



การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิทยานิพนธ์

ของ

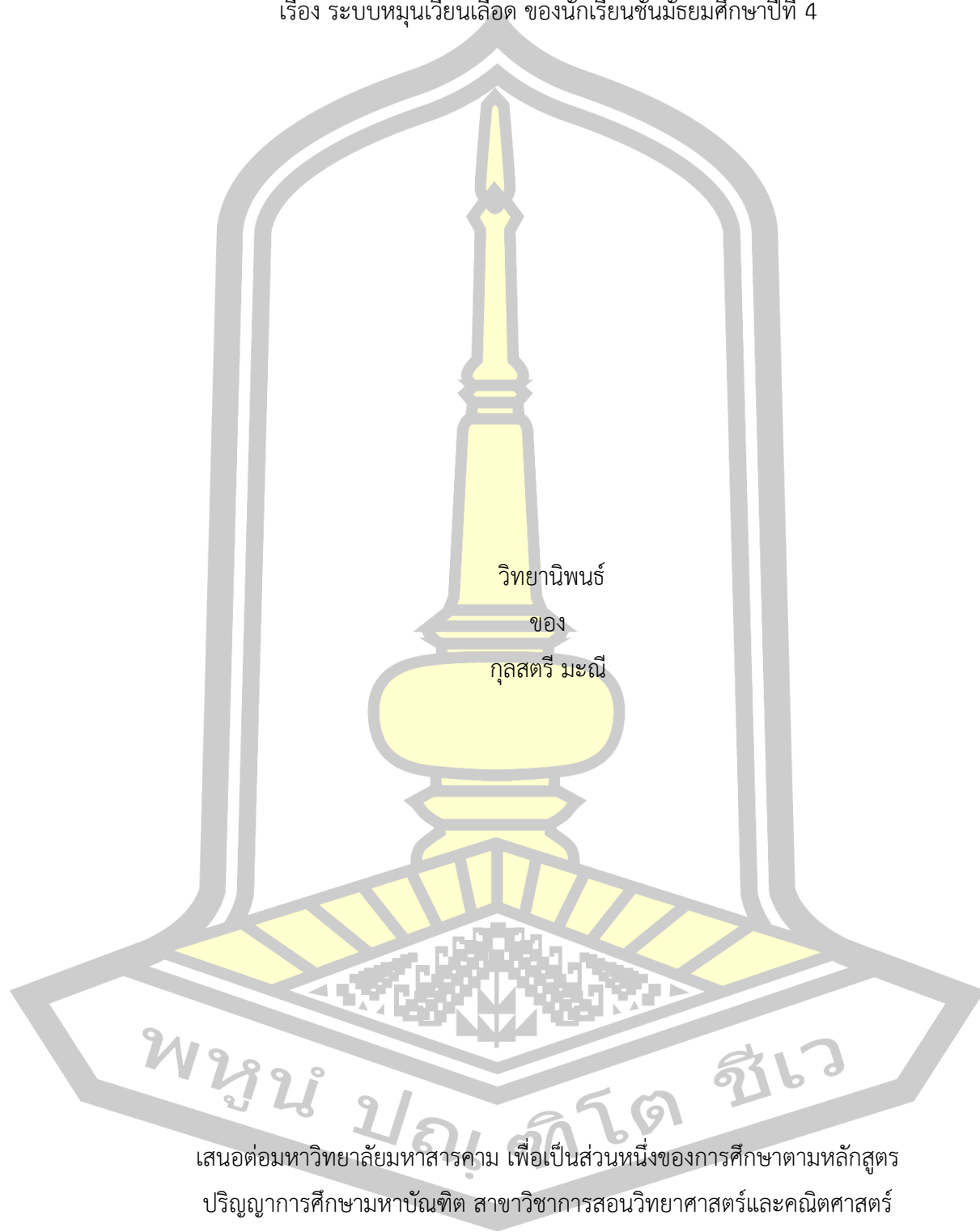
กุลสตรี มะณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กันยายน 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



วิทยานิพนธ์
ของ
กุลสตรี มะณี

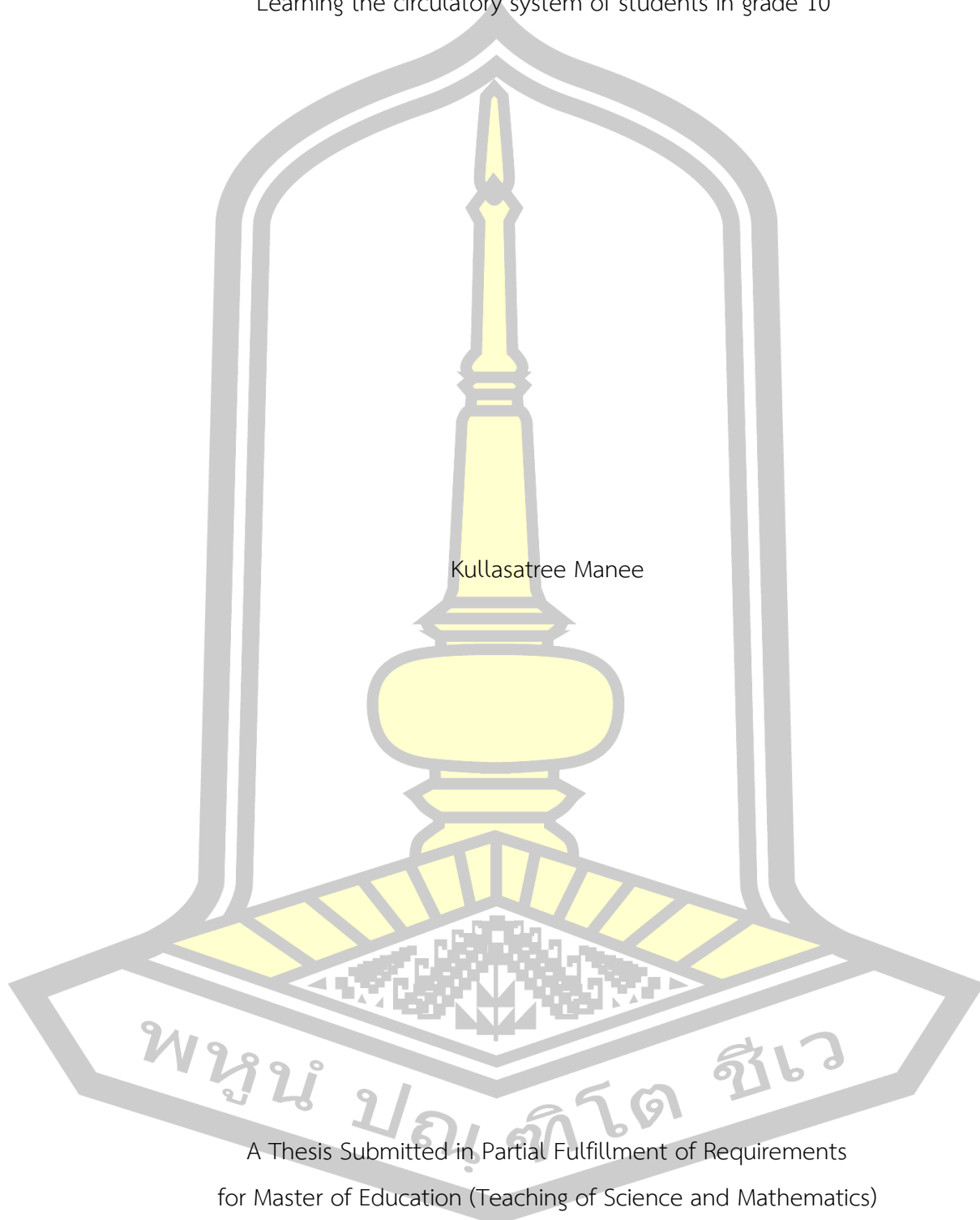
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กันยายน 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of modeling abilities with learning management using Model-based
Learning the circulatory system of students in grade 10

Kullasatree Manee



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

September 2023

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวกุลสตรี มะณี แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. สุมาลี ชุกำแพง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. รุติวรดา พลเยี่ยม)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมทรง สิทธี)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....

