าข้อใดไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนอ่านเป็นข้อใดถูกต้อง จึงทำให้ในข้อนั้นนักเรียนไม่ได้คะแนน ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมน้อย โดยทำการปรับกิจกรรมช่วงนำเข้าสู่บทเรียน นอกจากกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ในเรื่องที่เรียนก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ แล้ว ในการนำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาหากิจกรรมอย่าอื่นมาช่วย เช่น ยกตัวอย่างสถานการณ์คำถามในชีวิตประจำวันหรือวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น มีการถามคำถาม และอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเอง แก้ไขคำถามในแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนหากมีคำถามถึงว่าข้อใดไม่ถูกต้องหรือข้อใดถูกต้องควรทำเป็นตัวหนา หรือขีดเส้นใต้เพื่อเป็นการเน้นคำ และอาจจะต้องจัดสรรเวลาหรือลดบางกิจกรรมลงเพื่อให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีมากขึ้น

จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 3 ทักษะการสร้างแบบจำลองมีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทุกคนคือจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 81.03 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และไม่มีนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) หรือระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า นักเรียนมีปัญหาในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของกลุ่มอื่นได้ และนักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่บางส่วนยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก คำตอบที่นักเรียนเขียนตอบมาถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ยังขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วนของปรากฏการณ์ที่ศึกษาไป ทำการปรับปรุงโดยต้องมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และข้อปรับปรุงสำหรับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ในขั้นตอนการตรวจคำตอบ และเฉลยคำตอบ ครูควรชี้แจงให้ละเอียดถึงคำตอบ และเหตุผลในการเลือกคำตอบในข้อนั้น ๆ เพื่อเป็นการนำทางนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

จากทั้งสามวงจรปฏิบัตินักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลอง และมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ และมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 แสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และคะแนนเฉลี่ยก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติ	**คะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลอง (96)**	**จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 (31)**
ก่อนการจัดการเรียนรู้	3.42*	0
1	69.05	19
2	75.00	27
3	81.03	31

หมายเหตุ * หมายถึง คะแนนเฉลี่ยทักษะการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเต็ม 8 คะแนน

จากตารางที่ 29 แสดงให้เห็นว่าหลังจากผ่านทั้งสามวงจรปฏิบัติพบว่านักเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองที่เพิ่มขึ้น มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 69.05 75.00 และ 81.03 ตามลำดับ

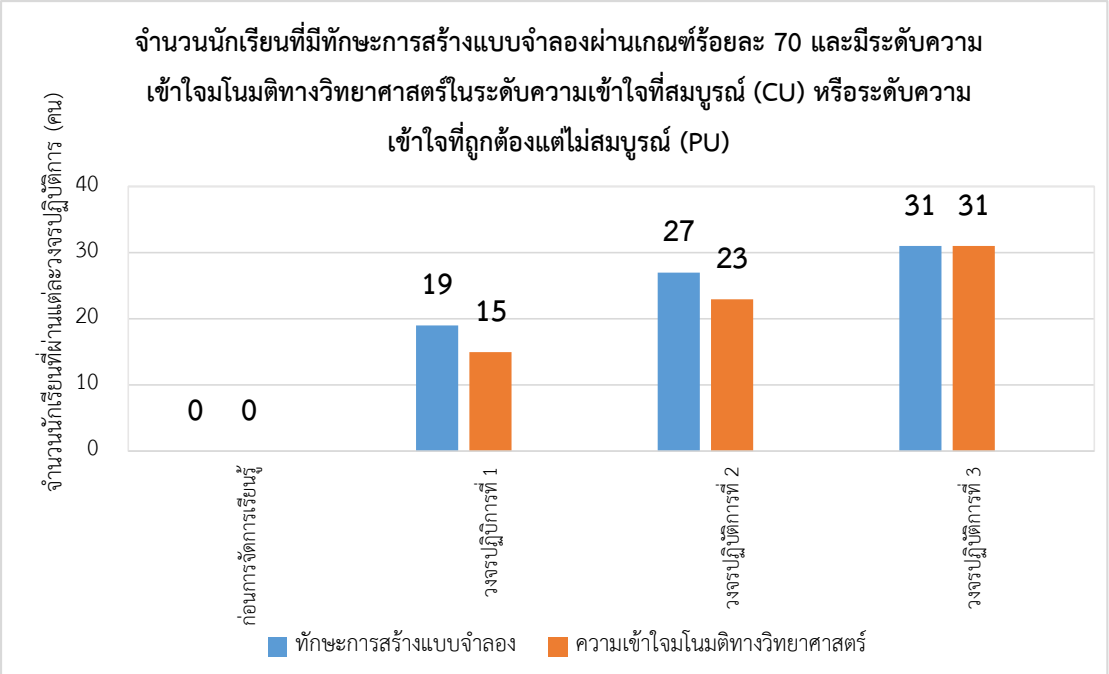
และผลระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ผลระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

นักเรียน 31 คน	**ก่อนการจัดการเรียนรู้**		**วงจรปฏิบัติการที่ 1**		**วงจรปฏิบัติการที่ 2**		**วงจรปฏิบัติการที่ 3**	
	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์							
	CU/PU	PS/AC	CU/PU	PS/AC	CU/PU	PS/AC	CU/PU	PS/AC
ร้อยละ	0.00	100.00	48.39	51.61	74.19	25.81	100.00	0.00
ผลการประเมิน	ผ่าน 0 คน	ไม่ผ่าน 31 คน	ผ่าน 15 คน	ไม่ผ่าน 16 คน	ผ่าน 23 คน	ไม่ผ่าน 8 คน	ผ่าน 31 คน	ไม่ผ่าน 0 คน

จากตารางที่ 30 แสดงให้เห็นว่าหลังจากผ่านทั้งสามวงจรปฏิบัติพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่ามีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 และมีจำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 และมีจำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน(AC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) หรือระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ตามลำดับ

จากตารางที่ 29 และ 30 แสดงผลจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีการพัฒนาระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ก่อนการจัดการเรียนรู้ และทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ซึ่งแสดงในภาพที่ 29 ดังนี้



ภาพที่ 74 แผนภูมิแสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU)

จากภาพที่ 74 แสดงจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) พบว่า มีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มขึ้นจากก่อนการจัดการเรียนรู้, วงจรปฏิบัติที่ 1, วงจรปฏิบัติที่ 2 และวงจรปฏิบัติที่ 3 โดยก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีจำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 0 คน วงจรปฏิบัติที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 19 และ 15 คน ตามลำดับ วงจรปฏิบัติที่ 2 จำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 27 และ 23 คน ตามลำดับ และวงจรปฏิบัติที่ 3 จำนวนนักเรียนที่มีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีระดับความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 31 คน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของงานวิจัย
2. สรุปผลการทดลอง
   2.1 สรุปผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ
   2.2 สรุปผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ
3. อภิปรายผล
   3.1 อภิปรายผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ
   3.2 อภิปรายผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ
4. ข้อเสนอแนะ
   4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้
   4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

1.2 เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

วงจรปฏิบัติที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 19 คน และมีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 12 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 69.35 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 1 พบว่า การไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน หรือเข้าใจคลาดเคลื่อนทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง ในขั้นการเปรียบเทียบ นักเรียนไม่แน่ใจว่าต้องเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มอื่นกับกลุ่มตนเองอย่างไร จึงทำให้ตัดสินไม่ได้ว่าแบบใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีกว่า หรือดีกว่าเพราะอะไร และเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างจำกัดทำให้บางกิจกรรมที่ทำไม่ทันเวลาบ้าง

โดยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ที่ครูให้ไปศึกษาและนำมาส่งก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาก่อนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด มีกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ และกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดเพื่อให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรม หลังจัดการเรียน

การสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 2 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 27 คน และมีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 4 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 75.00 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 2 พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง เนื่องจาก เนื้อหาในเรื่องที่เรียนค่อนข้างละเอียด มีความยากขององค์ประกอบต่าง ๆ เยอะ

ทำการปรับกิจกรรมช่วงนำเข้าสู่บทเรียน นอกจากกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ในเรื่องที่เรียนก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ แล้ว ในการนำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหาหากิจกรรมอย่างอื่นมาช่วย เช่น ยกตัวอย่างสถานการณ์ คำถามในชีวิตประจำวันหรือวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น มีการถามคำถาม และอธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเอง และอาจจะต้องจัดสรรเวลา หรือลดบางกิจกรรมลงเพื่อให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมมีมากขึ้น ผลจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทุกคนคือจำนวน 31 คน มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลองเท่ากับ 81.30 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่านักเรียนมีปัญหาในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลองเนื่องจาก แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของกลุ่มอื่นได้ ทำการปรับปรุงโดยต้องมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

สรุปผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

วงจรปฏิบัติที่ 1 พบว่า มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีจำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 1 พบว่า การเขียนคำตอบของนักเรียนบางส่วนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบ หรือเขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา

โดยทำการปรับปรุง ก่อนเริ่มทำแบบวัดชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนนของการทำแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์อย่างละเอียด และควรสรุปเรื่องที่เรียนโดยการถามคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน และตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบ หลังจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 2 พบว่า พบว่า มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 71.88 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีจำนวนนักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 2 พบว่า นักเรียนอ่านคำถามในแบบทดสอบผิดพลาดไป ทำให้ตอบคำถามมาผิด เช่น ในคำถามถามว่าข้อใดไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนอ่านเป็นข้อใดถูกต้อง จึงทำให้ในข้อนั้นนักเรียนไม่ได้คะแนน และนักเรียนบางส่วนยังความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ทำการปรับปรุงโดยแก้ไขแบบทดสอบให้ชัดเจนหากมีคำถามถึงว่าข้อใดไม่ถูกต้อง หรือข้อใดถูกต้อง ควรทำเป็นตัวหนา หรือขีดเส้นใต้เพื่อเป็นการเน้นคำ และก่อนเริ่มทำแบบทดสอบนอกจากจะสรุปเรื่องที่เรียนให้นักเรียนแล้ว ครูอาจต้องเพิ่มกิจกรรมอื่น ๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วย ผลจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ทุกคนคือ มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับ

ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติที่ 3 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องจากปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่บางส่วนยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากคำตอบที่นักเรียนเขียนตอบมาถูกต้อง และการให้เหตุผลถูก แต่ยังขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วนของปรากฏการณ์ที่ศึกษาไป ทำการปรับปรุงโดยในขั้นตอนการตรวจคำตอบ และเฉลยคำตอบ ครูควรชี้แจงให้ละเอียดถึงคำตอบ และเหตุผลในการเลือกคำตอบในข้อนั้น ๆ เพื่อเป็นการนำทางนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ในครั้งถัดไป

อภิปรายผล

อภิปรายผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากผลการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการอภิปรายผลการวิจัยไว้ทั้งหมด 3 วงรอบปฏิบัติการได้ดังนี้

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 69.35 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนนักเรียนรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนจำนวน 19 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 31 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ช่วยเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็น และมีรากฐานมาจากทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ (Clément, 2007) มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่มีการสร้างสิ่งต่าง ๆ เช่น แผนภาพ สัญลักษณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ เพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ (Aubusson et al., 2006) ซึ่งการนำการสร้างแบบจำลองเข้าสู่การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปใช้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้กระบวนการปฏิบัติสามารถเข้าถึงได้ และมีความหมายสำหรับผู้เรียน กำหนดให้การสร้างแบบจำลองรวมถึงองค์ประกอบของการปฏิบัติประกอบด้วยการสร้าง การใช้ การเปรียบเทียบ และประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ความรู้ที่ชี้นำเพื่อกระตุ้นการปฏิบัติ การสร้างแบบจำลองจึงประกอบด้วยสองมิติที่รวมองค์ความรู้ และองค์ประกอบของการปฏิบัติเข้าด้วยกัน (Schwarz et al., 2009) เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.26 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 38.10 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และเมื่อสังเกตจากคะแนนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง และแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองรวมกันมีคะแนนมากกว่า 70 คะแนนจากคะแนนเต็ม 96 คะแนน ทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ในขณะเดียวกันมีนักเรียนจำนวน 12 คน ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อสังเกตคะแนนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่า นักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองค่อนข้างต่ำ โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 16-27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์นั้นมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียนจึงทำให้มีผลต่อคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองด้านองค์ความรู้ เนื่องจาก ในขั้นแรกของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเริ่มต้นจากการให้นักเรียนนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้ และการคิดของนักเรียน จากการที่นักเรียนมีประสบการณ์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นจึงเกิดกระบวนการสร้างแบบจำลองภายในซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่าการสร้างองค์ความรู้ โดยองค์ความรู้ที่ได้มาคือ แบบจำลองทางความคิด (สุทธิดา จำรัส, 2555) โดยให้ผู้เรียนอธิบายแนวความคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมผ่านสื่อกลางหรือตัวแทนความคิดที่เรียกว่าแบบจำลอง หากมโนมติของผู้เรียนไม่ถูกต้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนเอง และเมื่อพิจารณาคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองของนักเรียน มีคะแนนอยู่ในช่วง 31-41 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 38.10 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นการสอนที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือแนวคิด ซึ่งเป็นแบบจำลองเริ่มต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ครูประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดจากเหตุผลที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลองโดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์หรือรูปภาพ ต่อมานักเรียนทำการทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้ โดยในขั้นนี้นักเรียนอาจพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการขยายแบบจำลองโดยนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004) แต่ในขั้นการเปรียบเทียบ และประเมินนักเรียนยังไม่แน่ใจว่าต้องเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มอื่นกับกลุ่มตนเองอย่างไร จึงทำให้ตัดสินไม่ได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีกว่า หรือดีกว่าเพราะอะไร และเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างจำกัดทำให้บางกิจกรรมที่ทำไม่ทันเวลาบ้าง โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ที่ครูให้ไปศึกษา และนำมาส่งก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาก่อนให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด หลังการสร้างแบบจำลอง กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ

และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ และกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียด เพื่อให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรมในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และปรับกิจกรรมกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ส่งก่อนเข้าเรียน มีการกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียด จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 2 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 27 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 75.00 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน เมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 35.26 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 39.74 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน ซึ่งจากการพิจารณาคะแนนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบ คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองรวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองที่เพิ่มขึ้น มีจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1 เช่นเดียวกันจากการปรับกิจกรรมกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ส่งก่อนเริ่มคาบเรียน ให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองมากกว่าที่จะเป็นผู้บอกเล่าให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระ (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540) ซึ่งผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ และพัฒนาตนเองได้สอดคล้องกับความเชื่อของนักปรัชญา Constructivism ที่เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นภายในจิตใจจากการทำความเข้าใจหรือให้ความหมายกับเหตุการณ์ประสบการณ์หรือข้อสนเทศ โดยอาศัยความรู้เดิม ความเชื่อ ทฤษฎี และความคาดหวังของตนในการแปลความหมาย เพื่อทำความเข้าใจต่อสถานการณ์นั้น (วรรณจรีย์ มังสิงห์, 2541) และจากการปรับกิจกรรมในขั้นเปรียบเทียบ และประเมินมีการกำหนดหัวข้อให้เปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมนักเรียนให้แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกัน และกัน โดยมีผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนโดยการใช้คำถามที่กระตุ้นการเรียนรู้แสดงความคิดเห็น อภิปราย และโต้แย้งร่วมกัน (วรวัฒน์ ศีลบุตร และ บุญนาค สุขุมเมฆ, 2018) ซึ่งการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการคิด และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสำรวจตรวจสอบ การสร้างความเข้าใจ และการสื่อสารความรู้ความเข้าใจ (Harrison and Treagust, 2000) ส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ง่ายขึ้น และยังช่วยพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษาได้ดีขึ้น แต่หากเนื้อหาในเรื่องที่เรียนค่อนข้างละเอียด มีความยากขององค์ประกอบต่าง ๆ เยอะ อาจทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนจากมโนมติหลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษาทำให้มีผลต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิด และการสร้างแบบจำลอง

ดังเช่นนักเรียนจำนวน 4 คน ยังมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เมื่อพิจารณาคะแนนของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์พบว่า นักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองค่อนข้างต่ำ โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 8-9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน แต่คะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นคะแนนกลุ่มแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งคะแนนอยู่ในช่วง 23-27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน ถึงแม้นักเรียนจะมีคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองสูง แต่หากมีคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองต่ำ จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เมื่อสังเกตจากคะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง และจากการสัมภาษณ์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีปัญหาในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่เรียน เนื้อหามีความยาก และซับซ้อนขององค์ประกอบที่เรียนมากขึ้น

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 เมื่อทำการแก้ปัญหา ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอน และแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้โดยการให้ นอกจากกำหนดให้นักเรียนสรุปใบความรู้ในเรื่องที่เรียนก่อนเข้าเรียนในคาบนั้น ๆ แล้ว ช่วงนำเข้าสู่บทเรียนครูต้องมีตัวช่วยในการนำนักเรียนเข้าสู่เนื้อหา เช่น ยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน คำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจหรือวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น และเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิด มีการถามตอบนักเรียนหรือสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาในเรื่องที่เรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวเอง จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 3 นักเรียนมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 31 คน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 81.03 จากคะแนนเต็ม 96 คะแนน และเมื่อพิจารณาแยกเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 38.16 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน และคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองมีผลคะแนนเฉลี่ย 42.87 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน จึงทำให้รวมมีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากขึ้นจากวงจรปฏิบัติที่ 1 และ 2 เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมเพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนก่อนการให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวเอง โดยช่วยตรวจสอบมโนภาพที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ นักเรียนแต่ละคนแม้จะไปศึกษาเนื้อหาเดียวกัน แต่ความหมายที่ได้อาจแตกต่างกัน (Gabler and Michael, 2003) โดยมโนภาพและการสร้างแบบจำลองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นควบคู่กัน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางความคิด ที่เป็นการนำเสนอภาพที่เกิดจากการแปลความหมายของข้อมูลสมอง (Gonzalez, 2014) ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาตามไปด้วย นำไปสู่การอภิปรายมโนภาพที่ถูกต้องร่วมกัน เป็นการสร้างความรู้ที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองที่มุ่งเน้นการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มีอิสระที่จะแสดงความคิด (อารยา ควัฒน์กุล, 2558) จากคะแนนกิจกรรมการสร้างแบบจำลองถึงแม้จะมีคะแนนที่เพิ่มมากขึ้นแต่จากการพิจารณา

คะแนนรายพฤติกรรมของกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วย การสร้าง การใช้ การเปรียบเทียบและประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง และจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนพบว่านักเรียนมีปัญหาในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลองเนื่องจาก แบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกัน จึงไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของกลุ่มอื่นได้ หากมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ควรทำการปรับปรุงโดยต้องมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนได้ หลังจากวงรอบปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 พบว่ามีนักเรียนจำนวน 19 27 และ 31 คน ตามลำดับ ที่มีคะแนนทักษะการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของทักษะการสร้างแบบจำลอง 69.35 75.00 และ 81.03 ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้นเนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีขั้นการสอนที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง เริ่มต้นจากการตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิดซึ่งเป็นแบบจำลองเริ่มต้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา มีการประเมิน และทบทวนแนวคิดที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง ทำการสร้างแบบจำลอง ทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยการนำไปทดลองใช้ หากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอต้องกลับไปปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ดีขึ้น และสุดท้ายเป็นการขยายแบบจำลองโดยอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น (Buckley et al., 2004) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติจริงผ่านการใช้กระบวนการสร้างแสดงออก ทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย (ธนัฏฐา คงทน และคณะ., 2559) โดยกำหนดให้องค์ประกอบของการสร้างแบบจำลองรวมถึงองค์ประกอบของการปฏิบัติประกอบด้วย การสร้าง การใช้ การเปรียบเทียบ และประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง และองค์ความรู้ที่ชี้นำเพื่อกระตุ้นการปฏิบัติ การสร้างแบบจำลองจึงประกอบด้วยสองมิติที่รวมองค์ความรู้ และองค์ประกอบของการปฏิบัติเข้าด้วยกัน (Schwarz et al., 2009) จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กนกภรณ์ ทรวดทรง และ สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2563) ได้ศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง สารละลาย ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะด้าน

การสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการนำแบบจำลองไปใช้ได้ อีกทั้งยังทักษะเหล่านี้ยังช่วยให้นักเรียนมีมโนทัศน์ในเรื่องสารละลาย โดยเฉพาะเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วัลลภ ปริญทอง และ ประสาท เนืองเฉลิม, 2563) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเรื่องกรด-เบส โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า วงจรปฏิบัติที่ 1 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.54 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และนักเรียน 10 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 45.45 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นำผลคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดความสามารถระดับดี ร้อยละ 70 จัดอยู่ในช่วงคะแนน 21–28 ร้อยละ 61-80 มีนักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมด 22 คน พบว่า นักเรียนจำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 100

อภิปรายผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ

จากผลการวิจัยเพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการอภิปรายผลการวิจัยไว้ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการได้ดังนี้

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 15 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 31 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่อง สามารถช่วยให้นักเรียนจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น (Barak and Hussein-Farraj, 2013) และทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง (Gilbert and Justi, 2016) ในขั้นการสร้างแบบจำลอง หลังจากนั้นนักเรียนยังได้ใช้ และประเมินแบบจำลองด้วยตนเอง โดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือแผนภาพจะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดกับความเข้าใจ และพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนั้น ๆ ได้ ดังนั้นการนำการสร้างแบบจำลองในการสอนวิชาชีววิทยาเป็นแนวทางที่จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาความเข้าใจแบบจำลองของนักเรียนเอง (โชติภรณ์ ลีเวียง และ ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์, 2560) ซึ่งแบบจำลองมีความสำคัญต่อวิทยาศาสตร์ โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นปรากฏการณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (Gilbert, 2005) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการที่จะสร้างแบบจำลองได้

จะต้องมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงมโนมติที่นำมาสร้างแบบจำลอง และในทางกลับกันมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ทั้งนี้ที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้นั้น จากการพิจารณาแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายข้อที่นักเรียนมีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) พบว่า นักเรียนมีปัญหาในการเข้าใจเนื้อหาที่เรียน และการเขียนคำตอบของนักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบที่เลือกไว้ แต่ไม่เขียนเหตุผลที่เลือกคำตอบหรือเขียนอธิบายเหตุผลที่เลือกคำตอบแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาจึงทำให้มีผลต่อคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เนื่องจาก นักเรียนจะมีการสร้างมโนมติผ่านทางประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับในแต่ละวันก่อนที่จะได้รับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มโนมติดังกล่าวมีพื้นฐานมาจากการสังเกตหรือจากประสบการณ์เดิมของนักเรียนเอง (นภาพร แถวโนนงิ้ว, 2537) สิ่งที่ผู้สอนควรจะกระทำ และพัฒนาอยู่อย่างสม่ำเสมอเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือ ควรเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำฝึกคิดด้วยตนเองเป็นสำคัญ ผู้สอนควรทำหน้าที่เป็นผู้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง (นันทิยา บุญเคลือบ, 2540) ผ่านขั้นการสอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยกระบวนการถามคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนผ่านการตอบคำถามหรือในการถามคำถาม ขั้นประเมิน และทบทวนแนวคิดของนักเรียนที่จำเป็นจะต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อสรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา มีการสรุปความรู้ผ่านกระบวนการถามคำถาม เพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน และเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเอง ขั้นการสร้างแบบจำลองเป็นกลุ่ม ขั้นนี้ครูควรเน้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลองเพราะขั้นนี้จำเชื่อมโยงไปถึงขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลอง ขั้นการปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง และขั้นสุดท้ายขั้นการขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจโดยการเปรียบเทียบหลักฐานที่ได้จากการออกแบบแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความคิดกับความเข้าใจ และพัฒนาความเข้าใจมโนมติในเรื่องนั้น ๆ ได้ (Chittleborough and Treagust, 2007) นอกจากนั้นหลังจากนักเรียนทำแบบทดสอบเสร็จ หากมีเวลาควรเฉลยคำตอบยกตัวอย่าง และทบทวนคำตอบให้นักเรียนเสมอเพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติที่ 1 แก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ มีการสรุปทบทวนให้นักเรียนก่อนการทำแบบทดสอบ มีการใช้คำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนเกิดการ

แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนผ่านการตอบคำถาม และชี้แจงหลักเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และปรับกิจกรรมมีการสรุปทบทวนโดยการใช้คำถามเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และชี้แจงหลักเกณฑ์การให้คะแนนจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 2 นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 23 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 31 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 พบว่านักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) มากขึ้นเห็นได้จากจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้หลังการสอนเพิ่มขึ้นทั้งยังพบว่า เมื่อพิจารณาแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจ มโนมติทางวิทยาศาสตร์รายข้อจากการเลือกคำตอบ และการให้เหตุผลของนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) ลดลงอย่างมากจากวงจรปฏิบัติที่ 1 โดยจากวงจรปฏิบัติที่ 1 มีนักเรียนที่เขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 161 ครั้ง แต่ในวงจรปฏิบัติที่ 2 มีจำนวน 54 ครั้ง ซึ่งมีจำนวนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ครูผู้สอยคอยเน้นย้ำในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ และกิจกรรมที่ปรับให้นักเรียนเข้าถึงบทเรียนได้ในขั้นการประเมิน และทบทวนแนวคิดโดยการถามคำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจหรือเป็นคำถามที่เชื่อมโยงเรื่องในชีวิตประจำวันกับเรื่องที่เรียนเพื่อให้ใกล้ตัวนักเรียนทำให้นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญของเนื้อหาได้เกิดความเข้าใจมากขึ้น นอกจากนี้มีการที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองด้วยตนเองผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่สร้างแบบจำลอง ใช้ และประเมินแบบจำลอง ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง และสุดท้ายการขยายแบบจำลอง ซึ่ง นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ (2548) กล่าวไว้ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อความรู้นั้นเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเองโดยเฉพาะบุคคล และผู้เรียนจะมีความเข้าใจในมโนมติต่าง ๆ มากขึ้น ถ้าผู้เรียนได้มีโอกาสใช้ประโยชน์จากความเข้าใจมโนมติที่มีอยู่ไปอภิปรายลักษณะทางกายภาพของสถานการณ์ต่าง ๆ และใช้แก้ปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่งได้ แต่ยังมีจำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ทั้งนี้ที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้นั้น จากการพิจารณาแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายข้อที่นักเรียนมีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) และระดับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (AC) พบว่า นักเรียนยังความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนจากปรากฏการณ์ที่ศึกษาบางส่วนเขียนคำตอบเฉพาะคำตอบปรนัยที่เลือกไว้ และเป็นคำตอบที่

ถูกต้อง แต่ไม่เขียนเหตุผล และนักเรียนอ่านคำถามในแบบทดสอบผิดพลาดไป ทำให้ตอบคำถามมาผิด เช่น ในคำถามถามว่าข้อใดไม่ถูกต้อง แต่นักเรียนอ่านเป็นข้อใดถูกต้อง จึงทำให้ในข้อนั้นนักเรียนไม่ได้คะแนน ซึ่งวิธีแก้ไขปัญหาครูอาจต้องเพิ่มกิจกรรมอื่น ๆ ผ่านการจัดการเรียนรู้ นอกจากจะมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน คำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ อาจจะเพิ่มเติมคือมีวิดีโอเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เพิ่มมากขึ้น (Kelly and Jones, 2007) กล่าวว่า การใช้สื่อในการเรียนเช่น คลิปวีดีโอเข้ามาช่วยในการเรียนจะส่งผลให้ผู้เรียนความสนใจเพิ่มมากขึ้นทำให้มองเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และเข้าใจได้ง่ายขึ้น และการถามตอบนักเรียนหรือสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในห้อง ซึ่งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในกลุ่มยังช่วยพัฒนาความเข้าใจของบุคคลนั้นมากยิ่งขึ้นไปด้วย (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) และควรมีการเสริมแรงทางบวกมีการให้คะแนนหรือของรางวัลเพื่อดึงดูดให้นักเรียนกล้าตอบคำถามมากขึ้นเพื่อเป็นการทบทวนความรู้นักเรียน และเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อนเริ่มทำแบบทดสอบ และส่วนของการใช้คำถามในแบบทดสอบควรแก้ไขแบบทดสอบให้ชัดเจนโดยหากมีคำถามถึงว่าข้อใดไม่ถูกต้องหรือข้อใดถูกต้อง ควรทำเป็นตัวหนาหรือขีดเส้นใต้เพื่อเป็นการเน้นคำให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจน

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และเพิ่มกิจกรรมอื่น ๆ นอกจากจะมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน มีคำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ อาจจะเพิ่มเติมคือมีวิดีโอเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น การถามตอบนักเรียนหรือสร้างประเด็นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้กัน และควรมีการเสริมแรงทางบวกมีการให้คะแนนหรือของรางวัลเพื่อดึงดูดให้นักเรียนกล้าตอบคำถาม จากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในวงจรปฏิบัติที่ 3 นักเรียนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนทุกคนมีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น เมื่อพิจารณาแบบประเมินแบบวัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์รายข้อจากการเลือกคำตอบ และการให้เหตุผลของนักเรียนพบว่า นักเรียนเขียนคำตอบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) และระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ครูผู้สอนเน้นการใช้สื่อไม่ว่าจะเป็นวีดีโอหรือภาพเคลื่อนไหวเป็นการช่วยเพิ่มความสนใจของนักเรียนในการทำกิจกรรมมากยิ่งขึ้น การใช้สื่อเช่น รูปภาพนิ่ง วีดีโอ หรือใช้อุปกรณ์ตัวอย่างเข้ามาช่วยมีส่วนสำคัญในการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องได้เพราะ ช่วยให้ผู้เรียนเห็นภาพเชิงประจักษ์ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และยังทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มโนมติได้ง่ายขึ้น (Vasilyev, 2010) การยกตัวอย่างสถานการณ์ใน

ชีวิตประจำวันเชื่อมกับเรื่องที่เรียน มีคำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ ซึ่งการใช้คำถามที่ชักนำไปสู่ความเข้าใจในมโนมตินั้น ๆ จะช่วยเพิ่มการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนมากยิ่งขึ้น (Dimitrova et al., 2018) และมีการเสริมแรงทางบวกโดยการให้คะแนนหรือของรางวัลเพื่อดึงดูดให้นักเรียนกล้าตอบคำถามมากขึ้น โดย (วินัย วิลัยลักษณ์, 2549) กล่าวว่า การกล่าวคำชมเชย ให้สิ่งของรางวัลเป็นการเสริมแรงทางบวกเป็นสิ่งล่อใจที่สามารถกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมในการทำงานก่อให้เกิดแรงจูงใจในการทำงาน เป็นแรงกระตุนใหบุคคลแสดงพฤติกรรมออกมาเพื่อใหบรรลุเปาหมายตามแรงจูงใจ (เรียม ศรีทอง, 2548) สอดคล้องกับทฤษฎีของ Skinner ที่ Hergenhahn & Olson (1993) ได้กล่าวไว้ว่า ในการสอนการให้การเสริมแรงหลังการตอบสนองที่เหมาะสมของผู้เรียนจะช่วยเพิ่มอัตราการตอบสนองที่เหมาะสมนั้นได้ดังเช่น ถ้าหากนักเรียนตอบคำถามที่ครูถามได้ก็จะได้รับคะแนนพิเศษหรือให้สิ่งของรางวัลซึ่งนักเรียนก็จะมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นมากขึ้น จากเหตุผลที่กล่าวมานั้นทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ หลังจากวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 พบว่ามีนักเรียนจำนวน 15 23 และ 31 คน ตามลำดับ ที่มีระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ (CU) หรือระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (PU) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจาก จากการจัดการเรียนรู้ที่มีการเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างแบบจำลองทั้งแบบจำลองทางความคิด และแบบจำลองที่เป็นวัตถุแสดงถึงการสร้างองค์ความรู้สู่การปฏิบัติงานจริงของนักเรียน และนอกจากนั้นยังมีขั้นการสอนแต่ละขั้นที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ที่ผู้สอนเป็นคนกำหนดทั้งการใช้คำถามที่ชักนำไปสู่ความเข้าใจในมโนมตินั้น ๆ การใช้สื่อไม่ว่าจะเป็นวีดีโอหรือภาพเคลื่อนไหวช่วยมีส่วนสำคัญในการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้องได้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนสังเกตเห็นมโนมติที่คลาดเคลื่อนของตนแล้วนำความรู้ใหม่มาปรับเปลี่ยนความเข้าใจมโนมติตามแนวทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม และสามารถสร้างแบบจำลอง และสร้างรูปแบบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างคงทน (นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ลัทธวรรณ ศรีวิคำ และคณะ., 2558) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติเรื่อง ปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สามารถพัฒนามโนมติเรื่องปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะ ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (SU) มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพียงบางส่วน และมีความเข้าใจมโนมติทาง

วิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (PU&SM) มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (SM) หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มสูงขึ้น และมีมีมโนมติ (NU) หลังการจัดการเรียนรู้ลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Steer et al., 2005) ได้ศึกษาวิธีการปรับเปลี่ยนมโนมติโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อช่วยพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับโครงสร้างของโลก ผลการวิจัยพบว่า การสอนใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถปรับเปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ไปยอมรับแนวความคิดที่ถูกต้องได้ ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนามโนมติทางวิทศาสตร์ให้เพิ่มมากขึ้น

จากการสรุปผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ การสรุปผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ การอภิปรายผลทักษะการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ และการอภิปรายผลความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการ สามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับ (นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์, 2558) ได้ศึกษาการพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 34 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีชนิดของความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นมีระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และพัฒนาวิถีมโนมติของนักเรียนได้ดีแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถสร้างความเข้าใจมโนมติของนักเรียนได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และ สุวัตร นานันท์, 2558) ได้ศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1. นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยมโนมติเรื่องไฟฟ้าเคมีสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นทุกมโนมติ 2. นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จัดอยู่ในระดับดีมาก ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนมติทางวิทศาสตร์ให้เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนมติทางวิทศาสตร์ให้เพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำวิธีการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานควรให้ความสำคัญในเรื่องต่อไปนี้

1. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะเปลี่ยนจากเนื้อหาที่อยู่ในนามธรรมไปเป็นรูปธรรมเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความรู้เข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา ดังนั้น ครูผู้สอนควรเลือกเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และควรคำนึงถึงจำกัดของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรมีเหมาะสมต่อความสามารถ และบริบทของผู้เรียน

2. เนื้อหาที่ใช้สอนในคาบเรียนนั้น ๆ ต้องไม่มากจนเกินไปหากนำการจัดการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการสอนต่อ 1 คาบเรียนเนื่องจาก ลักษณะขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ค่อนข้างใช้ระยะเวลามีการสร้างแบบจำลองทางความคิด ประเมิน และทบทวนแนวคิด สร้างแบบจำลองทางวัตถุ นำแบบจำลองไปใช้ และประเมิน ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง และสุดท้ายขยายแบบจำลองจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้มีหลายขั้นตอน และแต่ละขั้นค่อนข้างใช้เวลานาน

3. ผู้สอนควรจะกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและเหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง นักเรียนได้ทำกิจกรรมไปพร้อม ๆ กัน และป้องกันไม่ให้เกิดความวุ่นวายในชั้นเรียน

4. แบบทดสอบควรมีการบอกรายละเอียดชัดเจน โดยหากมีคำถามถึงว่าข้อใดไม่ถูกต้องหรือข้อใดถูกต้อง ควรทำเป็นตัวหนาหรือขีดเส้นใต้คำว่าไม่ถูกต้อง และคำว่าถูกต้องเพื่อเป็นการเน้นคำให้นักเรียนเห็นได้ชัดเจน และป้องกันการเข้าใจผิดขณะที่นักเรียนทำแบบทดสอบ

5. ในขั้นการสร้างแบบจำลองหากผู้เรียนสะดวก ควรให้ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์การสร้างแบบจำลองมาเอง เพื่อให้ได้รูปแบบของแบบจำลองที่หลากหลาย หลายวัสดุ หลายรูปแบบมากกว่าที่ผู้สอนเป็นผู้เตรียมอุปกรณ์ให้

6. ในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลอง เมื่อมีการเปรียบเทียบแบบจำลอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกันจนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ ควรมีการเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จึงควรนำไปใช้การพัฒนาทักษะทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป และกับเนื้อหาอื่น ๆ ในวิชาชีววิทยาหรือสาขาวิชาอื่น ๆ

2. ควรจะพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ ที่ จะช่วยส่งเสริมทักษะสร้างแบบจำลอง และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะด้านความริเริ่มสร้างสรรค์ และด้านการสื่อสารเนื่องจาก การสร้างแบบจำลองเป็นการนำเสนอข้อมูลแนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ จากแนวความคิดของผู้เรียนเองหากมีการนำเทคนิคด้านความคิดสร้างสรรค์เข้ามาเกี่ยวข้องอาจทำให้ได้แบบจำลองในรูปแบบที่หลากหลายขึ้น และทักษะการสื่อสารเป็นทักษะที่สำคัญมากในการใช้ชีวิต และในการทำงาน ถึงแม้ว่าเราจะมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในระดับความเข้าใจที่สมบูรณ์ แต่ถ้าไม่รู้จักสื่อสารให้มีประสิทธิภาพก็คงไม่สามารถทำให้ผู้อื่นรับรู้ และเข้าใจได้

3. ควรมีการศึกษาผลที่เกิดจากจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลักสูตรการเรียนรู้ระยะสั้น หรือระยะยาว เพื่อส่งเสริมทักษะสร้างแบบจำลอง และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนเกิดทักษะสร้างแบบจำลอง และมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างยั่งยืน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กนกภรณ์ ทรวดทรง และ สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์เรื่อง สารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *23*(4), 46–57.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ฉบับปรับปรุงพ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *บันทึกมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดประจำปีการศึกษา 2564*. โรงเรียนยางตลาดพิทยาคาร.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และ สุลัดดา ลอยฟ้า. (2545). ปฏิรูปการเรียนรู้สู่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. *วารสารส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน*, *11*(1), 1–12.