(รศ. ดร. ขวลิต ชุกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

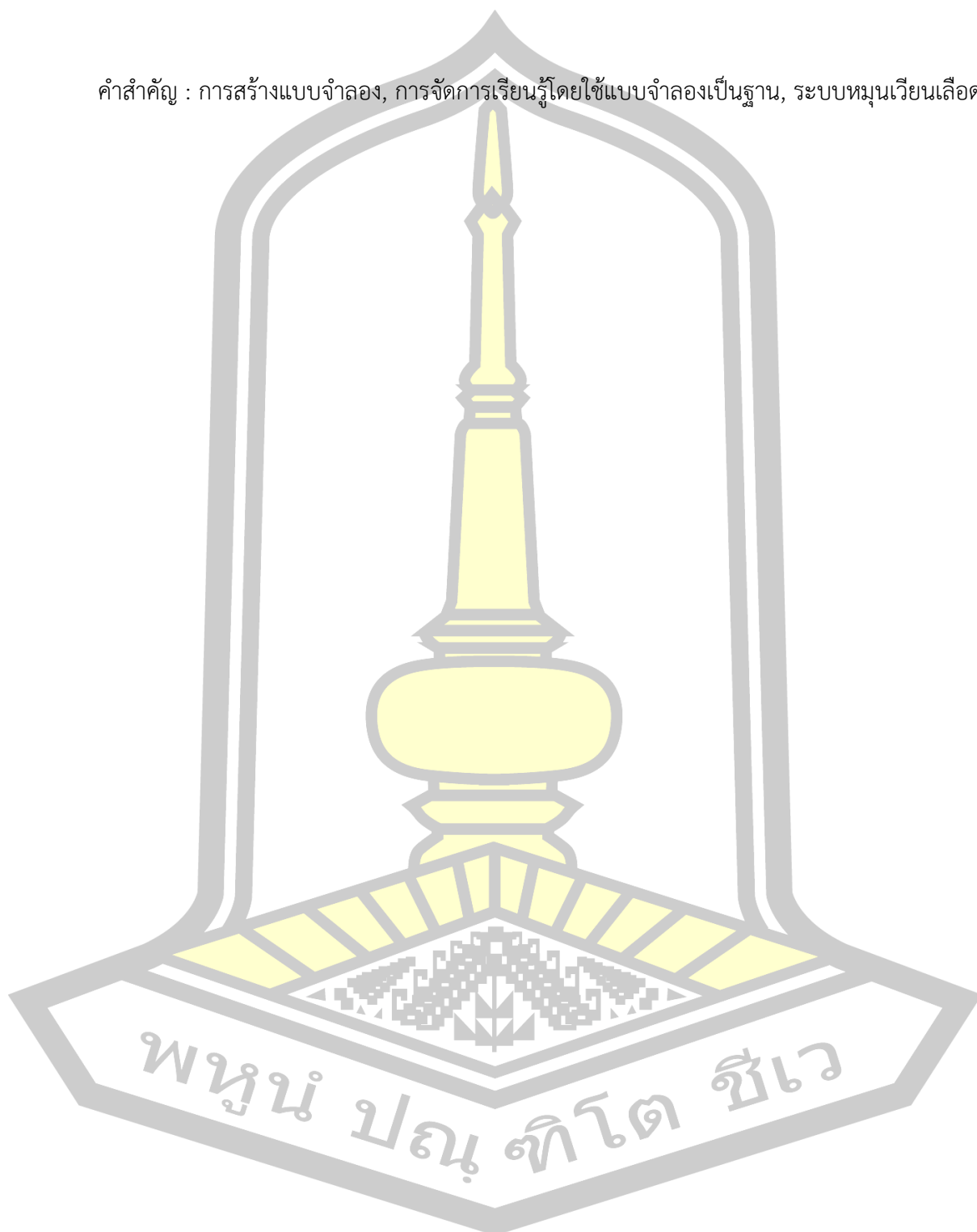
ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4		
ผู้วิจัย	กุลสตรี มะณี		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ด้วยการจัดการกิจกรรมเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล ได้แก่ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดำเนินการวิจัย 2 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 17.26 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.93 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 14 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 9 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยปรับการนำเสนอสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์จากข่าววิดีโอที่เกี่ยวข้องและน่าสนใจมากระตุ้นความสนใจของนักเรียนและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบเพื่อนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองของนักเรียน และกระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่มและประเมินเปรียบเทียบความแตกต่างของแบบจำลองของกลุ่มตนเองกับกลุ่มอื่นมากยิ่งขึ้น รวมทั้งใช้คำถามให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดแบบจำลองของกลุ่มตนเองเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 19.49 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.20 นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ทั้งหมด 23 คน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้

แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้

คำสำคัญ : การสร้างแบบจำลอง, การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ระบบหมุนเวียนเลือด



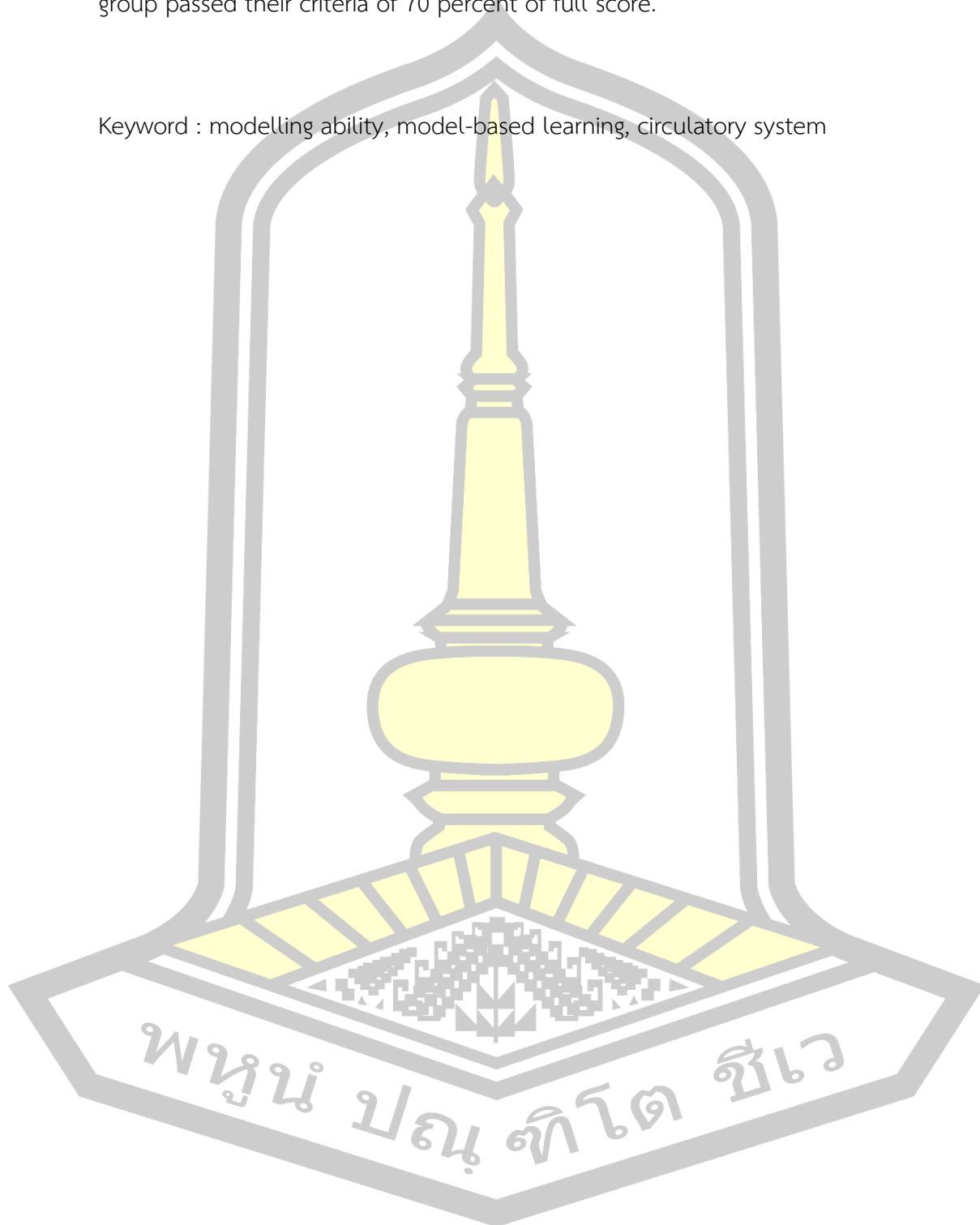
TITLE	Development of modeling abilities with learning management using Model-based Learning the circulatory system of students in grade 10		
AUTHOR	Kullasatree Manee		
ADVISORS	Associate Professor Prasart Nuangchalem , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2023

ABSTRACT

This action research aims to develop the modelling ability of Grade 10 students to pass the criterion of 70 percent of full score using model-based learning in biology on the topic Circulatory system. The target group consisted of 23 students in grade 10 at Maharakham University Demonstration School (Secondary). The research instrument was: plan of instrument using model-based learning. The instruments used to reflect the results were: modelling process assessment, modelling ability test, structure interviews, and student journal. The data were analyzed by percentage, average, and standard deviation. Action research is completed in two cycles. The results showed in the first cycle, students received an average modelling ability score of 17.26 out of a total of 24 points, representing 71.93 percent, 14 students passed their criteria of 70 percent of full score and 9 students did not meet criterion of 70 percent of full score. In the second cycle, develop and improve problems from the first cycle, adapting interesting and related news situations or videos as well as questions to encourage students to express their answers to lead to student model expression, also encourage students to discuss and exchange learning with their friends and evaluate compare the differences between their own group models and other group models and used questions for students to analyze the strengths and limitations of the model and lead to improvement of group's model, students received an average modelling ability score

of 19.49 out of a total of 24 points, representing 81.20 percent, all 23 students target group passed their criteria of 70 percent of full score.