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2540). *รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน : กรณีศึกษาสำหรับครูประถมศึกษา*. ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เกียรติมณี บำรุงไร่. (2553). *การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predicts-Observe-Explain (POE)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โกเมศ นาแจ้ง. (2554). *ผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ MCIS ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เรื่องการเคลื่อนที่และแบบการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์. (2544). *เรียนรู้และฝึกปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: โรงพิมพ์งามช่าง.

ชาญวิทย์ เทียมบุญประเสริฐ. (2539). *การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบฝึกที่สร้างตามทฤษฎีสมรรถภาพทางสมองของเทอร์สโตน*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, *29*(3), 86–99.

ชุติมา รอดสุด. (2550). *ผลการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เชาวรินทร์ สีใหม่. (2552). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนเชิงผลิตภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางธรณีวิทยาและความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โชติภรณ์ ลีเวียง และ ไพโรจน์ เติมเตชาติพงศ์. (2560). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอกและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ(Proceeding) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17*, 963–974.

ณัชธฤต เกื้อธาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา และ สุดจิต สงวนเรือง. (2553). การพัฒนาตัวแทนความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 11 มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 1176–1190.

ณัฏฐ์นภันต์ กตัญรัตน์ และ สุวัตร นานันท์. (2558). การศึกษามโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MIS เรื่อง ไฟฟ้าเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิจัย มข. มส. (บศ.)*, *3*(1).

ณัฐพล กวดขันไทย และ สุมาลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, *14*(2), 63–71.

ทวีป บรรจงเปลี่ยน. (2540). *การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติวิทยาศาสตร์เรื่อง โลกสีเขียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างกลวิธีการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติตามทฤษฎีของ Posner และคณะกับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิศนา แขมมณี. (2546). *14 วิธีการสอนสำหรับครูมืออาชีพ* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนัฏฐา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยอาศัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม*, *7*(1), 62–76.

นภาพร แถวโนนงิ้ว. (2537). *การวิเคราะห์มโนมติที่คาลดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ (ว. 102) เรื่องโลกสีเขียวของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivist. *วารสาร สสวท*, *25*(96), 11–15.

นิภาภรณ์ จันทะโยธา และ สุวัตร นานันท์. (2558). การพัฒนาวิถีทางมโนมติวิทยาศาสตร์และการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ของแข็ง ของเหลว และแก๊สของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *34th The National Graduate Research Conference*, 1977–1985.

นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์. (2548). การปรับเปลี่ยนมโนมติเรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่โดยใช้การจัดการเรียนรู้บนเครือข่ายที่พัฒนาตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสซึม. *วารสารวิจัย มข*, *5*, 152– 164.

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

เบญจพร อินทรสด, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา และ อริสรา อิสสะรีย์. (2554). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและมโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยการสืบเสาะแบบแนะนำกับการสืบเสาะสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ 3(พิเศษ)*, 233–244.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2560). *วิจัยการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2561). *วิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน*. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2561). *วิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน*. ขอนแก่น: หจก. โรงพิมพ์คลังนานาธรรม.

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์ : พรสวรรค์ที่พัฒนาได้*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

ปวีณา งามชัด และ ไพโรจน์ เติมชาติพงศ์. (2557). การเปลี่ยนแปลงมโนมติทางวิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่าในตนเองกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติเรื่อง การสืบพันธ์ของพืชดอกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแกน*, *8*(1), 164–171.

ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2551). การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Teaching and Learning for Conceptual Change). *วารสารศึกษาศาสตร์*, *31*(1), 27–35.

พงศกร สุวรรณเดชา และ นิคม ทองบุญ. (2542). *มโนมติที่คลาดเคลื่อนเรื่อง มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดพัทลุง*. ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

พรรณวิไล ชมชิด. (2552). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง. *นิตยสาร สสวท* (หน้า. 33–34). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

พรหมพิริยะ เมืองขันธ์. (2557). *การเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาร่วมกับแผนผังมโนมติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิชา ชัยจันดี. (2552). ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนมติและความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ. *วารสารศึกษาศาสตร์*, *32*(3), 38–47.

ไพโรจน์ เติมเตชาชาติพงศ์. (2550). *การศึกษาการเปลี่ยนมโนมติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง หน้าที่ยีนโดยใช้กรอบการตีความหลายมิติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, ชาตรี ฝ่ายคำตา, & พจนารถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, *1*(1), 97–124.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). *หลักการวิจัยปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

รุ่งนภา จันทร์แรม. (2554). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 บนพื้นฐานของทฤษฎีสืบเสาะหาความรู้โดยวิธี Model-Observe-Reflect-Explain (MORE)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เรียม ศรีทอง. (2548). *พฤติกรรมมนุษยกับการพัฒนา*. กรุงเทพฯ: เบิรด เอ็ดดูเคชั่น.

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2564). *ข้อมูลทั่วไปโรงเรียน*.[ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: http://shorturl.asia/TUpjd

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2564). *พันธกิจ / เป้าประสงค์ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร*. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: https://shorturl.asia/fB7pM

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2564). *วิสัยทัศน์ / ปรัชญา โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร*. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: https://shorturl.asia/CM9bf

ลัทธวรรณ ศรีวิคำ, คเชนทร์ แดงอุดม และ ธิติยา บงกชเพชร. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อมโนมติเรื่องปฏิสัมพันธ์ในระบบสุริยะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *นเรศวรวิจัย วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ*, *12*, 1418–1428.

ลือชา ลดาชาต และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2559). ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิชาเอกชีววิทยา. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, *2*(1), 24–44.

วรรณจรีย์ มังสิงห์. (2541). *ปรัชญาการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism)*. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการของคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรวัฒน ศีลบุตร, & บุญนาค สุขุมเมฆ. (2018). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “Graduate School Mini-Conference 2018,”* 102–112.

วัฒนา อัครพราหมณ์. (2540). *การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ (ว 306) เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วัลลภ ปริญทอง และ ประสาท เนืองเฉลิม. (2563). การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง กรด–เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, *17*(3), 89–100.

วินัย วิลัยลักษณ์. (2549). *แรงจูงใจ (Motives) และการจูงใจ (Motivation)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ศิวาพร ศรีมงคล. (2550). *การเรียนรูมโนมติและความสามารถ ในการคิดแกปญหา เรื่องพันธะ-ไอออนิกของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปที่ 4 โดยใชรูปแบบการเรียนรูกระบวนการแกปญหา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2532). *รายงานการศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน และความเข้าใจผิดในบทเรียนเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง*. กรุงเทพฯ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพแนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

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

สมควร ขนชัยภูมิ. (2545). *การเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติที่ วิชาฟิสิกส์เรื่องปรากฏการณ์คลื่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อใช้กลวิธีการสอนตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์และคณะเทียบกับการสอนปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมเจตน์ อุระศิลป, & ศักดิ์ศรี สุภาษร. (2554). การเปรียบเทียบมโนมติก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง พันธะเคมีตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ. *วารสารวิจัย มข*, *1*(1), 38–57.

สวัสดิ์ สุคนธรังสี. (2520). โมเดลการวิจัย: กรณีตัวอย่างทางการบริหาร. *วารสารพัฒนาบริหารศาสตร*, *45*, 205–236.

สุกัลยา หลำเหล็ม, อรุณรัศมิ์ วณิชชานนท์, & เปลื้อง สุวรรณมณี. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การจำลองตัวของดีเอ็นเอต่อการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติ และนานาชาติ ครั้งที่ 9*, 287–297.

สุทธิดา จำรัส. (2555). *แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก: https://shorturl.asia/X5Dj4.

สุพิน จันทร์ลอย. (2543). *ความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อและความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ในนักเรียนชาติพันธุ์กวย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดนครราชสีมา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวดี แสนคำภูมิ. (2544). *ผลการสอนเพื่อแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ โดยใช้เอกสารอ่านประกอบซึ่งสร้างตามทฤษฎีการเปลี่ยนมโนมติของโพสเนอร์และคณะ*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต.สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม. (2538). *หลักการ แนวคิด และรูปแบบเกี่ยวกับการวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม. (2544). การพัฒนาครูมืออาชีพด้วยการวิจัยในชั้นเรียน. *วารสารครุศาสตร์*, *29*(3), 15–25.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2548). กลยุทธ์ทางเลือกเพื่อพัฒนาวัฒนธรรมและสมรรถภาพการวิจัยและประเมินของครูมืออาชีพในฐานะผู้นำการเปลี่ยนแปลงในการขับเคลื่อนสู่โรงเรียนฐานความรู้ : การวิจัยประเมินต้องการจำเป็นแบบสมบูรณ์. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*. 18(2), 193–211.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ : Quantitative and Qualitative Research Methodologies*. กรุงเทพฯ: หจก. สามลดา.

อารยา ควัฒน์กุล. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์*, *26*(2), 42–55.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน. (2537). *วิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: ฟันนี่พับลิชชิ่ง.

เอกภูมิ จันทรขันตี. (2559). รูปแบบของระบบพี่เลี้ยงและให้คำปรึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการสอนและการทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนของครูวิทยาศาสตร์. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, *10*(1), 128–141.

ฮามีด๊ะ มูสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. การประชุมทางวิทชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาศึกษาศาสตร์.

Abraham, M. R., Williamson, V. M., and Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, *31*(2), 147–165.

Achér, A., Arca, M., and Sanmart´, N. (2007). Modeling as a Teaching Learning Process for Understanding Materials: A Case Study in Primary Education. *Science Education, 91*, 398–418.

Aubusson, P. J., Harrison, A. G., and Ritchie, S. M. (2006). *Metaphor and Analogy in Science Education*. Springer Netherlands.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.

Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H., and Zhan, L. (2011). Engaging Elementary Students in Scientific Modeling: The MoDeLS Fifth-Grade Approach and Findings. In *Models and Modeling* (pp. 195–218). Springer Netherlands.

Bamberger, Y. M., and Davis, E. A. (2013). Middle-School Science Students' Scientific Modelling Performances Across Content Areas and Within a Learning Progression. *International Journal of Science Education*, *35*(2), 213–238.

Barak, M., and Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. *Research in Science Education*, *43*(2), 619–636.

Bardo, J. W., and Hartman, J. J. (1982). *Urban Sociology. A Systematic Introduction*. F E Peacock Pub.

Bell, P. H. (1995). How far does light go? : Individual and collaborative sense-making of scientific evidence. *In the Annual Conference of the American Educational Research Association*, 1–36.

Bloom, B. S., Hastings, J. T., Madaus, G. F., and Baldwin, T. S. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. McGraw-Hill.

Brookhart, S. M., and Nitko, A. J. (2007). *Educational Assessment of Students, 8th edition*. Pearson Education.

Bruner, J. S., Goodnow, J. J., and Austin, G. A. (1986). *A Study of Thinking*. Routledge.

Bryce, C. M., Baliga, V. B., Nesnera, K. L. D., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., Wade, C. E., Yovovich, V., Baumgart, S., Bard, D. G., Ash, D., Parker, I. M., and Gilbert, G. S. (2016). Exploring Models in the Biology Classroom. *American Biology Teacher*, *78*(1), 35–42.

Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., and Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning with BioLogica^{TM}: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know? *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 23–41.

Chittleborough, G., and Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *8*(3), 274–292.

Clément, P. (2007). Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science & Education*, *16*(3–5), 423–440.

Coghlan, D., and Brannick, T. (2001). *Doing Action Research in Your Own Organization* (Second Edi). Sage.

Dimitrova, E., Kovachev, D., and Valchev, V. (2018). *Improvement Aspects in Teaching Analog Electronics* (pp. 376–385).

Gabler, I. C., and Michael, S. (2003). *Constructivist methods for the secondary classroom: engaged mind*. Pearson Education.

Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. SpringerLink.

Gilbert, J. K., Boulter, C. J., and Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In *Developing Models in Science Education* (pp. 3–17). Springer Netherlands.

Gilbert, J. K., and Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Springer Netherlands.

Gilbert, S. W., and Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*.

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

Gonzalez, W. J. . (2014). *Bas van Fraassen's Approach to Representation and Models in Science* (W. J. Gonzalez (ed.); Vol. 368). Springer Netherlands.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., and Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(9), 799–822.

Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, *34*(2), 181–197.

Harrison, A. G., and Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1011–1026.

Hergenhahn, B. R., and Olson, M. H. (1993). *An Introduction to Theories of Learning 4th ed. Edition*. Prentice-Hall.

Hestenes, D. (2006). Notes for a modeling theory of science, cognition and instruction. *Proceedings of the GIREP Conference*, 20–25.

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, *22*(1), 85–142.

Hurd. (1970). Scientific enlightenment for an age of science. *The Science Teacher*, *37*(1), 13–15.

Inoue, N. (2015). *Beyond actions: psychology of action research for mindful educational improvement. 2015.* (2nd editio). Peter Lang Publishing.

Jackson, V. (2001). The Multidimensional Assessment of Student Performance in Middle School Science. In *Assessment in Science* (pp. 181–196). Springer

Jenkins, J. L., and Howard, E. M. (2019). Implementation of Modeling Instruction in a High School Chemistry Unit on Energy and States of Matter. *Science Education International*, *30*(2), 97–104.

Jenkins, J. R., and Deno, S. L. (1971). Influence of knowledge and type of objectives on subject-matter learning. *Journal of Educational Psychology*, *62*(1), 67–70.

Johnson, A. P. (2012). *Short Guide to Action Research, A 4th Edition*. Pearson Education.

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

Justi, R., and Gilbert, J. (2006). Models and Modelling in Chemical Education. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 47–68). Kluwer Academic Publishers.

Kelly, R. M., and Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, *16*(5), 413–429.

Kemmis, S., and McTaggart, R. (1988). *The Action research planner* (Third edit). [Waurn Ponds, Vic.] : Deakin University : distributed by Deakin University Press.

Khan, S. (2008). Model-based Teaching as a Source of Insight for the Design of a Viable Science Simulation. *Technology Instruction Cognition and Learning*, *6*(2), 63–78.

Kusairi, S., Noviandari, L., Parno, and Pratiwi, H. Y. (2019). Analysis of students' understanding of motion in straight line concepts: Modeling Instruction with formative E-Assessment. *International Journal of Instruction*, *12*(4), 353–364.

Ladachart, L., and Ladachart, L. (2017). Science Teachers ' Perspectives on and Understandings about Scientific Models. *Journal of Community Development Research (Humanities and Social Science)*, *10*(3), 149–162.

Lantz, H. B. (2004). *Rubrics for Assessing Student Achievement in Science Grades K-12*. Corwin Press.

Leager, C. (2007). Making models: more than child's play. *Science and Children*, *44*(6), 50–52.

Mierdel, J., and Bogner, F. X. (2019). Comparing the use of two different model approaches on students' understanding of DNA models. *Education Sciences*, *9*(2), 1–18.

Moutinho, S., Moura, R., and Vasconcelos, C. (2017). Contributions of model-based learning to the restructuring of graduation students' mental models on natural hazards. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(7), 3043–3068.

Mungsing, W. (1993). Students' alternative conceptions about genetics and the use of teaching strategies for conceptual change. In *ProQuest Dissertations and Theses* (p. 273).

National Science Education Standards. (1996). *Science Education*. National Academies Press.

Nicolaou, C. T., and Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*(1), 52–73.

Nitko, A. J. (2004). *Educational assessment of students 4th ed*. Pearson Education.

Odom, A. L., and Kelly, P. V. (2001). Integrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concepts to high school biology students. *Science Education*, *85*(6), 615–635.

Office of commercial Services Queensland University of Tecnology. (2002). *Teacher Development for Quality Learning The Thailand Education Reform Project*.

Örnek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science . *International Journal of Environmental & Science Education*, *3*(2), 35–45.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 632–654.

Steer, D. N., Knight, C. C., Owens, K. D., and McConnell, D. A. (2005). Challenging Students Ideas About Earth's Interior Structure Using a Model-based, Conceptual Change Approach in a Large Class Setting. *Journal of Geoscience Education*, *53*(4), 415–421.

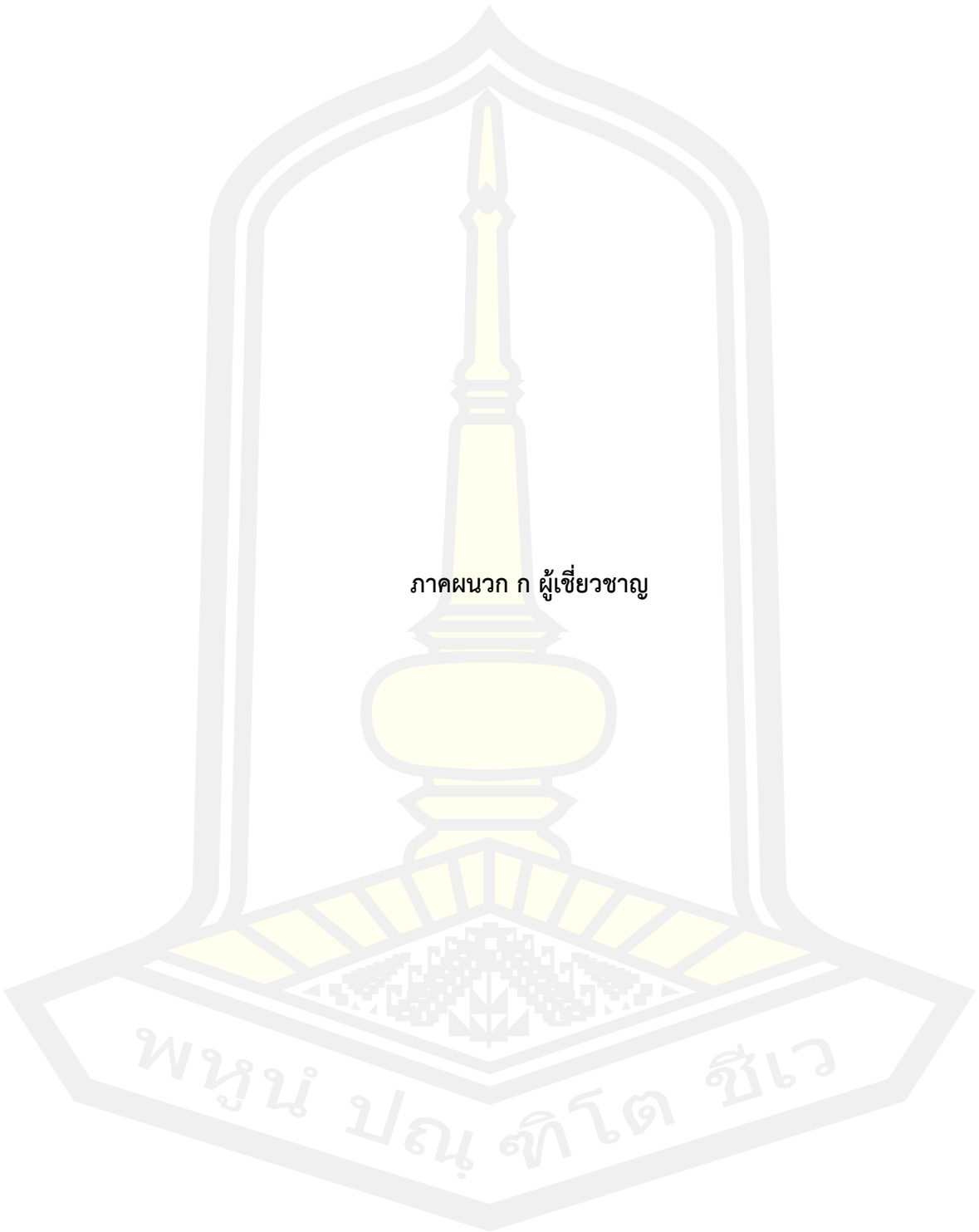
Stewart, J., Cartier, J. L., and Passmore, C. M. (2005). *Developing understanding through model-based inquiry*. The National Academies Press.

Tosi, H. L., and Carroll, S. J. (1982). *Management (2nd ed.)*.

Vasilyev, V. (2010). Towards interactive 3D graphics in chemistry publications. *Theoretical Chemistry Accounts*, *125*(3–6), 173–176.

Westbrook, S. L., and Marek, E. A. (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(8), 649–660.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

(1) นางสาวนัณฑณา นาตรีชน กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

(2) ผศ.ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(3) นางปัทมา อินทวัน กศ.ม. (บริหารการศึกษา) ครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ตำแหน่งครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

(4) ผศ.ดร. วราพร เอราวรรณ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(5) ผศ.ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัย และพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

ที่ อว 0605.5(2)/ว400

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

4 กุมภาพันธ์ 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวนัณฑณา นาตรีชน

ด้วย นางสาวสิรภัทร สายเนตร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชากศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผศ.ดร. สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0952177755

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว207 วันที่ 19 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ

ด้วย นางสาวสิรภัทร สายเนตร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ที่ อว 0605.5(2)/ว207

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางปัทมา อินทวัน

ด้วย นางสาวสิรภัทร สายเนตร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0952177755

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว207 วันที่ 19 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอราวรรณ์

ด้วย นางสาวสิรภัทร สายเนตร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว207 วันที่ 19 มกราคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวสิรภัทร สายเนตร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง และความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชูกำแพง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม4 ว32244
หน่วยการเรียนรู้ที่ 15 ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบน้ำเหลือง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ จำนวน 1 คาบ (50 นาที)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานที่ 4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสาร และการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

3. สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะมีการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง ในขณะที่สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อนจะมีระบบหมุนเวียนเลือดทำหน้าที่ ลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ระบบหมุนเวียนเลือดมี 2 แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด พบในสัตว์จำพวกหอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด พบในไส้เดือนดิน สัตว์มีกระดูกสันหลัง รวมทั้งมนุษย์

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านพุทธิพิสัย (Knowledge : K)

1. นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้

ด้านทักษะพิสัย (Process : P)

2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้

ด้านจิตพิสัย (Affective : A)

3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้

5. สาระการเรียนรู้

การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้ภาพนำบทในหนังสือเรียนจากนั้นใช้คำถามเพิ่มเติมดังนี้

- การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอย่างไร สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างของร่างกายต่างกันจะมีกระบวนการลำเลียงสารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ : แตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย)

1.2 ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ ให้เวลา 10 นาที ในการศึกษาโดยเน้นให้นักเรียนตั้งใจอ่าน เพื่อนำความรู้ที่ได้ตอบคำถามชิงคะแนน

1.3 ครูให้นักเรียนเล่นเกมส์ตอบคำถามชิงคะแนน โดยครูถามคำถามหากนักเรียนคนใดตอบได้ให้ออกมาตอบคำถาม และอธิบายคำตอบให้ครู และเพื่อนฟังหน้าห้องเรียน

คำถาม

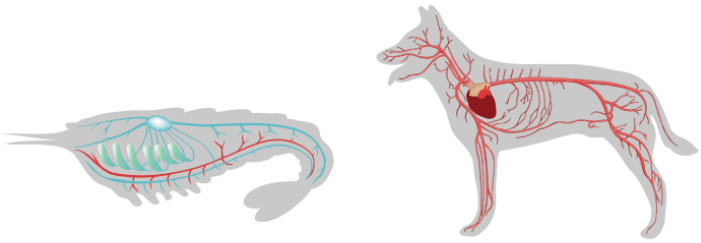
- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม มีวิธีการลำเลียงสารอย่างไร (แนวคำตอบ : สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการรับสารที่เซลล์ต้องการ และกำจัดสารที่เซลล์ไม่ต้องการผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ซึ่งสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง)

- ฟองน้ำ และไฮดรามีระบบหมุนเวียนเลือดในการลำเลียงสารหรือไม่ อย่างไร (แนวคำตอบ : ฟองน้ำ และไฮดราไม่มีระบบหมุนเวียนเลือดในการลำเลียงสารเนื่องจาก ฟองน้ำ ประกอบด้วยเซลล์ที่รวมกลุ่มกัน แต่ยังไม่เป็นเนื้อเยื่ออย่างแท้จริง ส่วนไฮดรามีเนื้อเยื่อ 2 ชั้น โดยสารต่าง ๆ แพร่จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่เซลล์โดยตรง)

- พลานาเรียมีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนกว่าไฮดรา แต่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ทั้งที่มีวิธีการลำเลียง

สารเช่นเดียวกับไฮดรา เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ : เพราะแม้ว่าพลานาเรียจะเป็นสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่าไฮดรา แต่มีลำตัวแบนทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมากพอที่จะสามารถแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง และมีการลำเลียงสารระหว่างเซลล์ในร่างกาย)

1.4 ครูให้นักเรียนร่วมกันศึกษารูป เพื่อศึกษาโครงสร้างที่ใช้ในการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์เช่น กุ้ง และสุนัข และถามแนวคำถามดังนี้



ระบบหมุนเวียนเลือดของกุ้ง ระบบหมุนเวียนเลือดของสุนัข

- สัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายขนาดใหญ่ และซับซ้อน วิธีการลำเลียงสารอย่างไร (แนวคำตอบ : สัตว์ที่มีโครงสร้างของร่างกายขนาดใหญ่ และซับซ้อนจะอาศัยการแลกเปลี่ยนสารกับสิ่งแวดล้อม และการลำเลียงสารภายในร่างกายด้วยวิธีการที่ซับซ้อนกว่าการแพร่โดยตรง เนื่องจากสารต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น แก๊สออกซิเจนจะต้องใช้เวลานานในการแพร่จากภายนอกไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอย่างทั่วถึงจึงจำเป็นต้องมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยในการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างทั่วถึง และรวดเร็ว)

- หอย แมลง ไส้เดือนดิน ปลา และหนูมีการลำเลียงสารเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (แนวคำตอบ : แตกต่างกัน หอย และแมลง มีการลำเลียงสารโดยอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด ส่วนไส้เดือนดิน ปลา และหนูมีการลำเลียงสารโดยอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

1.5 ครูให้นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดตามคำอธิบายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิดของสัตว์ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ใช้ใบความรู้เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ที่ครูให้หรือสืบค้นข้อมูลมาสรุปเป็นองค์ความรู้ตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยให้ออกแบบรูปแบบในการนำเสนอข้อมูลเป็นแบบจำลองทางความคิด ซึ่งแสดงแนวคิดของระบบหรือกระบวนการโดยใช้ภาพเขียนหรือภาพวาด แสดงโครงสร้างของระบบมาโดยสังเขปตามความเข้าใจของนักเรียนเพื่ออธิบายให้ครู และเพื่อนคนอื่นเข้าใจ

ขั้นที่ 2 ประเมิน และทบทวนแนวคิด

2.1 ครูให้นักเรียนนำเสนอแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่ออธิบายการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิด

2.2 นักเรียน และครูร่วมกันประเมินแบบจำลองที่นำเสนอว่ามีความเหมาะสม ถูกต้อง และมีข้อบกพร่องในส่วนใดบ้าง โดยการสอบถามนักเรียนที่นำเสนองาน

2.3 ครู และนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ ถ้าหากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ไม่สามารถอธิบายระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิด

ได้ดีมากเพียงพอหรือแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ให้นักเรียนทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของนักเรียน

2.4 ครูให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม

- แมลงจำเป็นต้องใช้ระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อลำเลียงแก๊สออกซิเจนหรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวคำตอบ : ไม่จำเป็น เพราะ แมลงมีการลำเลียงแก๊สออกซิเจนผ่านระบบท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอยนำ แก๊สออกซิเจนไปยังเซลล์โดยตรง)

- ไส้เดือนดินอาศัยในดินที่ชื้น เซลล์ของร่างกายจึงมีโอกาสสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา ทำให้เซลล์สามารถแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง เพราะเหตุใดไส้เดือนดินจึงยังจำเป็นต้องมีระบบหมุนเวียนเลือด ขณะที่พลานาเรียหรือกลุ่มหนอนตัวแบนไม่ต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือด (แนวคำตอบ : เพราะไส้เดือนดินมีขนาดตัวที่ใหญ่กว่าพลานาเรีย การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมสามารถเกิดขึ้นได้สำหรับเซลล์ที่อยู่ด้านนอก ขณะที่เซลล์ด้านในจำเป็นต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือดเพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้ทั่วถึง ส่วนพลานาเรียมีขนาดเล็กสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สได้ทั่วถึงโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยระบบหมุนเวียนเลือด)

2.5 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์เป็นรายบุคคล เป็นแบบทดสอบถูกผิด 4 ข้อ ให้นักเรียนทำ และเฉลยพร้อมกัน เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้ทราบคำตอบร่วมกัน

7. การวัดผล ประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การผ่านการประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายและเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้ (K)	ประเมินจากแบบทดสอบเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	แบบทดสอบ เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	นักเรียนผ่านการประเมินในระดับดีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 70 (7 คะแนนขึ้นไป)
2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้ (P)	แบบประเมินด้านทักษะพิสัย (Process : P) การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติกิจกรรม การสร้างแบบจำลอง เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	แบบประเมินการสร้างแบบจำลองเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	นักเรียนผ่านเกณฑ์ประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองได้คะแนนร้อยละ 70 ขึ้นไป
3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้ (A)	แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective : A) การสังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และความใฝ่เรียนรู้	แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และความใฝ่เรียนรู้	นักเรียนผ่านการประเมินในระดับดีขึ้นไป (2 คะแนนขึ้นไป)

8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้ /วัสดุอุปกรณ์

8.1 ใบความรู้เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

8.2 ใบงานเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

8.2 แบบทดสอบหลังเรียน เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

8.3 power point เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

9. เอกสารอ้างอิง

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

10.2 ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องพัฒนา

.....

.....

.....

10.3 ปัญหา และอุปสรรค์ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

10.4 แนวทางแก้ไข/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

.....

(นางสาวสิรภัทร สายเนตร)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

11. ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของครูพี่เลี้ยง

.....

.....

.....

ลงชื่อ

.....

(นางปัทมา อินทวัน)

ครูพี่เลี้ยง

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

12. ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของครูหัวหน้ากลุ่มสาระ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

.....

(นางประภัสศรี ภิรมย์)

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

13. ความคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้บริหาร/ฝ่ายวิชาการ

.....

.....

.....

ลงชื่อ

.....

(นางปญรจนี นาจอมเทียร)

รองผู้อำนวยการกลุ่มวิชาการ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

14. อื่นๆ เช่น แบบทดสอบ

ใบความรู้

เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

การลำเลียงสารต่าง ๆ อาทิ เช่น สารอาหาร ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ของเสีย และอื่น ๆ ภายในร่างกายของคน และสัตว์มีกระดูกสันหลังทั้งหลาย อาศัยระบบไหลเวียนซึ่งประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือดเป็นหลัก สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการลำเลียงสารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างของร่างกาย บางชนิดลำเลียงสารโดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง เช่น อะมีบา พารามีเซียม บางชนิดมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด เช่น สัตว์มีกระดูกสันหลัง

การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อน มีการลำเลียงสาร เช่น สารอาหาร แก๊ส และของเสีย โดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา และพลานาเรีย สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีเซลล์บริเวณผิวสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง การลำเลียงสารจึงเป็นการลำเลียงผ่านเซลล์โดยตรงซึ่งเพียงพอต่อการดำรงชีวิต

สัตว์ที่มีโครงสร้างซับซ้อน และมีขนาดใหญ่ เซลล์ที่อยู่ภายในร่างกายไม่ได้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรงจำเป็นต้องมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด

สัตว์มีระบบหมุนเวียนเลือด 2 แบบ คือ ถ้าเลือดไม่ได้ไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือดตลอดเวลา เรียกว่า ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด (open circulatory system) พบในสัตว์บางกลุ่ม เช่น หอย แมลง กุ้ง แต่ถ้าเลือดมีการไหลเวียนในหลอดเลือดตลอดเวลาเรียกว่า ระบบหุนเวียนเลือดแบบปิด (closed circulatory system) พบในสัตว์บางกลุ่ม เช่น ไส้เดือนดิน สัตว์มีกระดูกสันหลัง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

ใบงานที่ 1

เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ โดยให้ออกแบบรูปแบบในการนำเสนอข้อมูลเป็นแบบจำลองทางความคิด ซึ่งแสดงแนวคิดของระบบหรือกระบวนการโดยใช้ภาพเขียนหรือภาพวาด แสดงโครงสร้างของระบบอธิบายเรื่องระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน

ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด

ระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

คำถามท้ายกิจกรรม

1. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด

.....

.....

.....

.....

.....

2. อธิบายความหมายของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

.....

.....

.....

.....

.....

3. อธิบายความแตกต่างของระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด และแบบเปิด

.....

.....

.....

.....

.....

4. ยกตัวอย่างสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด

.....

.....

.....

.....

.....

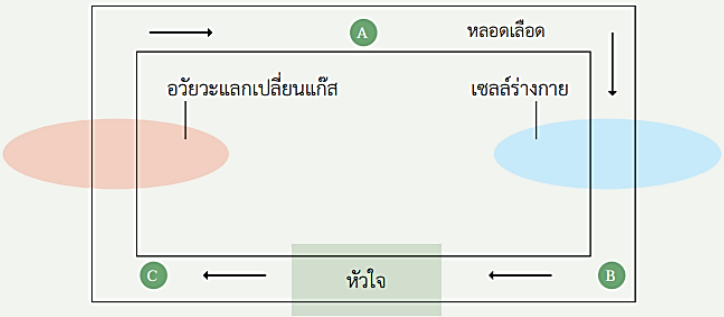
ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบทดสอบ

เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

คำชี้แจง : จงตอบคำถามต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีระบบหมุนเวียนเลือดดังรูป



1. จากรูปสิ่งมีชีวิตมีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดหรือแบบปิด เพราะเหตุใด

ตอบ .....

.....

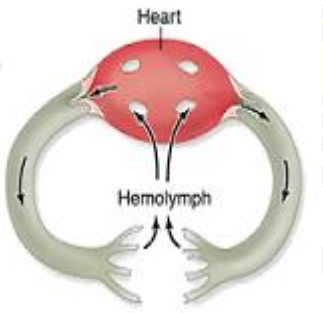
2. จากรูป A B และ C บริเวณใดบ้างที่มีแก๊สออกซิเจนในหลอดเลือดสูง เพราะเหตุใด

ตอบ .....

.....

.....

สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีระบบหมุนเวียนเลือดดังรูป



3. จากรูปสิ่งมีชีวิตมีระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดหรือแบบปิด เพราะเหตุใด

ตอบ .....

.....

4. ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่มีระบบหมุนเวียนเลือดดังรูป

ตอบ .....

.....

.....

แบบประเมินแบบทดสอบด้านพุทธิพิสัย (Knowledge : K) เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

ด้านพุทธิพิสัย (K) : นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน (ข้อละ 2 คะแนน)				ผลประเมิน		หมายเหตุ
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน (ข้อละ 2 คะแนน)				ผลประเมิน		หมายเหตุ
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ผ่าน	ไม่ผ่าน	
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								

ผู้ผ่านเกณฑ์ต้องได้คะแนน 6 คะแนนขึ้นไป จากทั้งหมด 8 คะแนน

หมายเหตุ : นักเรียน ขาดเรียน ใช้สัญลักษณ์ ข

นักเรียน ลาเรียน ใช้สัญลักษณ์ ล

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนนด้านพุทธิพิสัย (Knowledge : K) แบบทดสอบเรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ด้านพุทธิพิสัย (K) : นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ความถูกต้องของเนื้อหาคำตอบ	บอกคำตอบถูกต้องและเขียนอธิบายคำตอบได้ เข้าใจง่ายและครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด	บอกคำตอบไม่ถูกต้องและไม่เขียนอธิบายคำตอบ	ไม่บอกคำตอบใด ๆ และไม่เขียนอธิบายคำตอบ

เกณฑ์การให้คะแนน (8 คะแนน)
ผู้ผ่านเกณฑ์ต้องได้คะแนน 6 คะแนนขึ้นไป จากทั้งหมด 8 คะแนน จึงจะผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

แบบประเมินด้านทักษะพิสัย (Process : P) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์

ด้านทักษะพิสัย (P) : . นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้

คำชี้แจง : ให้บันทึกคะแนนลงในช่องคะแนน โดยให้คะแนนลงในตารางที่ตรงกับรายการประเมินตามความเป็นจริงจากการทำกิจกรรมของนักเรียน

เลขที่	ชื่อสกุล	ระดับคะแนนรายการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง				รวม (คะแนนเต็ม 16)
		ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือ ปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือ ปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

เลขที่	ชื่อสกุล	ระดับคะแนนรายการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง				รวม (คะแนนเต็ม 16)
		ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะพิสัย (Process : P) แบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง
เรื่อง การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์
ด้านทักษะพิสัย (P) : . นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดแสดงการเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดของสัตว์ได้
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับ หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ครบถ้วน ถูกต้องและชัดเจน	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ครบถ้วน ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ครบถ้วน แต่ชัดเจน	คำอธิบายไม่มีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1 -2 หลักการ	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ	ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่ศึกษา
ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน แต่ไม่ชัดเจน	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้ไม่ถูกต้องแต่ชัดเจน	แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ

แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective : A) การสังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และความใฝ่เรียนรู้

ด้านจิตพิสัย (A) : นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง : ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องคะแนน โดยให้คะแนนลงในตารางที่ตรงกับรายการประเมินตามความเป็นจริงจากการทำกิจกรรมของนักเรียน

เกณฑ์การประเมิน / ชื่อ-สกุล	ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย				ความใฝ่เรียนรู้				รวม	คุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	
	3	2	1	0	3	2	1	0	6	4	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
16.												
17.												
18.												
19.												