Keyword : modelling ability, model-based learning, circulatory system



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้คำปรึกษา ให้แรงบันดาลใจ และคอยสั่งสอนให้คำแนะนำรวมทั้งเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับลูกศิษย์ในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนความช่วยเหลืออื่น ๆ เป็นอย่างดียิ่งจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี ชุกกำแพง ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวรดา พลเยี่ยม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมทรง สิทธิ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และทำให้ผู้วิจัยเกิดประสบการณ์ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี วงษ์สะพาน รองศาสตราจารย์ ดร. วราพร เอรารวรรณ อาจารย์ ดร.วุฒิสักดิ์ บุญแน่น อาจารย์ณิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ และอาจารย์ทิพวรรณ พิลาทิให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัทยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัทยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ทุกท่านและนักเรียนที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจเป็นแรงผลักดันมีส่วนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี และขอบคุณตัวผู้วิจัยเองที่ยังเข้มแข็งมาถึงตอนนี้ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์อย่างมีคุณค่า

กุลสตรี มะณี

พนุน ปณ สิโต ชีเว

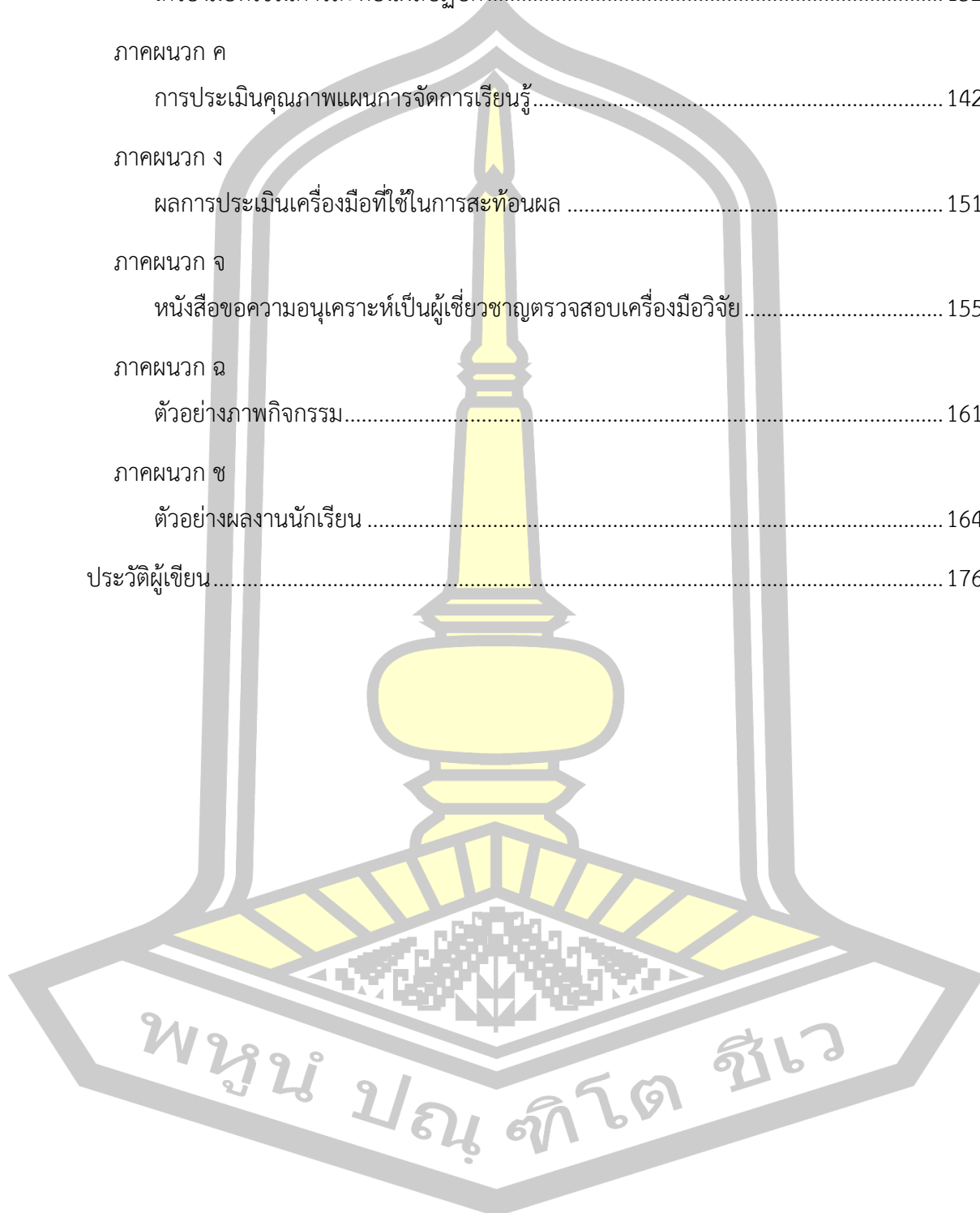
สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฅ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
ขอบเขตงานวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	6
ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	9
บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม).....	36
วิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	56
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	58
บทที่ 3	65

วิธีดำเนินการวิจัย	65
กลุ่มเป้าหมาย	65
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	66
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	67
การเก็บรวบรวมข้อมูล	78
การวิเคราะห์ข้อมูล	80
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	80
บทที่ 4	83
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	83
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	83
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ	83
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ	99
บทที่ 5	101
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	101
ความมุ่งหมายของการวิจัย	101
สรุปผล	101
อภิปรายผล	102
ข้อเสนอแนะ	107
บรรณานุกรม	108
บรรณานุกรม	109
ภาคผนวก ก	117
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	117

ภาคผนวก ข	
เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ	132
ภาคผนวก ค	
การประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้	142
ภาคผนวก ง	
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล	151
ภาคผนวก จ	
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	155
ภาคผนวก ฉ	
ตัวอย่างภาพกิจกรรม	161
ภาคผนวก ช	
ตัวอย่างผลงานนักเรียน	164
ประวัติผู้เขียน	176



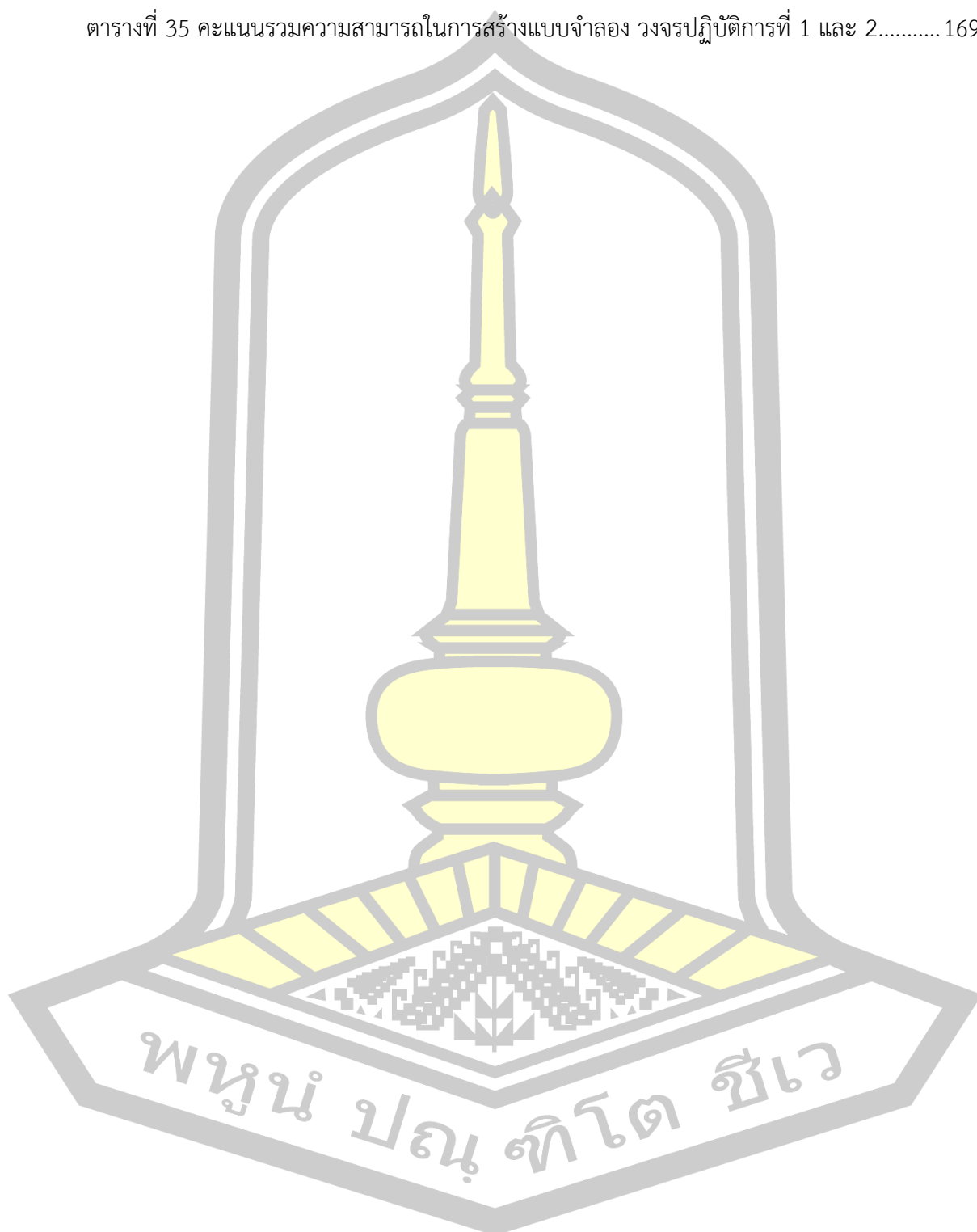
สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา (Bryce et al, 2016).....	15
ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการวาดภาพและการอธิบาย	24
ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองเชิงภาพและเชิงภาษา.....	25
ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองเชิงภาพและเชิงภาษา.....	26
ตารางที่ 5 เกณฑ์ของการประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง.....	27
ตารางที่ 6 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง	28
ตารางที่ 7 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างแบบจำลอง.....	30
ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง ..	31
ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของการสร้างแบบจำลอง	33
ตารางที่ 10 ผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565	46
ตารางที่ 11 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)	52
ตารางที่ 12 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด	53
ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 37 คน	65
ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้.....	68
ตารางที่ 15 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้.....	74
ตารางที่ 16 เกณฑ์การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง.....	80
ตารางที่ 17 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน	84
ตารางที่ 18 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1	91
ตารางที่ 19 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน	93

ตารางที่ 20 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2	99
ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ	99
ตารางที่ 22 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	145
ตารางที่ 23 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	146
ตารางที่ 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	147
ตารางที่ 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	148
ตารางที่ 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	149
ตารางที่ 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	150
ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการวัดความสามารถใน การสร้างแบบจำลองของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	152
ตารางที่ 29 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการวัดความสามารถใน การสร้างแบบจำลองของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	152
ตารางที่ 30 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ของแบบสัมภาษณ์นักเรียน	153
ตารางที่ 31 ผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัด ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง	153
ตารางที่ 32 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเกณฑ์การประเมินกระบวนการ สร้างแบบจำลอง	154
ตารางที่ 33 คะแนนด้านกระบวนการในการสร้างแบบจำลอง (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1	165

ตารางที่ 34 คะแนนด้านกระบวนการในการสร้างแบบจำลอง (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2.....167

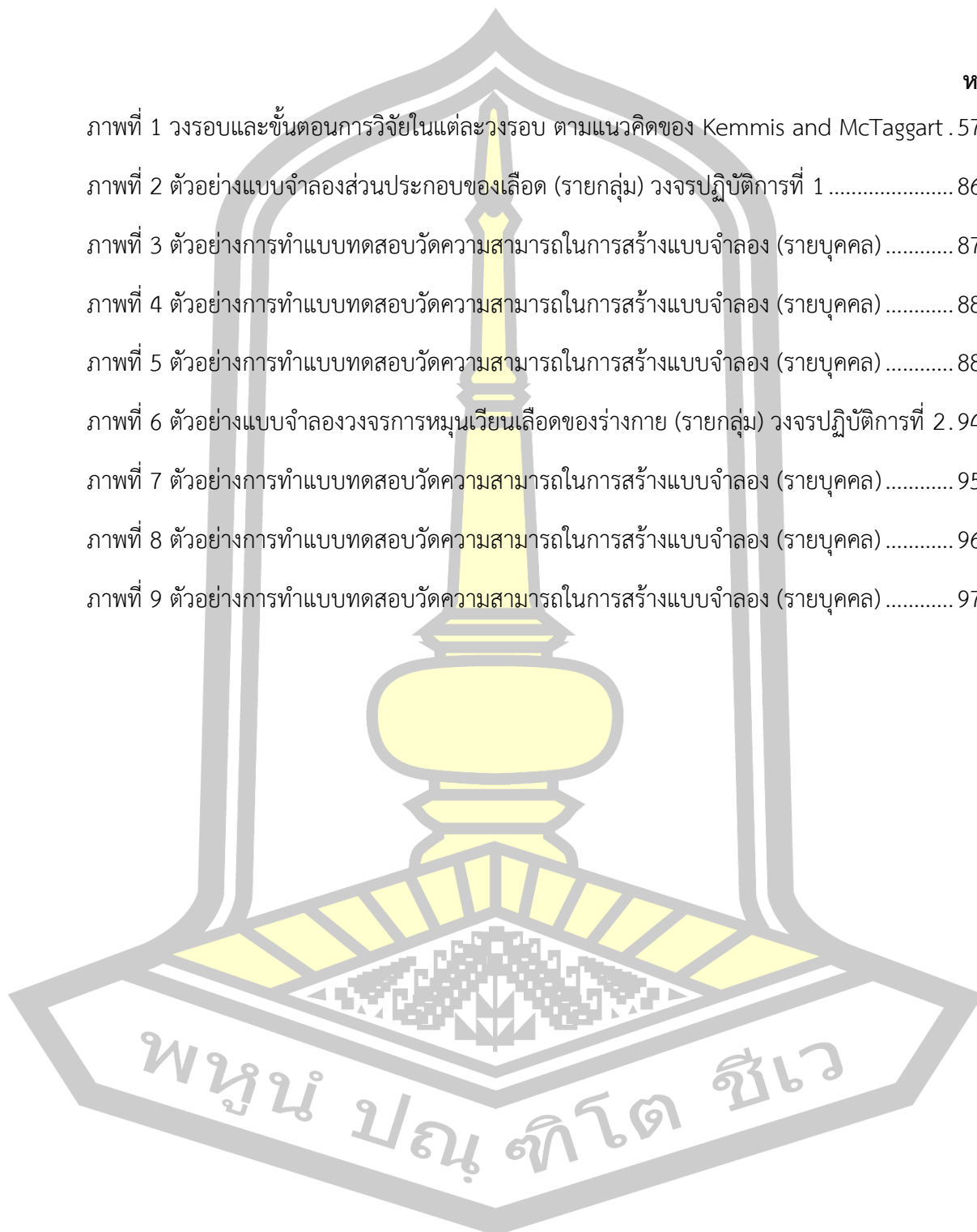
ตารางที่ 35 คะแนนรวมความสามารถในการสร้างแบบจำลอง วงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2.....169



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	วงรอบและขั้นตอนการวิจัยในแต่ละวงรอบ ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart .	57
ภาพที่ 2	ตัวอย่างแบบจำลองส่วนประกอบของเลือด (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1	86
ภาพที่ 3	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	87
ภาพที่ 4	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	88
ภาพที่ 5	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	88
ภาพที่ 6	ตัวอย่างแบบจำลองวงจรการหมุนเวียนเลือดของร่างกาย (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2.	94
ภาพที่ 7	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	95
ภาพที่ 8	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	96
ภาพที่ 9	ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)	97



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงด้านองค์ความรู้ได้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ด้วยการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เชิงเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ เช่น การอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (ฐานกรณ์ ฤทธิ์มหา และปาริชาติ แสนนา, 2562) ในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ แบบจำลองเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้นและสามารถสื่อสารความเข้าใจไปยังบุคคลอื่นได้ นอกจากนี้ยังช่วยทำให้เข้าใจในเนื้อหาวิธีการ และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) สำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยได้ระบุองค์ประกอบหนึ่งของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ คือ การสร้างแบบจำลอง ดังแสดงในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2552) และในปัจจุบันแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองนั้นยังได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Gilbert et al., 2000) จะเห็นได้ว่าแบบจำลองได้มีบทบาทสำหรับการศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในรายวิชาชีววิทยาที่ต้องอาศัยการแปลความหมายผ่านการสร้างแบบจำลองที่หลากหลายทั้งที่เป็นแบบจำลองเชิงรูปธรรม แบบจำลองเชิงนามธรรม แบบจำลองในลักษณะ 2 มิติ และ 3 มิติ (Eilam, 2013) ตัวอย่างของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในทางชีววิทยา เช่น แบบจำลองสายใยอาหาร ตารางพันเนตต์ และแบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ เป็นต้น (Schwarz et al., 2009; Schademan, 2014) นอกจากนี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาผ่านการสร้างมโนภาพ ซึ่งเอื้อต่อการสื่อสารและอธิบายความเข้าใจไปยังบุคคลอื่น (Schwarz et al., 2009; Nicolaou and Constantinou, 2014)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) โครงการ Program for International Student Assessment หรือ PISA ซึ่งกำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA เกี่ยวกับสมรรถนะทางด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ในการระบุ การใช้ และสร้างแบบจำลอง และนำเสนอข้อมูลเพื่อใช้ในการอธิบาย พบว่า นักเรียนมีผลคะแนนการประเมิน คือ คะแนนเฉลี่ยในปี 2015 421 คะแนน และในปี 2018 426 คะแนน ซึ่งในการทดสอบทางสถิติถือว่า

ด้านวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และโรงเรียนส่วนมากยังคงมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