เกณฑ์การประเมิน / ชื่อ-สกุล	ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย				ความใฝ่เรียนรู้				รวม	คุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	
	3	2	1	0	3	2	1	0	6	4	ผ่าน	ไม่ผ่าน
20.												
21.												
22.												
23.												
24.												
25.												
26.												
27.												
28.												
29.												
30.												
31.												

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เกณฑ์การให้คะแนนด้านจิตพิสัย (Affective : A) การสังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และความใฝ่เรียนรู้

ด้านจิตพิสัย (A) : นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย และมีความใฝ่เรียนรู้

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติหน้าที่ และงานที่ได้รับมอบหมาย และส่งงานตามเวลาที่กำหนด	นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติหน้าที่ และงานที่ได้รับมอบหมาย แต่ส่งงานไม่ตรงเวลาที่กำหนด	นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติหน้าที่ งานที่ได้รับมอบหมาย แต่ส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด	นักเรียนไม่มีความรับผิดชอบต่อการปฏิบัติหน้าที่ และส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด
ความใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ในคาบเรียนเป็นประจำ	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ในคาบเรียนบ่อยครั้ง	เข้าเรียนตรงเวลา ตั้งใจเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ในคาบเรียนเป็นบางครั้ง	ไม่ตั้งใจเรียน ไม่ศึกษาค้นคว้าหาความรู้

เกณฑ์การให้คะแนน (6 คะแนน)

คะแนน 5 - 6 คะแนนคิดเป็นระดับคุณภาพ 4 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 3 - 4 คะแนนคิดเป็นระดับคุณภาพ 3 หมายถึง ดี

คะแนน 1 - 2 คะแนนคิดเป็นระดับคุณภาพ 2 หมายถึง พอใช้

คะแนน 0 คะแนนคิดเป็นระดับคุณภาพ 1 หมายถึง ปรับปรุง

หมายเหตุ : นักเรียนผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีขึ้นไป (3 คะแนนขึ้นไป)

ตัวอย่างแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

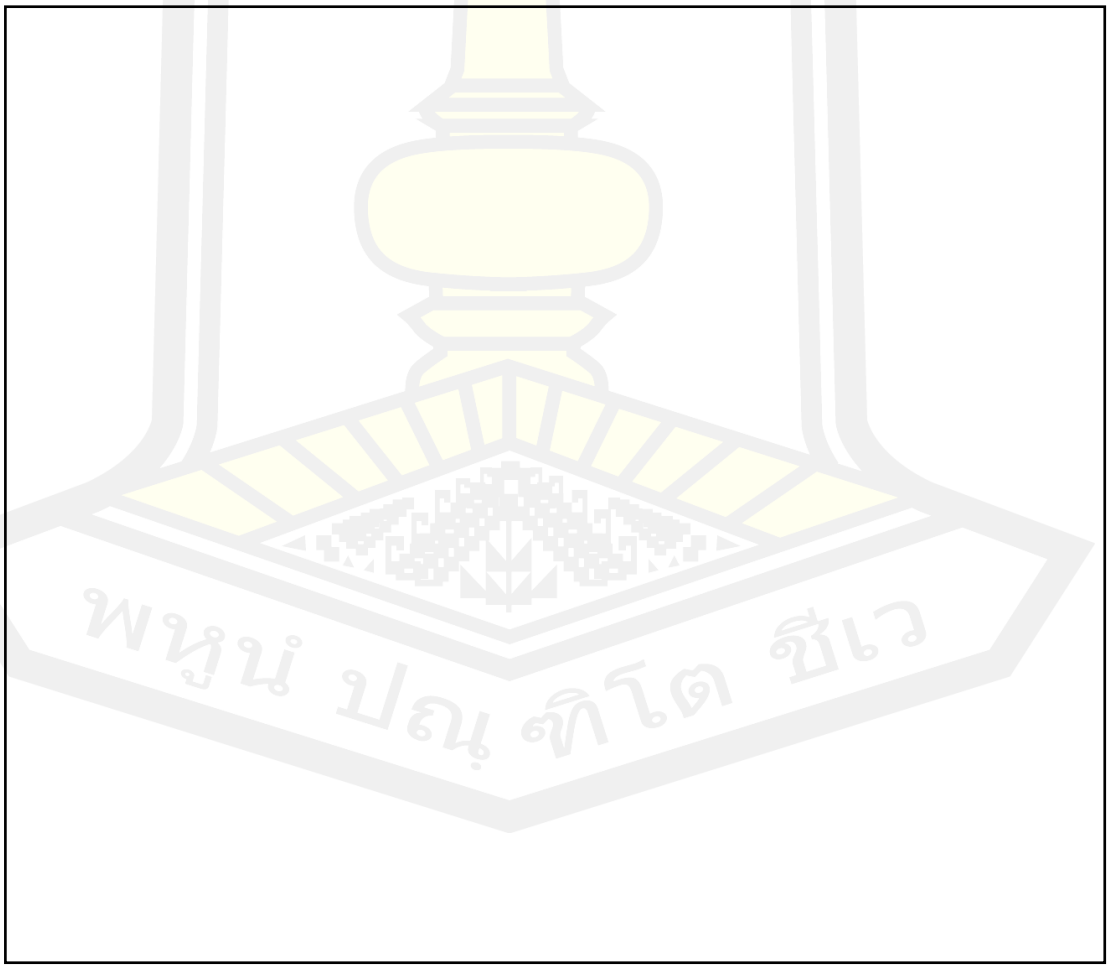
ใบงานที่ 2

เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองทางความคิดเพื่ออภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ การทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ โดยให้ออกแบบรูปแบบในการนำเสนอข้อมูลเป็นแบบจำลองทางความคิด ซึ่งแสดงแนวคิดของระบบหรือกระบวนการโดยใช้ภาพเขียนหรือภาพวาด แสดงโครงสร้างของระบบมาโดยสังเขปตามความเข้าใจของนักเรียน

กำหนดให้ ภายในแบบจำลองต้องมีส่วนประกอบดังนี้ หลอดเลือดเอออร์ตา ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ หลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอร์รี ลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ หลอดเลือดพัลโมนารีเวน เอเทรียมซ้าย ลิ้นไบคัสปิด เวนทริเคิลซ้าย หลอดเลือดซูพีเรียเวนาคาวา เอเทรียมขวา ลิ้นไตรคัสปิด หลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวา เวนทริเคิลขวา

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ .....

.....

.....

.....

2. “หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ” ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้าย ควรทำหน้าที่ใด

ตอบ .....

.....

.....

.....

3. หัวใจที่มีความสัมพันธกับเลือดที่ใชแล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจหองใด

ตอบ .....

.....

.....

.....

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ .....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบประเมินแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

คำชี้แจง : ให้บันทึกคะแนนลงในช่องคะแนน โดยให้คะแนนลงในตารางที่ตรงกับรายการประเมินตามความเป็นจริงจากการทำกิจกรรมของนักเรียน

เลขที่	ชื่อสกุล	ระดับคะแนนรายการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง				รวม (คะแนนเต็ม16)
		ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						

เลขที่	ชื่อสกุล	ระดับคะแนนรายการประเมินทักษะการสร้างแบบจำลอง				รวม (คะแนนเต็ม16)
		ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง และชัดเจน	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	คำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน	คำอธิบายไม่มีความ สอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
ความสอดคล้องระหว่างภาพวาดกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	ภาพวาดมีความสอดคล้องกับหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 1-2 หลักการ	ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา 3-4 หลักการ	ภาพวาดไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์หลักของหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่ศึกษา
ความสอดคล้องระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาแต่มีบางส่วนไม่สอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด	เขียนคำอธิบายไม่สอดคล้องกับภาพวาด
การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	แบบจำลองมีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองแต่ไม่ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน	แบบจำลองไม่มีการระบุองค์ประกอบ

ตัวอย่างแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองด้านกระบวนการ

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง เป็นลักษณะโมเดลทางกายภาพเพื่อให้เห็นรูปร่าง รูปทรงของโครงสร้างหัวใจ โดยใช้มาตราส่วนขยายใหญ่จากของจริง โดยใช้รูปแบบจากแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ครูเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียนในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้เท่านั้น

จุดประสงค์

1. สร้างแบบจำลองแสดงโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ การทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

วัสดุ และอุปกรณ์

1. กระดาษแข็งสีแดง 1 แผ่น
2. กระดาษแข็งสีน้ำเงิน 1 แผ่น
3. กระดาษแข็งสีน้ำตาล 1 แผ่น
4. แผ่นโฟม
5. กาว 2 หน้า

กำหนดให้ ภายในแบบจำลองต้องมีส่วนประกอบดังนี้ หลอดเลือดเอออร์ตา ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ หลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอร์รี ลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ หลอดเลือดพัลโมนารีเวน เอเทรียมซ้าย ลิ้นไบคัสปิด เวนทริเคิลซ้าย หลอดเลือดซูพีเรียเวนาคาวา เอเทรียมขวา ลิ้นไตรคัสปิด หลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวา เวนทริเคิลขวา

วิธีการทำ

1. ให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง เป็นลักษณะโมเดลทางกายภาพเพื่อให้เห็นรูปร่าง รูปทรงของโครงสร้างหัวใจ โดยใช้มาตราส่วนขยายใหญ่จากของจริง
2. เขียนคำอธิบายส่วนประกอบ โดยชี้ให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ที่นักเรียนสร้าง

ตัวอย่างแบบประเมินแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองด้านกระบวนการ

ลำดับที่	พฤติกรรม	ระดับคะแนน			
		4 (ระดับดีมาก)	3 (ระดับดี)	2 (ระดับพอใช้)	1 (ระดับปรับปรุง)
1. การสร้างแบบจำลอง					
1.	แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์				
2.	แบบจำลองระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ				
3.	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลอง				
2. การใช้แบบจำลอง					
1.	ใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์				
2.	สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อย				
3.	สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์				
3. การเปรียบเทียบ และประเมิน					
1.	สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่น				

ลำดับที่	พฤติกรรม	ระดับคะแนน			
		4 (ระดับดีมาก)	3 (ระดับดี)	2 (ระดับพอใช้)	1 (ระดับปรับปรุง)
2.	สามารถประเมินว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี				
3.	สามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลอง				
4. การปรับปรุงแบบจำลอง					
1.	ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์				
2.	ปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์				
3.	ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมทั้งแนวทางปรับปรุงพัฒนา				

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองด้านกระบวนการ

ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง		
	1. การสร้างแบบจำลอง		
	1. แบบจำลองสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	2. แบบจำลองระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ	3. ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลอง
4	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีกฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง ครบถ้วน	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ครบทุกองค์ประกอบ	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองตรงตามเวลาที่กำหนด ส่งงานตามเวลาที่กำหนด
3	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตาม เวลาที่กำหนด นักเรียนส่ง งานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 1 วัน
2	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้แต่ไม่ถูกต้อง	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุองค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตามเวลาที่กำหนด นักเรียนส่งงานช้ากว่าเวลาที่กำหนด 2-3 วัน
1	นักเรียนสร้างแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐาน	นักเรียนสร้างแบบจำลองได้ครอบคลุม และระบุ	ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองไม่ตรงตาม เวลาที่

	ทฤษฎี กฎ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	องค์ประกอบของปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป	กำหนดนักเรียนส่งงานช้า 1 สัปดาห์จากเวลาที่กำหนด
ระดับคะแนน	2. การใช้แบบจำลอง		
	1. ใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับ หลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	2. สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างการวิเคราะห์ จุดเด่น และจุดด้อย	3. สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์
4	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับ หลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจน	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจน	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง และชัดเจน
3	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับ หลักฐาน ทฤษฎีกฎหรือปรากฏการณ์ที่นักเรียนจะ อธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
2	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับ หลักฐาน	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณา	นักเรียนสามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน

	ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง	ทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่ถูกต้อง	ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่ถูกต้อง
1	นักเรียนเลือกใช้แบบจำลองได้ไม่เหมาะสมกับ หลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ ที่นักเรียนจะอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ได้	นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองเพื่อพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่น และจุดด้อยของแบบจำลองที่ต่างกันในการอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้	นักเรียนไม่สามารถใช้แบบจำลองอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์เกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ได้
ระดับคะแนน	3. การเปรียบเทียบ และประเมิน		
	1. สามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแบบจำลองที่สร้างกับแบบจำลองอื่น	2. สามารถประเมินว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี	3. สามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลอง
4	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ และสามารถให้เหตุผลประกอบการ	นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้

	เปรียบเทียบได้		
3	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎีกฎ หรือปรากฏการณ์ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้	นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่า แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน
2	นักเรียนสามารถเปรียบเทียบแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบายหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่สามารถระบุข้อดี ข้อเสียได้	นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ	นักเรียนสามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ไม่ถูกต้อง
1	นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นเพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้	นักเรียนไม่สามารถตัดสินได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ดี	นักเรียนไม่สามารถประเมินแบบจำลองที่นักเรียนสร้างโดยพิจารณาองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่ออธิบายหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้
ระดับคะแนน	4. การปรับปรุงแบบจำลอง		
	1. ปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	2. ปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสม เพื่อใช้ในการอธิบาย หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์	3. ระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งแนวทางปรับปรุงพัฒนา

4	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้องครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการอธิบายหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ให้มีความถูกต้อง ครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง และชัดเจนครบถ้วนในทุกองค์ประกอบ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป
3	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีกฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการอธิบายหลักการ ทฤษฎีกฎหรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน และเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป
2	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีกฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการอธิบายหลักการ ทฤษฎีกฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 3-4 องค์ประกอบ	นักเรียนมีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน แต่ไม่มีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป
1	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป	นักเรียนมีการปรับปรุงแบบจำลองให้เหมาะสมเพื่อใช้ในการอธิบายหลักการ ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์แต่ไม่ถูกต้อง 4 องค์ประกอบขึ้นไป	นักเรียนไม่มีการระบุจุดเด่นหรือข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้น และไม่มีการเสนอแนะแนวทางเพื่อปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองในครั้งต่อไป

ตัวอย่างแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ-สกุล .....ชั้น.....เลขที่.....

แบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง ส่วนประกอบของเลือด หมู่เลือด และการให้เลือด และระบบน้ำเหลือง

รายวิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีจำนวน 15 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 30 นาที
2. แบบทดสอบแต่ละข้อประกอบด้วย 2 ส่วน
    - ส่วนที่1 เป็นแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X หน้าข้อที่เลือกตอบ
    - ส่วนที่2 เป็นการอธิบายเหตุผลที่เลือกตอบ
3. เกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อ ดังนี้
    - คำตอบถูกต้อง และสมบูรณ์ ได้ 3 คะแนน
    - คำตอบถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ได้ 2 คะแนน
    - คำตอบถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน ได้ 1 คะแนน
    - คำตอบคลาดเคลื่อนทั้งหมด ได้ 0 คะแนน
    - ไม่ทำแบบวัด ได้ 0 คะแนน
4. ผลการทดสอบของนักเรียนจะใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชา ชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

**********ขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือ**********

1. ในสภาวะปกติ ข้อใดกล่าวถึงเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ถูกต้อง

1. มีนิวเคลียสเป็นพู ๆ 2. มีจำนวนมาก

3. ไม่มีนิวเคลียส ตรงกลางบุ๋ม 4. ส่วนมากมีขนาดใหญ่

5. มีขนาดเล็ก 6. มีจำนวนน้อย

ก. 1 2 3

ข. 3 5 6

ค. 1 4 5

ง. 2 3 5

เลือกข้อ .....เพราะ.....

.....