จากการสอบถามครูผู้สอนเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พบว่า โรงเรียนมุ่งเน้นพัฒนาด้านความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา รวมทั้งส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่จากการสังเกตการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการสร้างมโนภาพในบทเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องกระบวนการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ และเนื้อหาอื่น ๆ ที่ซับซ้อนขึ้น ซึ่งมโนภาพเป็นการนำเสนอภาพที่ผ่านการแปลความหมายของข้อมูลของสมอง โดยมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันกับแบบจำลองทางความคิด (Martinez Solano, 2016) อีกทั้งวิชาชีววิทยามีเนื้อหาค่อนข้างมาก ลึกซึ้ง มีศัพท์เฉพาะทาง ยากต่อการจดจำ การเรียนการสอนในห้องเรียนโดยส่วนมากจะใช้วิธีการสอนแบบบรรยายทำให้นักเรียนไม่ได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนขาดทักษะในการสร้างแบบจำลอง เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาผู้วิจัยได้ให้นักเรียน จำนวน 37 คน ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของ ฌ็อง-ปอล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง (2563) พบว่า มีนักเรียนจำนวน 23 คน มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จะเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรได้รับการพัฒนาให้นักเรียนมีการสร้างแบบจำลอง เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในบทเรียนทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น เกิดความสนใจในวิชาชีววิทยา รวมทั้งเกิดทักษะกระบวนการต่าง ๆ

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัย พบว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) (Baek et al., 2010) ในรายวิชาเคมี เรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสาร การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้น (หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล และคณะ, 2560) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ฌ็อง-ปอล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง, 2563) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 (สิทธิโชค เอี่ยมบุญ และคณะ, 2563) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อหาที่เป็นนามธรรมจึงต้องใช้การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ซึ่งเป็นการนำกระบวนการสร้างแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิด

โอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจ คิดวิเคราะห์ และพยายามอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการนำความรู้ที่มีอยู่มาออกแบบและสร้างแบบจำลองที่สะท้อนความรู้และการคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาชีววิทยามากขึ้น ตลอดจนเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างแบบจำลองในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ในการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ได้มาจากการตรวจสอบความรู้เดิม หลังจากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง โดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สิ่งของที่เป็นรูปธรรม ภาษาคำพูด สัญลักษณ์ หรือรูปภาพ ต่อมานักเรียนทำการใช้และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นหากพบว่าอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ยังไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปแก้ไขและปรับปรุง เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายได้ดีขึ้น และสุดท้ายนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมเพื่อขยายแบบจำลอง (Gobert and Buckley, 2000; Gilbert and Justi, 2016) ซึ่งการนำแบบจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น (Gilbert, 2004) นอกจากนี้การที่นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้นยังช่วยให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้น จากการศึกษาผลการวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสนับสนุนได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้ ซึ่งจะเป็นผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้น

จากประเด็นข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาในส่วนนี้ว่าเป็นปัญหาที่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมาย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ (action research) เป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ของผู้ที่ปฏิบัติงาน เพื่อที่จะปรับปรุงการปฏิบัติงานและงานที่กำลังดำเนินการอยู่ให้มีคุณภาพ และประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในรายวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาหรือวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสร้างแบบจำลองในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 23 คนจากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 37 คน ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การออกแบบกิจกรรมของครูที่จัดให้มีการสร้างแบบจำลองซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจ คิด ออกแบบ สร้างแบบจำลองเพื่อนำมาใช้ในการสะท้อนหรืออธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนการสอนของ Gobert and Buckley (2000) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้
 - ขั้นที่ 1 นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดในประเด็นที่จะศึกษา
 - ขั้นที่ 2 ครูประเมินและทบทวนแนวคิดเดิมของนักเรียนเพื่อเป็นข้อมูลนำไปจัดการเรียนรู้ให้มีความเชื่อมโยงกับแนวคิดของนักเรียน ครูทำการตรวจสอบแนวความคิดของนักเรียนผ่านแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน
 - ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันและทำการวิเคราะห์และตีความสถานการณ์นั้น และลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นไปลองใช้และประเมินกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองนั้นถูกปฏิเสธ เนื่องจากยังอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ ดังนั้นนักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไข แบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่ปรับปรุง หรือแก้ไขมาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น ๆ เพื่อขยายแบบจำลอง

2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง นักเรียนสามารถสร้างสิ่งที่มาจากปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ศึกษาให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ ตลอดจนความสามารถในการนำเสนอแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองต่าง ๆ ได้แก่ แบบจำลองเชิงภาพ แบบจำลองเชิงภาษา และแบบจำลองเชิงรูปธรรม โดยงานวิจัยนี้ทำการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง 2 ส่วน รวมเป็นคะแนนเต็ม 24 คะแนน ดังนี้

2.1 ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยวัดได้จากแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ทำวามจริงปฏิบัติการ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปริกของ ฌ์ฐพล กวดไทย และ สุมาลี ชุกำแพง (2563) ซึ่งมี 4 รายการประเมิน ได้แก่ ความสอดคล้องกับกฎทฤษฎี ความถูกต้องตามโนทัศน์ การระบอบค์ประกอบของแบบจำลอง และความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละรายการประเมิน คือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ ทำให้คะแนนที่ได้ในแต่ละข้ออยู่ที่ 0-8 ดังนั้นคะแนนที่ได้จากข้อสอบทั้ง 2 ข้อ อยู่ที่ 0-16 จากนั้นนำคะแนนไปรวมกับคะแนนในส่วนของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

2.2 กระบวนการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง
2. การใช้แบบจำลอง
3. การเปรียบเทียบและประเมิน
4. การปรับปรุงแบบจำลอง

โดยวัดได้จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปริกที่ดัดแปลงมาจาก Schwarz et al. (2009) ซึ่งมี 4 รายการประเมิน ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละรายการประเมิน คือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ ทำให้คะแนนที่ได้อยู่ที่ 0-8 จากนั้นนำคะแนนไปรวมกับคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยสรุปเป็นหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
3. บริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
4. วิจัยปฏิบัติการ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gilbert et al. (2000) ได้กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ฝึกสร้างหรือปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนฝึกปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์

Gobert and Buckley (2000) ได้กล่าวว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการสร้างและการปรับปรุงแบบจำลอง อย่างต่อเนื่อง

Buckley et al. (2004) ได้กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่อง

Baek et al. (2010) ได้กล่าวว่า เป็นการสอนที่เน้นการปฏิบัติการสร้าง การใช้ การประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งสมมติฐาน การสังเกต การอภิปราย เพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบความคิดและการให้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ผ่านการพูดและเขียน

Xiang & Passmore (2015) ได้กล่าวว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนใช้และพัฒนาแบบจำลองซึ่งเป็นตัวแทนในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและเพื่อให้เข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยถือว่าการสร้างแบบจำลองเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) ได้กล่าวว่า วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานถือว่าเป็นวิธีที่ให้ผู้เรียนได้สร้างหรือปรับปรุงแบบจำลอง กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาแบบจำลองมาประกอบการอธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้ปรับปรุงแบบจำลอง เมื่อแบบจำลองไม่สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนในการอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกการปฏิบัติหรือคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้องานของนักวิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนใช้แบบจำลองเป็นตัวแทนในการสื่อสารทางความคิดความเข้าใจที่มีต่อปรากฏการณ์นำไปสู่การอธิบายปรากฏการณ์ผ่านแบบจำลอง ให้ผู้อื่นเข้าใจเหตุการณ์หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้น

2. ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert and Buckley (2000) ได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยในขั้นนี้ครูมีหน้าที่สรุปอ้างอิงแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนอธิบาย

ขั้นที่ 3 นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างลักษณะและสาเหตุของปรากฏการณ์นั้น ๆ จากนั้นนำมาเขียนเป็นแผนผังแนวคิด เปรียบเทียบปรากฏการณ์กับสิ่งที่คล้ายคลึงที่นักเรียนทราบ เพื่อหาแนวทางสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบข้อมูลและจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 4 นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้และประเมิน ซึ่งนักเรียนอาจจะพบว่าแบบจำลองที่ถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้อธิบายได้ดีพอ ดังนั้นนักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 นักเรียนปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 6 ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองอื่น ๆ มาประกอบ เพื่อขยายแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นให้กว้างขึ้น

Schwarz et al. (2009) ได้เสนอขั้นตอนการสอนโดยใช้แบบจำลอง 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเข้าถึงปรากฏการณ์ (Anchoring phenomena) เป็นการทำให้นักเรียนเข้าถึงมโนทัศน์พื้นฐาน โดยใช้คำถามและการสังเกตปรากฏการณ์โดยใช้แบบจำลอง

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างแบบจำลอง (Construct a model) สร้างแบบจำลองเริ่มต้นตามความคิดหรือข้อสมมติฐาน และอภิปรายเกี่ยวกับแบบจำลองกับเป้าหมาย

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและตรวจสอบเชิงประจักษ์ (Empirically test the model) ค้นคว้าข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อทำนายและอธิบายโดยใช้แบบจำลอง

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินแบบจำลอง (Evaluate the model) เป็นขั้นที่นำแบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ค้นคว้ามา หลังจากนั้น อภิปรายผลเพื่อประเมิน และปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองในขั้นถัดไป

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ (Test the model against other ideas) เป็นการนำแบบจำลองไปทดสอบกับทฤษฎีอื่น หรือกฎอื่น ๆ

ขั้นที่ 6 ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Revise the model) แก้ไขแบบจำลองบนพื้นฐานประจักษ์พยาน และเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ และทำเป็นแบบจำลองมิติของกลุ่มหรือของคนส่วนใหญ่

ขั้นที่ 7 ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบาย (Use the model to predictor explain) เป็นขั้นตอนที่ใช้แบบจำลองที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น ๆ

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model) ครูกระตุ้นนักเรียนให้สร้างแบบจำลองทางความคิดออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจที่ให้นักเรียนได้สังเกต ซึ่งในขั้นนี้ครูจะล้วงความรู้เดิมของนักเรียนว่ามีแบบจำลองทางความคิดตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ หลังจากนั้น ครูเพิ่มพูนแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน โดยสอนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ เช่น การให้นักเรียนสังเกตการณ์ต้มน้ำร้อนทำให้ไผ่กาน้ำขยับขึ้น แล้วให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองทำไมถึงเป็นเช่นนั้น

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นที่จะประเมินแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างไว้ในขั้นตอนที่ 2 โดยทำการประเมินว่ามีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงประจักษ์หรือไม่ ซึ่งข้อมูลเชิงประจักษ์จะมาจากกระบวนการสืบเสาะของนักเรียน เช่น การทดลองศึกษาค้นคว้าข้อมูล เป็นต้น ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนพยายามเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ และครูกับนักเรียนจะต้องเป็นผู้ร่วมสร้าง (Co-construction) และส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) นักเรียนจะดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อให้อธิบายได้ถูกต้อง หากนักเรียนค้นพบปรากฏการณ์ข้อเท็จจริง หลักการ

หรือกฎใหม่ๆ ที่ไม่สามารถอธิบายด้วยแบบจำลองแล้วนักเรียนต้องปรับปรุงแบบจำลองไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้แบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) นำแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงลงแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ หรือสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือสามารถนำแบบจำลองนั้นไปอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ได้หรือไม่โดยมีขั้นตอนของแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติและสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเองจนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ ประเมินค่า เปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปอธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ โดยงานวิจัยในครั้งนี้เลือกวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งมี 6 ขั้นตอน เนื่องจากมีความชัดเจนในขั้นตอนและมีความเหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งยังมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองของ Schwarz et al. (2009)

ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

1. ความหมายของแบบจำลอง

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2557) ได้กล่าวว่า แบบจำลองคือสิ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายแนวคิดหลักการ ทฤษฎี หรือกฎ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความจริง โดยแบบจำลองสามารถทำให้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น

ชัยวิชิต เขียรชนะ (2560) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ ตัวแปร หลักการ แนวคิด ฟังก์ชัน ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใด ๆ สามารถเรียกแทนได้อย่างหลากหลาย เช่น โมเดล รูปแบบ แบบจำลอง ตัวแบบ โดยแปลมาจากคำศัพท์ภาษาอังกฤษเพียงหนึ่งคำ คือ model

Gilbert et al. (2000) ได้กล่าวว่า แบบจำลองหมายถึงการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์อย่างเฉพาะเจาะจง

Cartier et al. (2001) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นแนวคิดที่ ใช้สำหรับการอธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นได้มาจากผลของการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์

Justi and Gilbert (2002) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงทำให้สิ่งที่เป็นามธรรมมีความชัดเจนสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น

Gilbert (2003) ได้กล่าวว่า แบบจำลอง คือ สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อใช้อธิบายแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ หรือเป็นสิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนของ ระบบ แนวคิด วัตถุเหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดเชิงนามธรรมของปรากฏการณ์ ซึ่งถูกทำให้อยู่ในลักษณะที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นถือเป็นลักษณะที่สำคัญของแบบจำลอง

Lee and Kim (2014) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่แสดงโครงสร้างทางความคิด ใช้เพื่อแสดงหรืออธิบายปรากฏการณ์ให้เข้าใจได้ง่าย

Bryce et al. (2016) ได้กล่าวว่า แบบจำลองเป็นตัวแทนความคิดที่ถูกทำให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายขึ้นจากที่เคยมีความซับซ้อน เพื่อให้ให้นักวิทยาศาสตร์สามารถนำความรู้ความเข้าใจมาใช้ในการสื่อสารได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ความหมายของแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนความคิดที่ถูกจัดกระทำให้อยู่ในลักษณะที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น เพื่อใช้สำหรับอธิบายและทำนาย ตลอดจนการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทของแบบจำลอง

ชาติรี ฝ่ายคำตา และกรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) แบ่งแบบจำลองเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (mental models) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคลสร้างขึ้นโดยบุคคลนั้น เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่อยู่ภายใน จึงถือว่าเป็นแบบจำลองของบุคคล (personal model) ที่อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ อาจมีระดับของความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับ ต่าง ๆ กันไป ดังนั้นจึงเป็นการยากที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของแต่ละบุคคล

2) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ แสดงความคิดเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโลก เช่น แบบจำลองแสดงวัฏจักรของน้ำ แบบจำลอง DNA ของ Watson and Crick สามารถแสดงออกได้หลายรูปแบบ เช่น ไดอะแกรม แผนผัง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

3) แบบจำลองประวัติศาสตร์ (history models) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์

4) แบบจำลองที่แสดงออก (expressed models) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้ ทำให้แบบจำลองทางความคิดชัดเจนมากขึ้น

5) แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus models) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มผู้ศึกษาเรื่องนั้น ๆ เช่น แบบจำลองที่ได้จากการลงมติของผู้เรียนในชั้นเรียน

6) แบบจำลองหลักสูตร (curricular model) เป็นแบบจำลองในรูปแบบที่ง่ายขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองแบบจุดของลิวอิส ที่ใช้แสดงโครงสร้างอะตอมและการสร้างพันธะของสาร

7) แบบจำลองการสอน (teaching model) เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจแบบจำลองหลักสูตรมากขึ้น เช่น การใช้การอุปมาอุปไมยระหว่างระบบสุริยะจักรวาลกับโครงสร้างอะตอม

8) แบบจำลองอะตอม (hybrid model) เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการใช้ลักษณะของแบบจำลองหลาย ๆ ประเภทร่วมกัน

Grosslight et al (1991) จำแนกประเภทยของแบบจำลองตามลักษณะภายนอกไว้ 4 แบบดังต่อไปนี้

1) วัตถุและตัวบุคคล (Object and People) หมายถึง การใช้วัตถุที่เป็น 3 มิติ หรือคน เช่น ของเล่นเด็ก แบบจำลองทางสถาปัตยกรรม การใช้บทบาทสมมติ เป็นต้น

2) แผนภาพ (Visual) หมายถึง การใช้ภาพวาดที่เป็น 2 มิติ เช่น ภาพวาด แผนผัง กราฟ แผนที่ พิมพ์เขียว เป็นต้น หรือเป็น 3 มิติที่แสดงในคอมพิวเตอร์

3) ภาษา (Verbal) หมายถึง การพูดหรือการเขียน เช่น การเรียนการสอน เป็นต้น

4) นามธรรม (Abstract) หมายถึง การเป็นตัวแทนของแนวคิด เช่น แบบจำลองทางทฤษฎี แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

Harison and Treagust (2000) จำแนกประเภทยของแบบจำลองจากวัตถุประสงค์และหน้าที่ของแบบจำลอง โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และแบบจำลองที่ใช้ในการสอน (Scientific and teaching models) แบ่งออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1.1) แบบจำลองเชิงมาตราส่วน เป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการบรรยายบ่งบอกลักษณะรูปร่าง สี และโครงสร้างภายนอก เช่น แบบจำลองรถ เรือ สัตว์ และพืช เป็นต้น

1.2) แบบจำลองเชิงเทียบร่วมทางการสอน นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยใช้

อธิบายสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสังเกตได้ เช่น ใช้ไม้แทนพันธะยึดกับลูกบอลที่แทนอะตอม เพื่อแสดงเป็นแบบจำลองโครงสร้างของโมเลกุล เป็นต้น

1.3) แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ เป็นการใช้อธิบายและสื่อความหมาย ส่วนใหญ่จะเป็นสูตรหรือสมการ เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ CO_2 เป็นต้น

1.4) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการใช้สมการทางคณิตศาสตร์และกราฟ เช่น สมการ $F = ma$ เป็นต้น

1.5) แบบจำลองเชิงทฤษฎี ใช้ในการอธิบายหลักการของทฤษฎี เช่น ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เป็นต้น

2) แบบจำลองบรรยายมโนทัศน์ (Models depicting multiple concepts) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1) แผนที่ แผนภาพ และตาราง เป็นแบบจำลองที่แสดงให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและง่ายต่อการสร้างมโนภาพ เช่น ตารางพันธะเวกเตอร์ และแผนภาพต้นไม้ เป็นต้น