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. น้ำเลือดจะลำเลียงสารต่าง ๆ ทั้งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ สารอาหาร ฮอร์โมน

ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีพิโนไซโทซีส

ค. เพลตเลตทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

ง. เซลล์เม็ดเลือดแดง 1 โมเลกุลจะจับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

3. เมื่อเกิดบาดแผลวิตามิน K และแคลเซียมกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงใดที่ส่งผลให้เกิดการแข็งตัวของเลือด

ก. Prothrombin ⟶ thrombin

ข. Platelet ⟶ Fibrin

ค. Fibrinogen ⟶ Fibrin

ง. Prothrombin ⟶ Platelet

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

4. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด เพราะเหตุใด

ก. เซลล์เม็ดเลือดแดง รูปร่างกลมแบน ตรงกลางบุ๋ม

ข. การตรวจหาปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวช่วยในการวินิจฉัยโรคได้ กรณีร่างกายได้รับเชื้อหรือสิ่งแปลกปลอมจะตรวจพบปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น

ค. เกล็ดเลือดเป็นเซลล์ชนิดหนึ่ง เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการห้ามเลือด

ง. เซลล์เม็ดเลือดขาวมีนิวเคลียส เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส เกล็ดเลือดไม่ใช่เซลล์

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

5. ข้อใดจับคู่โรคที่เกิดจากความผิดปกติของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด ไม่ถูกต้อง

ก. เกล็ดเลือด - โรคฮีโมฟีเลีย (hemophilia)

ข. เซลล์เม็ดเลือดขาว - โรคลิวคีเมีย (leukemia)

ค. เซลล์เม็ดเลือดแดง -โรคธาลัสซีเมีย (Thalassemia)

ง. เกล็ดเลือด - โรคโลหิตจางชนิดซิกเคิลเซลล์

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

6. ลิงแสมมีหมู่เลือด ABO เช่นเดียวกับคน ถ้านำซีรัมของลิงที่มีหมู่เลือด A มาทดสอบกับเซลล์เม็ดเลือดแดงของคนที่มีหมู่เลือด A, B, AB และ O จะได้ผลดังข้อใด หมายเหตุ + = ตกตะกอน และ - = ไม่ตกตะกอน

	การจับรวมตัวของเซลล์เม็ดเลือดแดง			
	คนที่มีหมู่เลือด A	คนที่มีหมู่เลือด B	คนที่มีหมู่เลือด AB	คนที่มีหมู่เลือด O
ก.	-	-	-	-
ข.	-	+	-	-
ค.	+	-	+	-
ง.	-	+	-	+

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

7. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการให้ และการรับเลือด เพราะเหตุใด

ก. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

ข. แอนติเจนของผู้ให้ ต้องตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ

ค. ถ้าแอนติบอดีจับกับแอนติเจนแล้วทำให้เซลล์ของเม็ดเลือดแดงเกาะกันเป็นก้อน และตกตะกอนจึงจะถือว่าการให้ และรับเลือดสำเร็จ

ง. แอนติเจนอยู่ในพลาสมา ส่วนแอนติบอดีอยู่บนผิวของเซลล์เม็ดเลือดแดง

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

8. จากการตรวจกรุ๊ปเลือดของ สาว ใส สุด สวย ได้ผลดังตาราง

	Anti - A	Anti - B
สาว	-	+
ใส	+	+
สุด	-	-
สวย	+	-

หมายเหตุ + = ตกตะกอน และ - = ไม่ตกตะกอน

การให้ และรับเลือดในข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. สาวให้เลือดแก่ใสได้

ข. ใสสามารถรับเลือดจากสาว สุด และสวยได้

ค. สุดไม่สามารถให้เลือดแก่สวยได้

ง. สวยไม่สามารถให้เลือดแก่สาวได้

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

9. พ่อแม่คู่ใดมีโอกาสสูงที่จะได้ลูกคนถัดไปเป็นโรคโลหิตจาง (erythroblastosis)

	พ่อ	แม่	ลูก
ก.	Rh^+	Rh^-	Rh^+
ข.	Rh^-	Rh^+	Rh^+
ค.	Rh^+	Rh^+	Rh^-
ง.	Rh^-	Rh^-	Rh^+

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

10. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับกลไกการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ เพราะเหตุใด

ก. เมื่ออากาศร้อน – อุณภูมิร่างกายสูงกว่าปกติ - อัตราเมแทบอลิซึมลดลง - อุณภูมิร่างกายลดลง -อุณภูมิร่างกายปกติ

ข. เมื่ออากาศหนาว -ต่อมเหงื่อไม่สร้างเหงื่อเส้นขนตั้งชันขึ้น (ขนลุก) ลดการระบายความร้อน – อุณภูมิร่างกายเพิ่มขึ้น - อุณภูมิร่างกายปกติ

ค. เมื่ออากาศร้อน – ต่อมเหงื่อสร้างเหงื่อ – เส้นขนเอนราบเพิ่มการระบายความร้อน - อุณภูมิร่างกายลดลง - อุณภูมิร่างกายปกติ

ง. เมื่ออากาศหนาว – หลอดเลือดขยายตัว – อัตราเมแทบอลิซึมลดลง - อุณภูมิร่างกายลดลง - อุณภูมิร่างกายปกติ

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

11. เกี่ยวกับระบบน้ำเหลืองข้อใดไม่ถูกต้อง

ก. น้ำเหลืองเป็นของเหลวที่ซึมผ่านผนังเส้นเลือดฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์หรือรอบ ๆ เซลล์

ข. ท่อน้ำเหลืองเป็นท่อตันมีอยู่ทั่วร่างกายมีขนาดต่าง ๆ กัน และมีลิ้นกั้นป้องกันการไหลย้อนกลับ

ค. อวัยวะน้ำเหลือง เป็นศูนย์กลางในการผลิตเซลล์ที่ใช้ในการต่อต้านเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอม

ง. การที่น้ำเหลืองจะไหลไปตามท่อน้ำเหลืองได้ต้องอาศัยการบีบตัวของหัวใจ

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

12. หลอดน้ำเหลืองฝอยต่างจากหลอดเลือดฝอยในข้อใด

ก. ของเหลวในหลอดน้ำเหลืองฝอยมีความดันมากกว่า

ข. หลอดน้ำเหลืองฝอยมีปลายปิด แต่หลอดเลือดฝอยมีปลายเปิด

ค. หลอดน้ำเหลืองฝอยทำให้สาร และของเหลวผ่านได้น้อยกว่า

ง. หลอดน้ำเหลืองฝอยเหมือนกันกับหลอดเลือดฝอย ไม่มีความแตกต่างกัน

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

13. ข้อใดเป็นเหตุการณ์หากหลอดน้ำเหลืองอุดตัน

ก. เชื้อโรคจะไม่ถูกดักจับที่ต่อมน้ำเหลืองจึงเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดได้อย่างรวดเร็ว

ข. การหมุนเวียนเลือดผิดปกติ เนื่องจากเชื้อโรคเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด

ค. เกิดอาการบวมเฉพาะที่ของร่างกายเช่น แขน และขา

ง. น้ำหนักลดอย่างรวดเร็ว เนื่องจากทำให้ระบบการเผาผลาญในร่างกายถดถอยลง ทำให้การดูดซึมอาหารเป็นไปได้อย่างไม่สมบูรณ์

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

14. การไหลเวียนของน้ำเหลืองในระบบน้ำเหลืองกับการไหลเวียนของเลือดในระบบหมุนเวียนเลือดเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ก. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนเข้าสู่หัวใจเท่านั้น

ข. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียนออกสู่หัวใจเท่านั้น

ค. แตกต่างกัน ในหัวข้อการไหลเวียน เข้า และออกจากหัวใจ

ง. เหมือนกัน

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

15. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับระบบน้ำเหลือง เพราะเหตุใด

ก. น้ำเหลืองต่างจากพลาสมาเพราะมีมีโปรตีนขนาดใหญ่จำนวนน้อยกว่า

ข. หลอดน้ำเหลืองมีลิ้นกั้นซึ่งคล้ายกับหลอดเลือดเวน

ค. ต่อมน้ำเหลือง พบเซลล์นิวโทรฟิลล์อยู่เป็นจำนวนมาก ทำหน้าที่กรองน้ำเหลือง และทำลายสิ่งแปลกปลอมที่มากับน้ำเหลือง

ง. การลำเลียงน้ำเหลืองในหลอดน้ำเหลืองเป็นการนำน้ำเหลืองกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดจะมีทิศทางการไหลเข้าสู่หัวใจ

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. น้ำเลือดจะลำเลียงสารต่าง ๆ ทั้งออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ สารอาหาร ฮอร์โมน

ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีพิโนไซโทซีส

ค. เพลตเลตทำหน้าที่เกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด

ง. เซลล์เม็ดเลือดแดง 1 โมเลกุลจะจับออกซิเจนได้ 4 โมเลกุล

เลือกข้อ .....เพราะ .....

.....

ระดับความเข้าใจมโนมติ	ลักษณะคำตอบ	คะแนน
ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูก และการให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญในแต่ละแนวคิด	ตอบ ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีพิโนไซโทซีส เพราะ เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีฟาโกไซโทซีส ไม่ใช่วิธีพิโนไซโทซีส	3
ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกต้องและการให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน	ตอบ ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีพิโนไซโทซีส เพราะ เซลล์เม็ดเลือดขาว ทำหน้าที่ต่อต้านและทำลายเชื้อโรค หรือสิ่งแปลกปลอมในระบบภูมิคุ้มกัน	2
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS) หมายถึง คำตอบของนักเรียนถูกบางส่วนแต่บางส่วนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน	ตอบ ข. เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีพิโนไซโทซีส เพราะ เซลล์เม็ดเลือดขาวจะทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายโดยวิธีแมโครฟาจ	1
ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative Conception: AC)	ตอบ ก., ค. หรือ ง. เพราะ นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบ	0

หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด		
ความไม่เข้าใจ (No Understanding: NU) หมายถึง คำตอบของนักเรียนไม่ตรงกับคำถามหรือนักเรียนไม่ตอบคำถาม	ตอบ - เพราะ นักเรียนไม่เขียนอธิบายคำตอบ	0

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ. ..... เวลา.....

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์นักเรียนแบบกึ่งโครงสร้าง เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำผลการสัมภาษณ์ไปสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน

1.1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

1.2 ในการจัดการเรียนรู้แต่ละคาบ นักเรียนมีวิธีการเรียนรู้อย่างไร เพื่อให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น

.....

.....

.....

.....

1.3 นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาในส่วนใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

2. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน

2.1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อสื่อหรือกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

2.2 เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมานักเรียนมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2.3 เมื่อแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นมาไม่สามารถอธิบายสิ่งที่นักเรียนต้องการอธิบายได้ดีมากเพียงพอ นักเรียนจะทำอย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้

3.1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ

.....

.....

.....

.....

3.2 นักเรียนคิดว่าเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ เหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3.3 นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาเรื่องการจัดสรรเวลาในการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

4. ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้นต่อการเรียนการสอน

4.1 นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ มีปัญหาหรืออุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

4.2 นักเรียนมีวิธีการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักเรียน อย่างไร

.....

.....

.....

.....

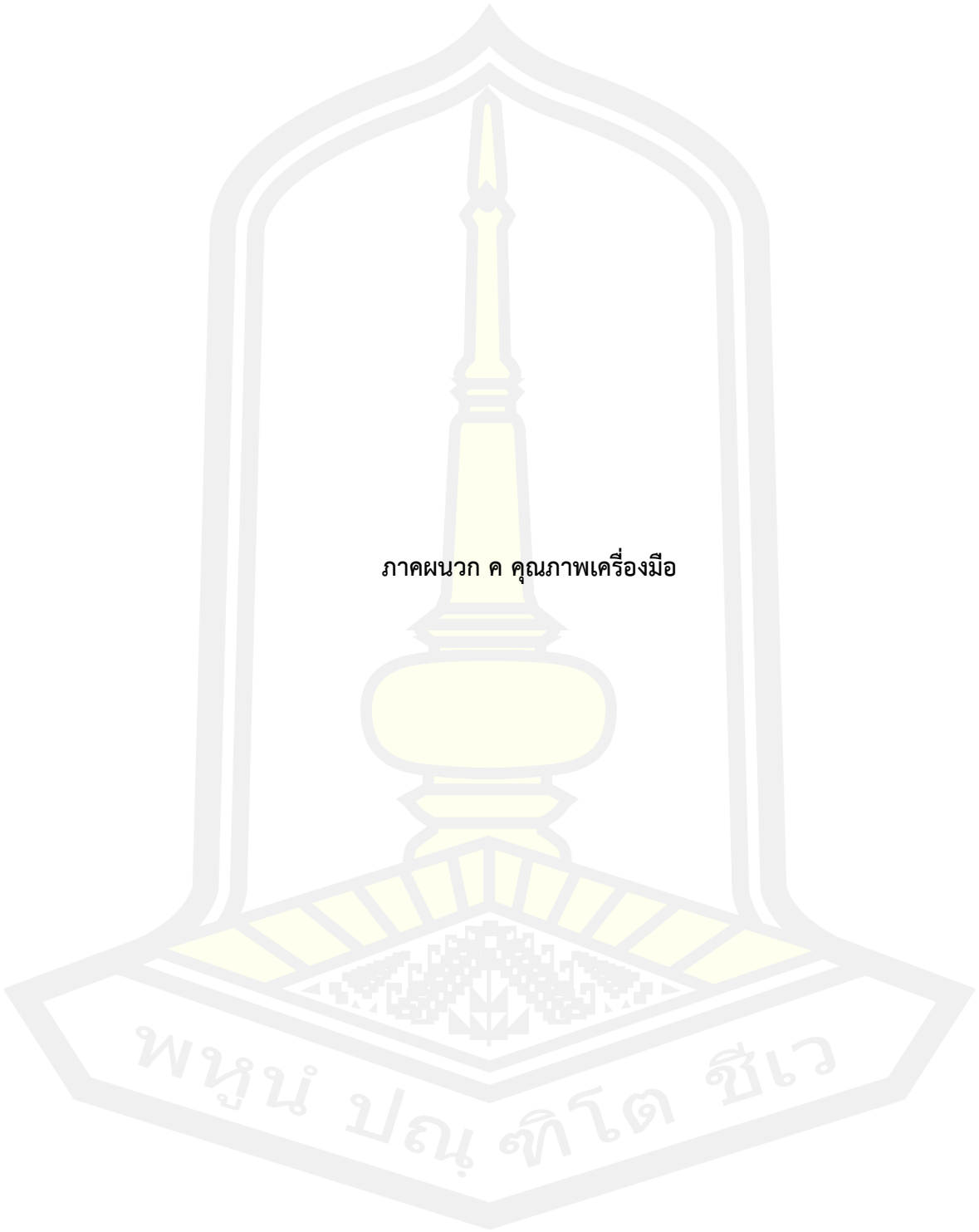
4.3 ข้อเสนอแนะต่อปัญหาหรืออุปสรรคที่อยากให้พัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

.....

.....

.....



ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือ

การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 31 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน**								
	แผนการจัดการเรียนรู้								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1. สาระสำคัญ									
1.1 ครอบคลุมจุดประสงค์ และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.8	4.6	4.4	4.8	4.2	4.8	5	5	5
1.2 สาระสำคัญมีความกะทัดรัด ได้ความชัดเจนสมบูรณ์	5	4.8	4.8	4.4	4.4	4.4	5	5	4.8
1.3 สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดในหลักสูตร	4.8	4.6	4.2	5	4.2	4.6	4.8	4.8	4.8
1.4 สาระสำคัญเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.6	4.8	4.2	4.8	4.6	4.8	4.8	5	5
2. จุดประสงค์การเรียนรู้									
2.1 ระบุความสามารถของผู้เรียนที่ต้องการพัฒนาได้	4.6	4.8	4.4	5	4.6	4.6	4.8	4.8	4.6
2.2 สามารถประเมินผลได้	4.4	4.8	4.6	4.8	4.4	4.6	4.6	4.8	4.6
2.3 จุดประสงค์เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.8	4.8	4.6	4.8

ตารางที่ 31 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน								
	แผนการจัดการเรียนรู้								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3. สาระการเรียนรู้									
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.8	4.8	4.4	4.8	4.2	4.4	4.8	4.8	4.8
3.2 บอกขอบข่ายของเนื้อหา	4.8	4.6	4.2	4.8	4.2	4.4	4.8	4.8	5
3.3 สาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง	4.8	4.8	4.4	4.8	4.6	4.6	5	4.8	4.8
4. การวัด และการประเมินผล									
4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.8	4.6	4.6	5	4.2	4.4	4.8	4.8	4.8
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.6	4.4	4.8	4.4	4.4	4.8	4.6	4.6
4.3 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.6	4.8	4.4	5	4.2	4.6	4.6	4.8	4.6
5. กิจกรรมการเรียนรู้									
5.1 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4.2	4.6	4.2	4.4	4.4	4.4	4.8	4.8	4.8
5.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.4	4.6	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.6	4.4
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.8	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.8	4.6

ตารางที่ 31 ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

รายการประเมิน	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน**								
	แผนการจัดการเรียนรู้								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
5.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.6	4.8	4.4	4.6	4.4	4.6	4.6	4.8	4.6
5.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.8	4.4	4.6	4.4
6. สื่อการเรียนการสอน									
6.1 สื่อการเรียนการสอนสอดคล้องกับการเรียนรู้	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.4	4.8	4.8	4.6
6.2 สื่อการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.4	4.8	4.6	4.6	4.6	4.8	4.8	4.6	4.8
เฉลี่ยรวม	4.63	4.51	4.44	4.75	4.42	4.57	4.75	4.77	4.73
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.18	0.10	0.16	0.19	0.16	0.15	0.15	0.13	0.17
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 32 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่สร้างจำนวน 18 ข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละสาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
2. โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	3	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	4	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	5	0	1	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	7	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	8	1	0	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
5. การวัดการทำงานของหัวใจ	9	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	10	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
6. ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือด เวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ	11	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	12	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
7. ส่วนประกอบของเลือด	13	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
8. หมู่เลือด และการให้เลือด	15	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	16	0	1	0	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
9. ระบบน้ำเหลือง	17	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	18	0	1	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.6 - 1.0	

ตารางที่ 33 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลองที่ใช้จริงจำนวน 9 ข้อ กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละสาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2. โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	2	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	4	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
5. การวัดการทำงานของหัวใจ	5	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
6. ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือด เวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ	6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
7. ส่วนประกอบของเลือด	7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
8. หมู่เลือด และการให้เลือด	8	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
9. ระบบน้ำเหลือง	9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.8 - 1.0	

ตารางที่ 34 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่สร้างจำนวน 6 กิจกรรม กับสาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	กิจกรรมที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. โครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	0	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
2. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3. หมู่เลือดและการให้เลือด	5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	6	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC)								0.6 - 1.0	

ตารางที่ 35 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของใบกิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่ใช้จริงจำนวน 3 ใบกิจกรรมกับสาระการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	กิจกรรมที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. โครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3. หมู่เลือดและการให้เลือด	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC)								1.0	

ตารางที่ 36 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้ วงรอบปฏิบัติการที่ 1

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	6	0	1	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	7	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
	8	1	0	0	1	0	2	0.4	ไม่สอดคล้อง
	9	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	10	1	0	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
2. โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	12	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	16	1	1	0	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	17	1	0	0	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
	18	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	19	0	1	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	20	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	21	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	23	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	24	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	25	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง

ตารางที่ 36 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	**ข้อที่**	**ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ**					**รวม คะแนน**	**ค่า IOC**	**ผลการ ประเมิน**
		คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
	26	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	27	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	28	0	1	0	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
	29	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	30	1	0	1	1	0	3	0.60	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.4 - 1.0	

ตารางที่ 37 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้ วงจรปฏิบัติการที่ 1

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1. การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2. โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์	6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	7	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	10	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3. ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด	11	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.8 - 1.0	

ตารางที่ 38 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	5	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	6	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	7	1	1	0	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	8	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
	9	0	1	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	10	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
5. การวัดการทำงานของหัวใจ	11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	16	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	17	1	0	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	18	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	19	0	1	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	20	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
6. ความดันเลือดทิศทางการไหล	21	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	23	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	24	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง

ตารางที่ 38 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ของเลือดในหลอด เลือดเวนโรค และความผิดปกติของหัวใจ	25	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	26	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	27	1	1	0	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	28	1	0	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	29	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	30	0	1	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.6 – 1.0	

ตารางที่ 39 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 2

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
4. การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	5	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
5. การวัดการทำงานของหัวใจ	6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	10	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
6. ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรคและความผิดปกติของหัวใจ	11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง								0.8 – 1.0	

ตารางที่ 40 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
7. ส่วนประกอบของเลือด	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	6	1	0	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	7	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
	8	0	1	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	10	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
8. หมู่เลือดและการให้เลือด	11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	16	1	0	1	0	1	3	0.6	สอดคล้อง
	17	0	1	1	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	18	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	19	1	1	0	1	0	3	0.6	สอดคล้อง
	20	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
9. ระบบน้ำเหลือง	21	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	22	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	23	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	24	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	25	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง

ตารางที่ 40 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างจำนวน 30 ข้อกับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IOC	ผลการประเมิน
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	26	0	1	0	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
	27	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
	28	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	29	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
	30	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)								0.6 - 1.0	