2.2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์กระบวนการ นำมาใช้ในการอธิบายมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องทางด้านวิทยาศาสตร์ เช่น ปฏิกริยารีดอกซ์ และสมดุลเคมี เป็นต้น

2.3) สถานการณ์จำลอง มักใช้แสดงกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งมีความเสมือนจริงโดยอาศัยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การจำลองการบินของเครื่องบิน เป็นต้น

3) แบบจำลองส่วนบุคคลของความเป็นจริง ทฤษฎี และกระบวนการ (Personal models of reality, theories and processes) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1) แบบจำลองทางความคิด เป็นแบบจำลองที่เกิดจากการแปรความหมายของบุคคลจากสมอง ซึ่งแบบจำลองชนิดนี้มีความสัมพันธ์กับการช่วยคิดภาพในการสร้างแบบจำลอง

3.2) แบบจำลองเชิงสังเคราะห์ เป็นแบบจำลองที่สังเคราะห์ได้จากการรับรู้ของนักเรียนและจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของครู

Gilbert (2004) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองจากวิธีการของตัวแทนความคิด (Mode of representations) เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงรูปธรรม เป็นแบบจำลองที่เป็นลักษณะ 3 มิติ ที่มีความทนทาน เช่น แบบจำลองระบบหมุนเวียนเลือด เป็นต้น

2) แบบจำลองเชิงภาษา เป็นการพูดหรือการเขียนคำอธิบายของลักษณะของตัวแทนความคิด ซึ่งจะมีการเปรียบเทียบร่วมด้วย

3) แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ เป็นแบบจำลองที่เป็นพวกสัญลักษณ์ สมการ และสูตร เช่น กฎอัตราการเกิดปฏิกิริยา เป็นต้น

4) แบบจำลองเชิงภาพ ประกอบไปด้วย ภาพวาด แผนภาพ กราฟ และภาพเคลื่อนไหว ในเชิง 2 มิติ เช่น แผนผังแสดงโครงสร้างทางเคมี เป็นต้น

5) แบบจำลองเชิงท่าทาง เป็นแบบจำลองที่มีการใช้ร่างกายหรือส่วนของร่างกาย เช่น การแสดงการเคลื่อนที่ของการย่อยแบบเพอริสตัลซิส โดยใช้ส่วนของร่างกายในการแสดง เป็นต้น

Nicolaou and Constantinou (2014) ได้แบ่งประเภทของแบบจำลองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางความคิด (Mental models) ได้มาจากกระบวนการทางปัญญาของบุคคล ที่ได้รับประสบการณ์จากสถานการณ์ใหม่

2) แบบจำลองทางมโนทัศน์ (Conceptual models) เป็นแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจากวิจัย หรือการศึกษาที่เป็นที่ยอมรับ เพื่อบ่งบอกถึงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และนำไปใช้วิเคราะห์ และสร้างคำทำนาย

3) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) แบบจำลองที่เป็นตัวแทนความคิดที่ถูกจัดกระทำให้อยู่ในลักษณะของ สัญลักษณ์ และถูกนำมาใช้ในการพัฒนาความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์

Jong et al. (2015) ทำการแบ่งแบบจำลองตามการเรียนรู้ได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific models) เป็นแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ นำมาใช้ในการอธิบาย

2) แบบจำลองทางความคิด (Mental models) เป็นคำอธิบายที่นักเรียนนำมาใช้ในการ ปรากฏการณ์ที่สนใจและจำเพาะเจาะจง

3) แบบจำลองที่แสดงออก (Express models) ประกอบด้วยแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ และ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Bryce et al. (2016) ได้แบ่งแบบจำลองที่นักชีววิทยาใช้ออกเป็น 3 ประเภท และแบ่ง ประเภทของแบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยาออกเป็น 5 ประเภท

แบบจำลองที่นักชีววิทยาใช้มี 3 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงกายภาพ เป็นตัวแทนความคิดในลักษณะ 3 มิติ มีความคงทน เช่น แบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอพันเป็นเกลียวคู่ เป็นต้น

2) แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ใช้ในการสื่อสารในรูปของภาษาหรือรูปภาพ เช่น แผนภาพดีเอ็นเอ เป็นต้น

3) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ ใช้แสดงสัญลักษณ์หรือกราฟ เช่น กราฟแสดงอัตราการ เจริญเติบโตของเม่นทะเล

แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยามี 5 ประเภท ดังนี้

1) แบบจำลองเชิงรูปธรรม เป็นแบบจำลอง 3 มิติ ตัวอย่างเช่น ใช้แสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอ และแบบจำลองของระบบย่อยอาหารที่ทำจากดินน้ำมัน เป็นต้น

2) แบบจำลองเชิงภาษา เช่น การอธิบายเพื่อบรรยายลักษณะของโครงสร้างของดีเอ็นเอ

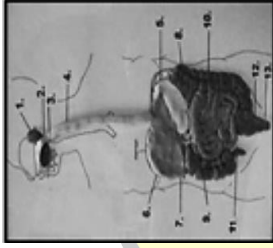
3) แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ เช่น การใช้สัญลักษณ์และสมการมาช่วยในการคำนวณความถี่อัลลีล เป็นต้น

4) แบบจำลองเชิงภาพ เช่น ภาพแสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอ ภาพแสดงทางเดินอาหารของสัตว์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

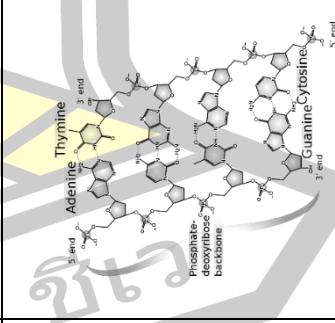
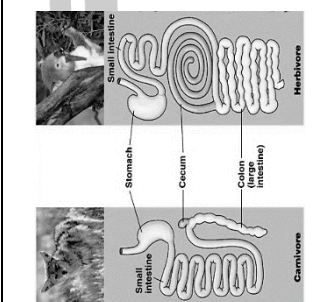
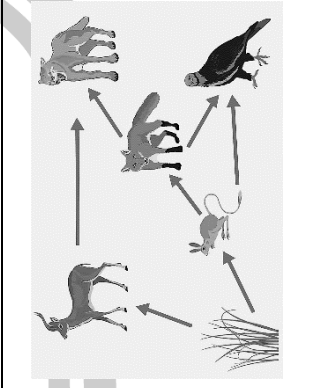
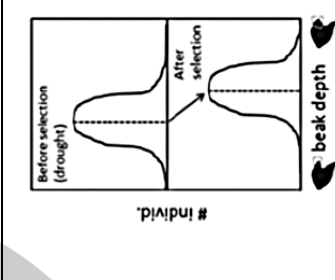
5) แบบจำลองเชิงทำทาง เช่น การใช้ส่วนของมือเพื่อแสดงการเคลื่อนที่แบบเพอริสตัลซิส



ตารางที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยา (Bryce et al, 2016)

วิธีการ	ดีเอ็นเอ	ระบบย่อยอาหาร	สายใยอาหาร	วิวัฒนาการ
แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete/material models)	แบบจำลองทางกายภาพของดีเอ็นเอ (เช่น การสร้างแบบจำลองจากพลาสติก) 	แบบจำลองดินน้ำมันของระบบย่อยอาหาร 	สวนเถาหรือตู้ปลา 	แบบจำลองจะงอยปากของนกพิราบ 
แบบจำลองเชิงภาษา (Verbal models)	โมเดลของดีเอ็นเอมีลักษณะโครงสร้างเป็นเกลียวที่ประกอบด้วยน้ำตาลและหมู่ฟอสเฟตอยู่ด้านข้าง และมีเบสวงแหวนอยู่เป็นคู่ 	ช่องทางเดินอาหารมีลักษณะเป็นท่อยาว โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องทางเดินอาหารขึ้นอยู่กับแต่ละอวัยวะ	ในระบบนิเวศประกอบด้วย สปีชีส์ของสิ่งมีชีวิตที่มีการกิน ต่อกันเป็นทอดๆ	จะงอยปากของนกพิราบที่เปรียบเทียบกับ ส้อม มีช้อน และตะเกียบ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีความเหมาะสมสำหรับอาหาร ที่แตกต่างกันออกไป

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วิธีการ	ดีเอ็นเอ	ระบบย่อยอาหาร	สายใยอาหาร	วิวัฒนาการ
แบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Symbolic models)	จากสมบัติของเบสคู่สม คือ เบส A-T และ G C สามารถคำนวณเบส A จาก เบส G ได้ ถ้ากำหนดให้เบส G- 20% ดังนั้นเบส A เป็นร้อยละเท่าไร คำนวณเบส A ได้จาก $((100 - (2 \times 20)) / 2) =$ ร้อยละ 30	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างง่ายของเอนไซม์และตัวเร่งปฏิกิริยา คือ $E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$	หากพลังงานสุทธิ (Net energy) จากผู้ผลิตประมาณร้อยละ 10 ถูกถ่ายโอนไปยังสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในลำดับถัดไป ผู้บริโภคลำดับที่สองจะได้รับพลังงานจากผู้ผลิตที่มีพลังงาน 10,000 kcal เป็นที่ kcal (ได้รับประมาณ 1,000 kcal)	จงอยปากขนาดใหญ่ = A (ลักษณะเด่น) จงอยปากขนาดเล็ก = 8 (ลักษณะด้อย) นกฟินช์จำนวน 100 ตัว มีจีโนไทป์เป็น 500AA 15Aa และ 35Aa จงคำนวณความถี่อัลลีลของ A และ a ก่อนและหลังการคัดเลือกโดยตัวอย่างนกฟินช์ที่ได้รับ การคัดเลือกมา มีจีโนไทป์เป็น 75AA 5Aa และ 20aa
แบบจำลองเชิงภาพ (visual models)				