ตารางที่ 41 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้จริงจำนวน 15 ข้อ กับสาระการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการที่ 3

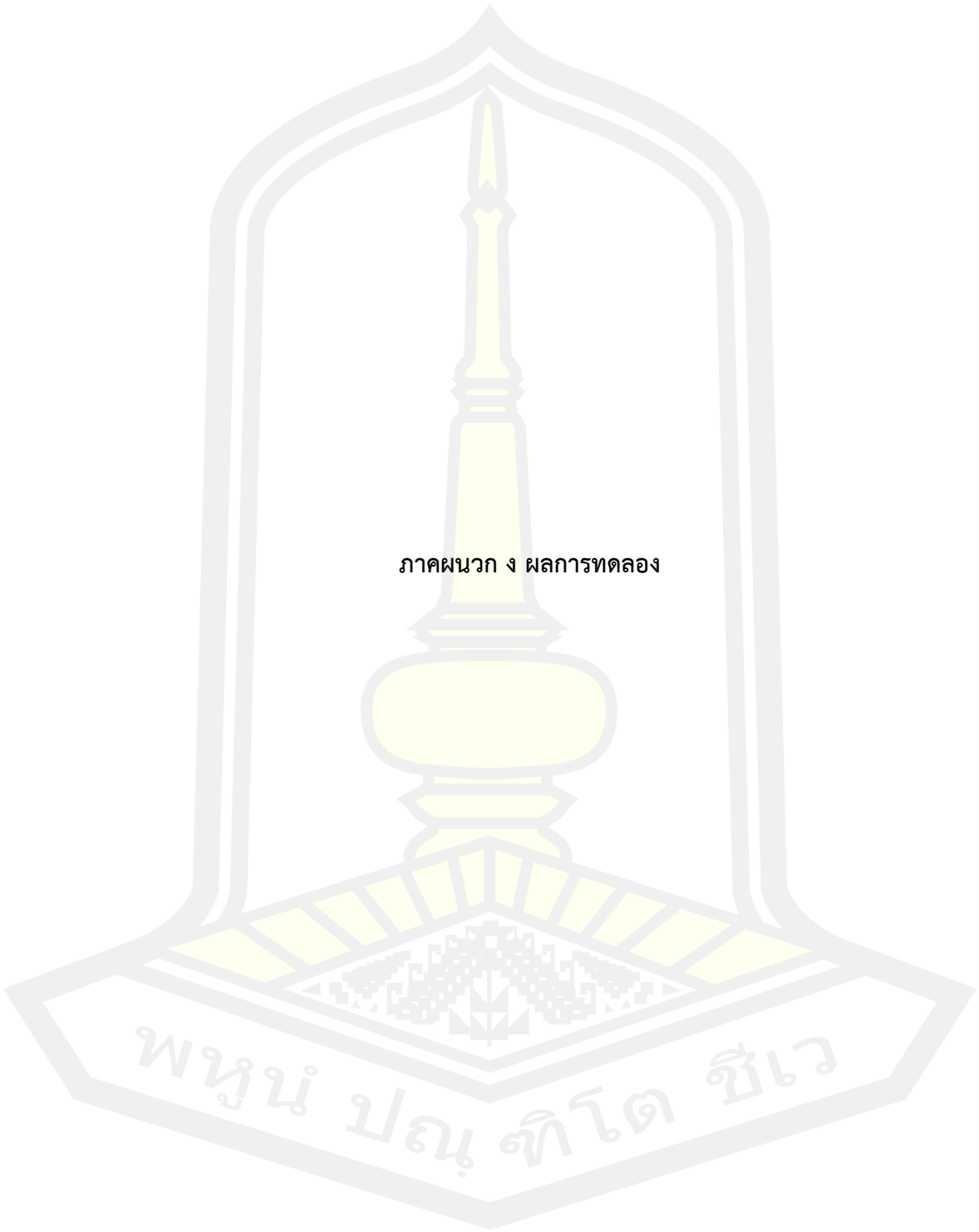
สาระการเรียนรู้	**ข้อที่**	**ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ**					**รวมคะแนน**	**ค่า IOC**	**ผลการประเมิน**
		คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**			
7. ส่วนประกอบของเลือด	1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	5	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
8. หมู่เลือดและการให้เลือด	6	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	7	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	8	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	9	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	10	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
9. ระบบน้ำเหลือง	11	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)								1.0	

ตารางที่ 42 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อคำถาม และประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่สร้างจำนวน 16 ข้อ

ข้อสอบถามที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	ค่า IC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
1.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
1.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
1.4	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
2.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.4	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3.1	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
3.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3.4	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
4.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.4	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) อยู่ในช่วง							0.8 – 1.0	

ตารางที่ 43 ผลการประเมินความสอดคล้อง (IC) ระหว่างข้อคำถาม และประเด็นที่ต้องการทราบของแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ใช้จริงจำนวน 12 ข้อ

ข้อสอบถามที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า	ผลการ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คะแนน	IC	ประเมิน
1.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
1.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
1.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
2.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3.1	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
3.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
3.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.1	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.2	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
4.3	1	1	1	1	1	5	1.0	สอดคล้อง
มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) อยู่ในช่วง							0.8 – 1.0	



ภาคผนวก ง ผลการทดลอง

ตารางที่ 44 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		1			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
1	4	18	35	53	55.21*
	7	36		71	73.96
	13	33		68	70.83
	20	42		77	80.21
	29	19		54	56.25*
2	1	41	40	81	84.38
	18	18		58	60.42*
	19	39		79	82.29
	21	16		56	58.33*
	26	40		80	83.33
3	5	30	43	73	76.04
	9	27		70	72.92
	12	41		84	87.50
	22	23		66	68.75*
	27	38		81	84.38
4	2	27	31	58	60.42*
	10	17		48	50.00*
	11	38		69	71.88
	24	44		75	78.13
	30	39		70	72.92
5	3	22	38	60	62.50*
	15	38		76	79.17

ตารางที่ 44 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		1			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
	17	42		80	83.33
	23	30		68	70.83
	31	27		65	67.71*
6	6	23	41	64	66.67*
	8	23		64	66.67*
	14	40		81	84.38
	16	42		83	86.46
	28	24		65	67.71*

* นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ตารางที่ 45 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		2			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
1	4	23	38	61	63.54*
	7	38		76	79.17
	13	36		74	77.08
	20	40		78	81.25
	29	27		65	67.71*
2	1	39	41	80	83.33
	18	23		64	66.67*
	19	37		78	81.25
	21	29		70	72.92
	26	40		81	84.38
3	5	33	42	75	78.13
	9	30		72	75.00
	12	40		82	85.42
	22	31		73	76.04
	27	42		84	87.50
4	2	34	36	70	72.92
	10	26		62	64.58*
	11	45		81	84.38
	24	39		75	78.13
	30	36		72	75.00
5	3	31	39	70	72.92
	15	42		81	84.38

ตารางที่ 45 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		2			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
	17	44		83	86.46
	23	37		76	79.17
	31	34		73	76.04
6	6	30	42	72	75.00
	8	32		74	77.08
	14	42		84	87.50
	16	40		82	85.42
	28	34		76	79.17

* นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

ตารางที่ 46 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 3

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		3			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
1	4	32	42	74	77.08
	7	41		83	86.46
	13	39		81	84.38
	20	42		84	87.50
	29	32		74	77.08
2	1	40	45	85	88.54
	18	34		79	82.29
	19	42		87	90.63
	21	32		77	80.21
	26	40		85	88.54
3	5	36	44	80	83.33
	9	35		79	82.29
	12	42		86	89.58
	22	32		76	79.17
	27	43		87	90.63
4	2	36	40	76	79.17
	10	35		75	78.13
	11	45		85	88.54
	24	40		80	83.33
	30	37		77	80.21
5	3	33	42	75	78.13
	15	43		85	88.54

ตารางที่ 46 คะแนนแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง (คะแนนเดี่ยว) และกระบวนการสร้างแบบจำลอง (คะแนนกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

กลุ่ม	เลขที่	วงรอบปฏิบัติการ			
		3			
		คะแนนของแบบทดสอบ (48 คะแนน)	คะแนนของกลุ่ม (48 คะแนน)	รวม (96 คะแนน)	ร้อยละ (100)
	17	45		87	90.63
	23	39		81	84.38
	31	36		78	81.25
6	6	34	44	78	81.25
	8	35		79	82.29
	14	43		87	90.63
	16	42		86	89.58
	28	38		82	85.42

ตารางที่ 47 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 1															
	มโนมติที่ 1					มโนมติที่ 2					มโนมติที่ 3					
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
2.*	PU	PU	CU	PS	PU	PU	PS	PU	PU	AC	AC	AC	AC	PU	AC	ไม่ผ่าน
3.*	AC	AC	CU	CU	PS	PU	AC	CU	AC	PS	PU	CU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
4.*	PU	AC	AC	AC	PU	CU	PU	AC	PS	AC	PU	AC	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5.*	PU	PU	AC	PU	PS	PU	PU	PU	PU	PS	PU	PU	AC	PS	AC	ไม่ผ่าน
6.*	PU	PU	AC	PS	AC	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	AC	PU	AC	ไม่ผ่าน
7.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
8.*	PU	PU	CU	CU	AC	CU	AC	AC	AC	AC	PU	CU	AC	PU	PU	ไม่ผ่าน
9.*	AC	PU	AC	PS	AC	PU	PU	PU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
10.*	AC	AC	PU	PS	PU	PU	AC	PU	AC	AC	PS	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
11	PS	PS	PS	PS	PS	AC	AC	AC	AC	AC	AC	PS	PS	PS	AC	ผ่าน
12.	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
13.*	PU	AC	AC	AC	PU	CU	PU	AC	PU	PS	PU	PU	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
14.	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
15.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
16.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
17.	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
18.*	PU	AC	AC	AC	PS	PU	PU	AC	PU	AC	AC	AC	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
19.	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	ผ่าน
20.	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
21.*	PU	AC	AC	AC	PS	PU	PU	AC	PU	AC	PU	AC	PU	AC	AC	ไม่ผ่าน
22.*	AC	AC	PS	PS	AC	PS	AC	AC	AC	PS	AC	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
23.*	PU	AC	AC	AC	AC	PU	PU	PS	PS	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
24.	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	ผ่าน

ตารางที่ 47 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 1															
	มโนมติที่ 1					มโนมติที่ 2					มโนมติที่ 3					
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
25.	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
26.	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
27.	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
28.*	PU	PS	PS	PS	AC	PU	CU	CU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
29.*	PU	AC	AC	AC	PU	PS	PU	AC	PS	AC	PU	AC	PS	AC	AC	ไม่ผ่าน
30.	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
31.*	PU	PU	AC	PU	AC	PU	PU	PU	AC	AC	PU	PU	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน

หมายเหตุ มโนติที่ 1 คือ การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ มโนติที่ 2 คือ โครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ มโนมติที่ 3 คือ ขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ * หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์

จากตารางที่ 47 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 48.39 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 51.61 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 48 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 2															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
2.	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
3.*	PS	PU	CU	CU	PU	PU	PS	CU	PU	PU	PS	PU	PS	PU	PS	ไม่ผ่าน
4.*	AC	PS	PS	CU	PS	PU	PU	CU	PU	PU	PS	PS	AC	AC	AC	ไม่ผ่าน
5.	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
6.*	PS	PS	CU	PU	PU	PU	PS	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PS	PS	ไม่ผ่าน
7.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	ผ่าน
8.	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
9.	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
10.*	AC	PU	AC	CU	PS	PU	CU	CU	PU	PU	PS	PS	PS	AC	PU	ไม่ผ่าน
11.	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	ผ่าน
12.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
13.	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	ผ่าน
14.	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
15.	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	ผ่าน
16.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	ผ่าน
17.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	ผ่าน
18.*	PU	PU	PS	CU	PS	PU	PS	PU	PU	PU	AC	PS	PS	AC	CU	ไม่ผ่าน
19.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
20.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	ผ่าน
21.*	PS	PS	PU	PU	PU	PU	AC	PU	PU	CU	AC	PU	PS	PU	AC	ไม่ผ่าน
22.*	PS	PU	PS	CU	PS	PU	PS	PU	PU	PU	PS	PS	PS	PU	PS	ไม่ผ่าน
23.	PU	PU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	CU	PU	ผ่าน
24.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
25.	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน

ตารางที่ 48 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 2															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
26.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
27.	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
28.	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	ผ่าน
29.*	AC	PS	PU	PU	AC	PS	PU	CU	PU	PU	PS	PS	PS	AC	PU	ไม่ผ่าน
30.	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	ผ่าน
31.	PU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	ผ่าน

หมายเหตุ มโนติที่ 4 คือ การลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ มโนติที่ 5 คือ การวัดการทำงานของหัวใจ มโนมติที่ 6 คือ ความดันเลือด ทิศทางการไหลของเลือดในหลอดเลือดเวน โรค และความผิดปกติของหัวใจ CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

* หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์

จากตารางที่ 48 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และมีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 49 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 3															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1.	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
2.	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	ผ่าน
3.	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
4.	PU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
5.	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	ผ่าน
6.	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	ผ่าน
7.	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	ผ่าน
8.	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	ผ่าน
9.	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	ผ่าน
10.	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
11.	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
12.	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
13.	PU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	PU	ผ่าน
14.	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
15.	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
16.	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	ผ่าน
17.	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
18.	CU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	ผ่าน
19.	CU	CU	CU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
20.	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
21.	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	CU	PU	ผ่าน
22.	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	CU	CU	CU	ผ่าน
23.	CU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
24.	CU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน
25.	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน

ตารางที่ 49 แสดงระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนวงจรปฏิบัติการที่ 3 (ต่อ)

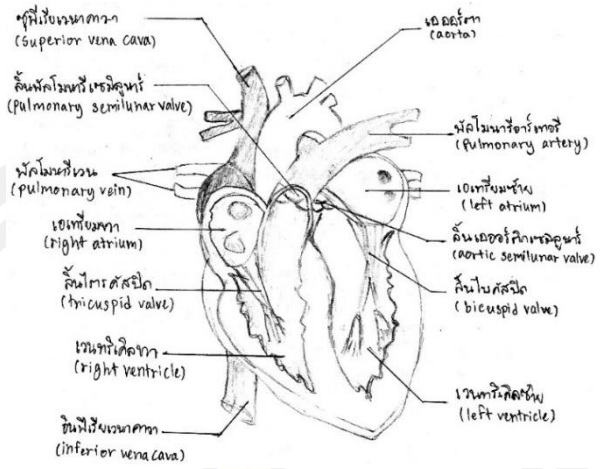
นักเรียนคนที่	ระดับความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์															ผลการประเมิน
	วงจรปฏิบัติการที่ 3															
	ข้อที่															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
26.	CU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
27.	CU	CU	PU	CU	CU	PU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
28.	CU	CU	PU	CU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	CU	ผ่าน
29.	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	ผ่าน
30.	CU	PU	PU	CU	PU	PU	PU	PU	PU	CU	CU	PU	CU	CU	PU	ผ่าน
31.	PU	CU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	PU	CU	PU	CU	CU	CU	PU	ผ่าน

หมายเหตุ มโนติที่ 7 คือ ส่วนประกอบของเลือด มโนติที่ 8 คือ หมู่เลือด และการให้เลือด มโนมติที่ 9 คือ ระบบน้ำเหลือง CU คือ ความเข้าใจที่สมบูรณ์ PU คือ ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ PS คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน AC คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน NU คือ ความไม่เข้าใจ

จากตารางที่ 49 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งไม่มีนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าระดับความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือความเข้าใจที่สมบูรณ์

ภาคผนวก จ ภาพตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบ

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง



คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ ตัวอย่างที่เด็กเขียน ได้แก่ หัวใจ หลอดเลือด ซึ่งเชื่อมต่อเป็นวงจร หัวใจอยู่กลางในอกเยื่องไปทางซ้าย อยู่ระหว่างปอดทั้งสองข้างค่อนไปทางด้านซ้ายเล็กน้อย หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดหลังสำเสียงผ่าน หลอดเลือด โดย เลือดทำหน้าที่ลำเลียงสารต่างๆ เช่น สารอาหาร แก๊ส ของเสีย และสารอื่นๆ ไปยังปอดและส่วนต่างๆทั่วร่างกาย

2. "หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ" ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด

ตอบ ทำหน้าที่หลักในการสูบฉีดเลือดไปยังที่ต่างๆทั่วร่างกาย

3. หัวใจที่มีความสัมพันธ์กับเลือดที่ไซแล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจห้องใด

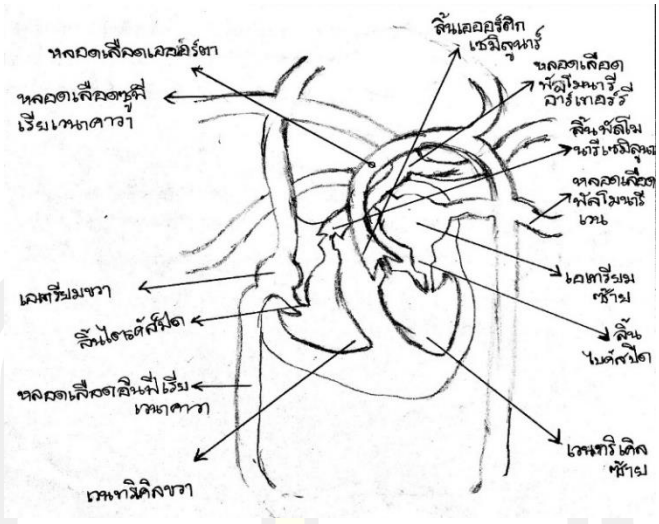
ตอบ หัวใจห้องด้านขวา

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ สังเกตจากหลอดเลือดที่อยู่ภายนอก หัวใจ คือ หลอดเลือดโคโรนารีอาร์เทอรี่

ภาพที่ 75 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 15 คะแนน ข้อที่ 2 วงจรปฏิบัติที่ 1

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 68 ได้ 15 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน โดยเขียนคำอธิบายได้เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด มีการระบุ เขียนแสดง อธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และคำอธิบายมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ ได้ละเอียดครบถ้วน ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีรูปร่างลักษณะ และหน้าที่การทำงานอย่างไร

ตอบ •หัวใจ ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดแล้วลำเลียงผ่านหลอดเลือด

•หลอดเลือด ทำหน้าที่ลำเลียงสารต่างๆ เช่น สารอาหาร แก๊ส ของเสีย และสารอื่นๆ ไปยังปลายทาง และส่งต่างๆ ตามทาง

2. "หัวใจห้องล่างซ้ายมีผนังหนามากกว่าห้องอื่น ๆ" ประจักษ์พยานนี้บอกให้เราทราบว่าหัวใจห้องล่างซ้ายควรทำหน้าที่ใด

ตอบ ขับเลือดที่มีแก๊ส O_2 สูงจากหัวใจห้องบนซ้ายส่งไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายทางหลอดเลือดเลออร์ตา

3. หัวใจที่มีความสัมพันธ์กับเลือดที่ใช้แล้ว (deoxygenated blood) คือหัวใจห้องใด

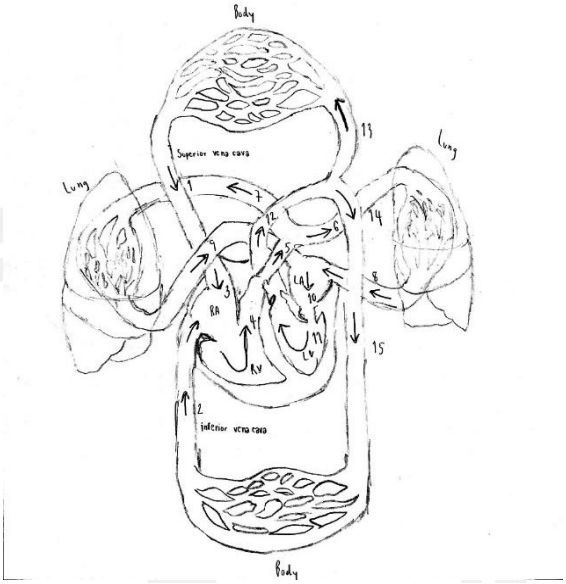
ตอบ หัวใจห้องบน (right atrium) ทำหน้าที่รับเลือดที่ใช้แล้วจากร่างกายซึ่งมีออกซิเจนต่ำส่งไปยังห้องล่างซ้าย

4. วิธีการสังเกตหัวใจด้านหน้า กับด้านหลัง สังเกตจากอะไร

ตอบ หัวใจห้องล่างขวา จะอยู่ทางด้านหน้าสุดของหัวใจ และสิ้นสุดด้านหลังของหัวใจ ห้องนี้จะรับกับกล้ามเนื้อส่วนหัวใจห้องบนซ้ายในขนาดเล็กที่สุด ในห้องหัวใจทั้งสี่ห้อง

ภาพที่ 76 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 11 คะแนนข้อที่ 2 วงจรปฏิบัติที่ 1

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 69 ได้ 11 คะแนนจากคะแนนเต็ม 16 คะแนน โดยคำอธิบายมีความ สอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างของหัวใจ แต่ไม่ละเอียด และไม่ชัดเจน ภาพวาดมีความคาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของหลักการทฤษฎี 1-2 หลักการ คำอธิบายส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับภาพวาด แต่มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

ตอบ ...นำเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ...

2. ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร

ตอบ ...แตกต่างกัน โดยเวนทริเคิลจะมีกล้ามเนื้อหนากว่าเอเทรียม และกล้ามเนื้อหัวใจเวนทริเคิลซ้ายจะหนากว่าเวนทริเคิลขวา เวนทริเคิลซ้ายต้องออกแรงบีบรัดมากกว่าเวนทริเคิลขวาเพื่อดันเลือดไปเลี้ยงร่างกาย ส่วนเวนทริเคิลขวามีหน้าที่สูบเลือดไปยังปอด เอเทรียมและเอเทรียมซ้ายมีกล้ามเนื้อบางเนื่องจากเลือดผ่านไปยังเวนทริเคิลเท่านั้น...

3. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียม และเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...ลิ้นกั้นระหว่างเอเทรียม - เวนทริเคิลขวา เป็นแผ่นเยื่อบางๆ 3 แผ่น เลือดไหลจาก เอเทรียมขวา → เวนทริเคิลขวา

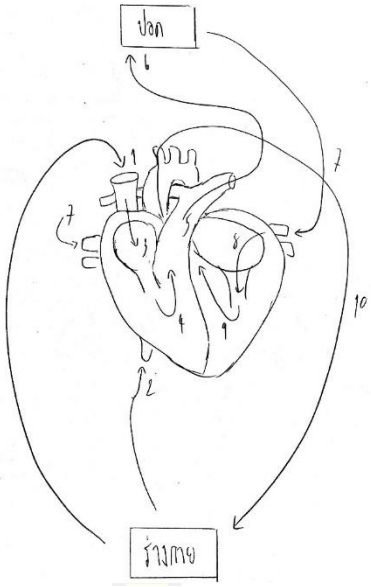
ลิ้นกั้นระหว่างเอเทรียม - เวนทริเคิลซ้าย เป็นแผ่นเยื่อบางๆ 2 แผ่น เลือดไหลจาก เอเทรียมซ้าย → เวนทริเคิลซ้าย...

4. ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้าย และเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ พับตัวลงมาคล้าย 3 แผ่น มีการรวมกันเรียกลิ้นนี้ว่า ลิ้นเซมิลูนาร์ จะพบ 2 ชนิด
1) ลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนา เลือดจากเวนทริเคิลซ้าย → เอออร์ตา ลิ้นนี้ปิด ร่างกายจะขาดเลือด
2) ลิ้นพัลโมนารี เลือดจากเวนทริเคิลขวา → ปอดโดยเอี่ยวร์เทอร์ ลิ้นนี้ปิด ออกซิเจนในเลือดลดลง...

ภาพที่ 77 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 2

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 70 ได้ 16 คะแนนเต็ม โดยคำตอบมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ของการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. หลอดเลือดบริเวณผิวรอบนอกของหัวใจทำหน้าที่อะไร

ตอบ ...

2. ความหนาของกล้ามเนื้อหัวใจทั้ง 4 ห้องแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ลักษณะดังกล่าวสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร

ตอบ ...

3. ลิ้นที่กั้นระหว่างเอเทรียม และเวนทริเคิลมีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

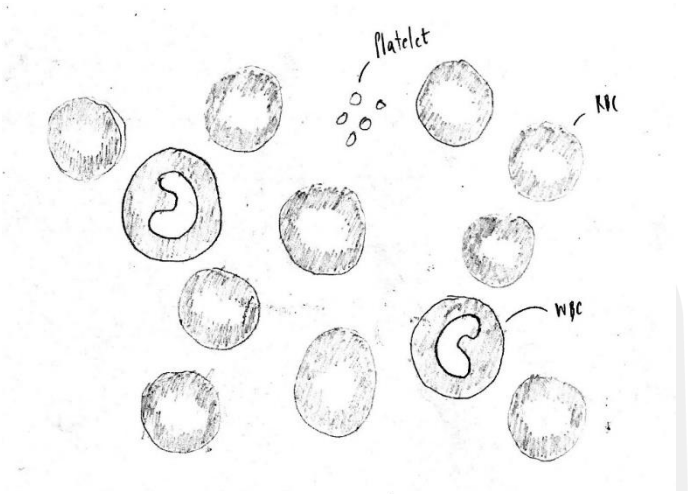
ตอบ ...

4. ลิ้นที่โคนหลอดเลือดที่ต่อกับเวนทริเคิลซ้าย และเวนทริเคิลขวามีลักษณะอย่างไร ลักษณะดังกล่าวบอกทิศทางการไหลของเลือดอย่างไร และถ้าลิ้นเหล่านี้ผิดปกติจะมีผลต่อร่างกายอย่างไร

ตอบ ...

ภาพที่ 78 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 2

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 71 ได้ 16 คะแนนเต็ม โดยคำตอบมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ของการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์ เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ 2 ชนิด 1. เซลล์เม็ดเลือดแดง

2. เซลล์เม็ดเลือดขาว

เซลล์เม็ดเลือดขาวมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง และเซลล์เม็ดเลือดขาวมีปริมาณน้อยกว่าเซลล์เม็ดเลือดแดง

2. เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ เหมือนกัน คือ มีนิวเคลียส

แตกต่าง คือ นิวเคลียสแปรเปลี่ยนรูป รูปร่างกลมขนาดใหญ่หรือเล็กเซลล์ หรือมีนิวปุ่มไซโตพลาสมามีหรือไม่มีแกรนูลเจจน

3. นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

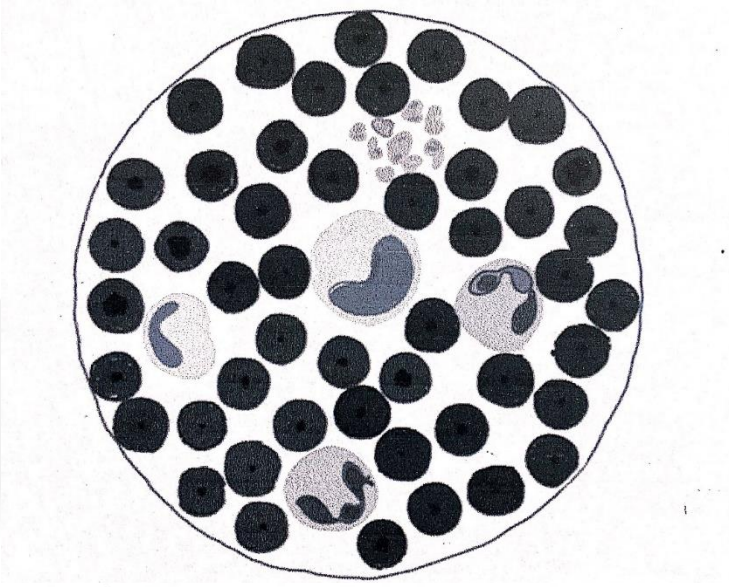
ตอบ ชิ้นส่วนเซลล์ขนาดเล็กมาก รูปร่างไม่แน่นอน

4. การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส และมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบุ๋มนั้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร

ตอบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถเคลื่อนที่ในหลอดเลือดฝอยได้ง่าย นอกจากนี้ยังทำให้มีพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีขึ้น

ภาพที่ 79 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 3

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 72 ได้ 16 คะแนนเต็ม โดยคำตอบมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ของลักษณะเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์ เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด มีการระบุ เขียน แสดง และอธิบายส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน



คำถามท้ายกิจกรรม

1. เซลล์เม็ดเลือดที่สังเกตมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีขนาด รูปร่างและปริมาณแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ 2ชนิด คือเซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาว

เซลล์เม็ดเลือดแดง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 ไมครอน มีรูปร่างคล้ายโดนัทตรงกลางมีรอยบุ๋มแต่ไม่ทะลุตรงกลาง ปริมาณ 270ล้านโมเลกุล เซลล์เม็ดเลือดขาวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง10-12ไมครอน มีรูปร่างกลมใหญ่กว่าเม็ดเลือดแดง ปริมาณ 4×10³ ถึง 11×10³ เซลล์

2. เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในเซลล์เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ แตกต่างกัน

โดยแบ่งออกเป็น Lymphocyte และ Monocyte ไม่มีแกรน

และ Eosinophil , Basophil และ Neutrophil มีแกรน

3. นอกจากเซลล์เม็ดเลือดแล้ว สังเกตเห็นส่วนประกอบอื่นหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร

ตอบ เกร็ดเลือดมีรูปร่างไม่แน่นอน คล้ายไข่ดาว

และน้ำเลือดมีลักษณะเป็นของเหลวสีใส

4. การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียส และมีลักษณะกลมแบน ตรงกลางบุ๋มนั้นมีความเหมาะสมต่อหน้าที่อย่างไร

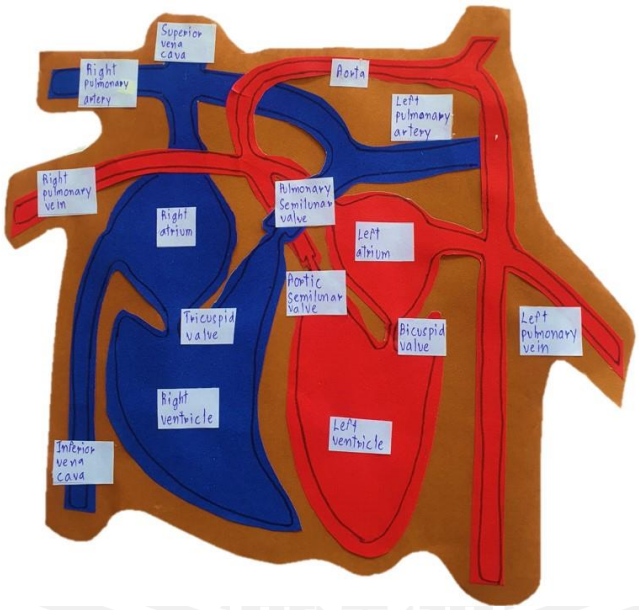
ตอบ ลักษณะดังกล่าวทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงสามารถเคลื่อนที่ในหลอดเลือดฝอยได้ง่าย มีแรงเสียดทานต่อผนังหลอดเลือดน้อย นอกจากนี้ยังทำให้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สมากและแก๊สสามารถแพร่เข้าสู่กลางเซลล์ได้อย่างทั่วถึง

ภาพที่ 80 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบทักษะการสร้างแบบจำลอง ที่ได้ 16 คะแนนข้อที่ 1 วงจรปฏิบัติที่ 3

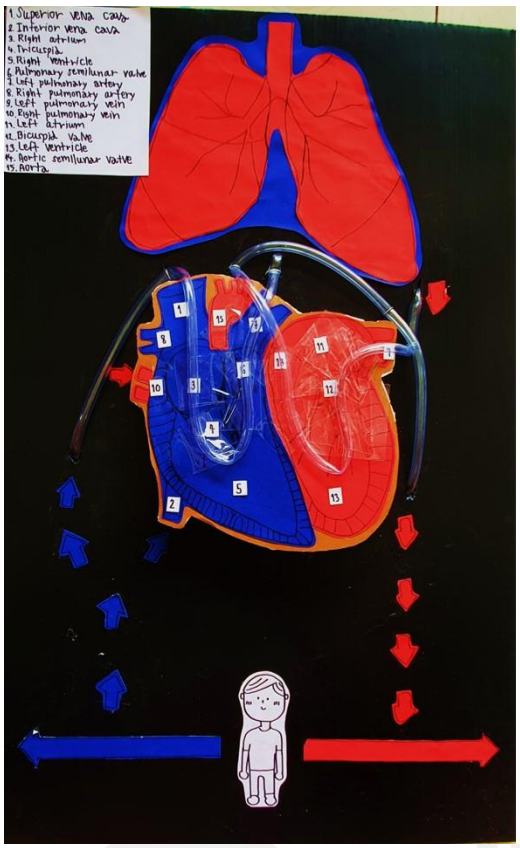
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในภาพที่ 73 ได้ 13 คะแนน โดยคำตอบมีความสอดคล้องกับกฎ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ของลักษณะเซลล์เม็ดเลือดของมนุษย์ เขียนคำอธิบายได้ เข้าใจง่าย และครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดสอดคล้องกับภาพวาด แต่ไม่มีการระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง

ตัวอย่างแบบจำลองที่สร้างในระหว่างการจัดการเรียนรู้

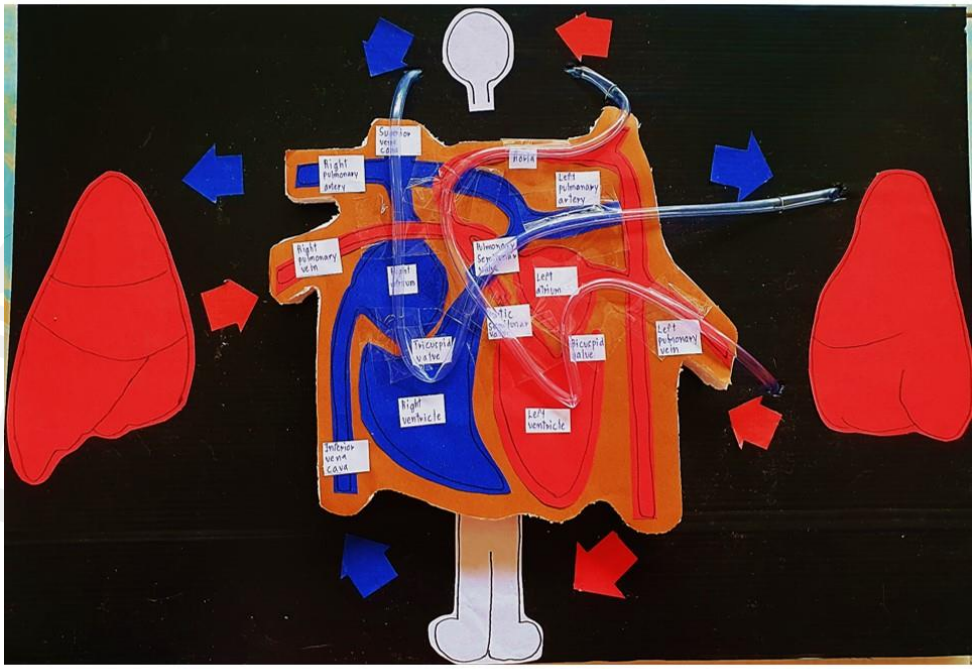
ภาพที่ 81 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์



ภาพที่ 82 ตัวอย่างแบบจำลองโครงสร้างของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์

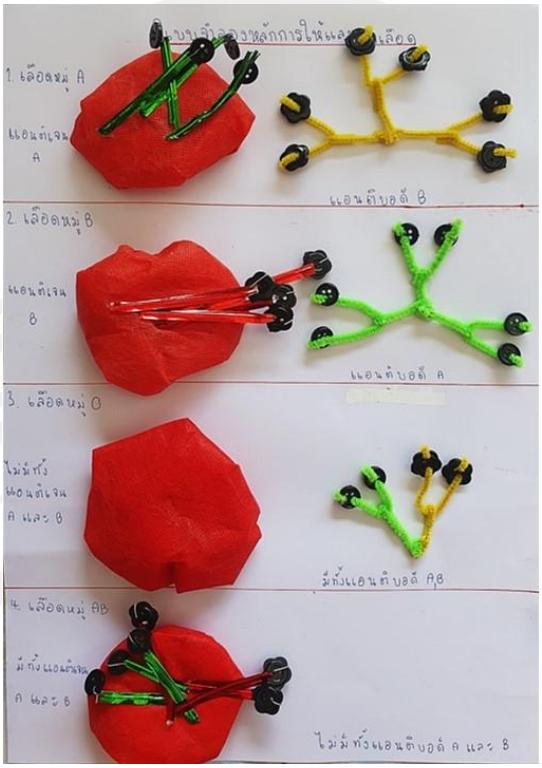


ภาพที่ 83 ตัวอย่างแบบจำลองการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์



ภาพที่ 84 ตัวอย่างแบบจำลองการลำเลียงสารในร่างกายของมนุษย์

ภาพที่ 85 ตัวอย่างแบบจำลองหลักการให้ และรับเลือดในเลือดหมู่ A B AB และ O



ภาพที่ 86 ตัวอย่างแบบจำลองหลักการให้ และรับเลือดในเลือดหมู่ A B AB และ O

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสิรภัทร สายเนตร
วันเกิด	วันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ประเทศไทย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 209/7 ซอยเจริญสุข ถนนแจ้งสนิท ตำบลโพธิ์สัย อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45280
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2561 ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญาญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาสาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-