ตารางที่ 1 (ต่อ)

วิธีการ	สื่อเสนอ	ระบบย่อยอาหาร	สายใยอาหาร	วิวัฒนาการ
แบบจำลองเชิง ทำทาง (gestural models)	ครูแสดงการแยกออกของคู่ DNA (unzipping) และการ จับคู่ของ DNA โดยใช้มือและ การสแกนของนิ้วมือ	ใช้มือแสดงการเคลื่อนที่แบบ เพอริสตัลซิส (Peristalsis)	นักเรียนเป็นเป็นแถว 3-4 คน (ตามลำดับขั้นของการกิน) หลังจากนั้นจึงส่งลูกบอลต่อกัน เป็นทอด ๆ เพื่อแสดง ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ	ให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ที่ได้รับ เช่น ส้อม มีด ช้อน และ ตะเกียบตักเมล็ดพืชที่มีขนาด และรูปร่างแตกต่างกัน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของประเภทของแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่าแบบจำลองมีหลากหลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดจำแนก ซึ่งแบบจำลองแต่ละประเภทมีลักษณะและการนำไปใช้ที่ต่างกัน โดยใช้เพื่อเป็นสื่อในการสะท้อนหรืออธิบายปรากฏการณ์ให้สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยงานวิจัยครั้งนี้ ใช้แบบจำลองทางชีววิทยาตามรูปแบบของ Bryce et al. (2016) 3 ประเภท คือ แบบจำลองเชิงภาษา แบบจำลองเชิงภาพ และแบบจำลองเชิงรูปธรรม

3. ความหมายของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

Lesh et al. (2003) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองเป็นระบบของมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงถึงการใช้ตัวแทนความคิดที่สัมพันธ์กัน รวมทั้งการเขียนสัญลักษณ์ การพูด กราฟิก แผนภาพ หรือกราฟ

Fortus, Rosenfeld and Swartz (2010) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลอง มีองค์ประกอบด้านการปฏิบัติ ประกอบด้วย การสร้าง การใช้ การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง และด้านความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเชิงอภิมาน เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

Yildirim (2011) ได้กล่าวว่า เป็นความสามารถในการออกแบบแบบจำลองหรือคำอธิบายของปรากฏการณ์ให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย

National Research Council (2011) ได้กล่าวว่า เป็นความสามารถในการสร้างและปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ซึ่งเป็นการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เกิดการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Rapp and Sengupta (2012) ได้กล่าวว่า เป็นกระบวนการในการสร้าง ขยาย ตรวจสอบ หรือทดสอบแบบจำลอง

Hoskinson et al. (2014) ได้กล่าวว่า เป็นการสร้างมโนทัศน์ที่จะช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่มีกระบวนการค่อนข้างซับซ้อน โดยการสร้างแบบจำลองที่ประกอบด้วยการสร้างและการใช้แบบจำลอง

Nicolaou and Constantinou (2014) ได้กล่าวว่า เป็นการสร้างและพัฒนาแบบจำลองเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการ และมโนทัศน์ และปฏิบัติงานอย่างนักวิทยาศาสตร์

Gilbert and Justi (2016) ได้กล่าวว่า เป็นกระบวนการของการประดิษฐ์หรือสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วยการใช้ และการแปลความหมายข้อมูลของแบบจำลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ได้กล่าวว่า เป็นความสามารถในการสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายประเด็นที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ

แผนภูมิรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปแบบของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความหมายของการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง หมายถึง การสร้างสิ่งทีมาจากปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ศึกษาให้ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ และใช้สิ่งที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ ตลอดจนความสามารถในการนำเสนอแนวคิด เพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจในรูปแบบของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

4. องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

Chang (2008) ได้ทำการระบุองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย 3 ประการ คือ

- 1) ความเข้าใจในแบบจำลองว่าแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับมันทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- 2) การเรียนรู้และการสร้างแบบจำลอง เพื่อนำไปอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์
- 3) การนำแบบจำลองไปใช้แก้ปัญหาการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และพัฒนาเชื่อมโยงแบบจำลองทางความคิด

Hung and Lin (2009) ได้แบ่งความสามารถในการสร้างแบบจำลองตามลำดับขั้นของการสร้างแบบจำลองมี 5 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) การเลือกแบบจำลอง ทำการพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลอง
- 2) การสร้างแบบจำลอง โดยคำนึงถึงมันทัศน์ หลักการทฤษฎี และกฎ
- 3) การพิสูจน์ความถูกต้องแบบจำลอง โดยคำนึงถึงความสอดคล้อง ความสมบูรณ์ของแบบจำลอง
- 4) การวิเคราะห์แบบจำลอง โดยคำนึงถึงประเด็นทางคณิตศาสตร์ และการให้ผลที่สอดคล้องกัน และตรงกัน
- 5) การนำแบบจำลองไปใช้ โดยสามารถบอกข้อจำกัด ปัญหา และแนวทางการแก้ไข

Schwarz et al. (2009) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยปฏิบัติหรือกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Practice of modeling) และความรู้เชิงอภิมาน (Meta knowledge) ดังนี้

การปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้

- 1) สร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎีที่แสดง อธิบาย หรือทำนายปรากฏการณ์
- 2) ใช้แบบจำลองในการยกตัวอย่าง อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์

3) เปรียบเทียบและประเมินความสามารถของแบบจำลองที่แตกต่างกัน

4) ปรับปรุงแบบจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบาย และทำนายปรากฏการณ์เพิ่มเติม
ความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเชิงอภิมาน (Metamodeling knowledge) ช่วยชี้
แนวทางเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองของนักเรียน และช่วยให้สามารถวางแผนและประเมินสิ่งที่สนใจ
ได้อย่างมีคุณภาพ ในการสร้างแบบจำลองนักเรียนจำเป็นต้องมีความเข้าใจในวัตถุประสงค์ ธรรมชาติ
และเกณฑ์ในการประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของแบบจำลอง

- 1.1 แบบจำลองเป็นเครื่องมือในการสร้างความเข้าใจเพื่อที่จะสร้างความรู้
- 1.2 แบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารที่ใช้ในการถ่ายทอดความเข้าใจหรือความรู้
- 1.3 แบบจำลองสามารถใช้ในการพัฒนาความเข้าใจใหม่ๆ หรือใช้ในการทำนายลักษณะ
ใหม่ๆ ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

2. ธรรมชาติของแบบจำลอง

- 2.1 แบบจำลองสามารถแทนสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นและไม่สามารถเข้าถึงได้
- 2.2 แบบจำลองที่แตกต่างกันสามารถให้ประโยชน์ที่ต่างกัน
- 2.3 แบบจำลองเป็นตัวแทนของสิ่งที่มีข้อจำกัดในปรากฏการณ์ธรรมชาติ
- 2.4 แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อสะท้อนความเข้าใจที่เพิ่มขึ้นของปรากฏการณ์
ธรรมชาติ
- 2.5 แบบจำลองมีได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แผนภาพ วัสดุ สถานการณ์จำลอง เป็นต้น

3. เกณฑ์สำหรับประเมินและปรับปรุงแบบจำลอง

- 3.1 แบบจำลองจำเป็นต้องยึดอยู่บนหลักฐานเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา
- 3.2 แบบจำลองจำเป็นต้องรวมสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา

National Research Council (2011) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลอง (Modeling) ของ
นักเรียนสามารถเกิดขึ้นตั้งแต่ระดับประถมต้นในลักษณะของแบบจำลองเชิงรูปธรรม ภาพวาด หรือ
แบบจำลองระดับกายภาพ เช่น แบบจำลองรถของเล่น เป็นต้น เมื่อนักเรียนอยู่ในระดับสูงขึ้น
แบบจำลองของนักเรียนมีความเป็นนามธรรมมากขึ้น เช่น แผนภาพแสดงที่กระทำต่อวัตถุ เป็นต้น
นอกจากนี้ยังระบุองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองสำหรับนักเรียนระดับชั้นต่าง ๆ
ไว้ดังนี้

1) นักเรียนเกรด K-2 ประกอบด้วยความสามารถย่อย 3 ความสามารถ คือ การสร้าง
แบบจำลอง การใช้แบบจำลอง และการพัฒนาแบบจำลอง

2) นักเรียนเกรด 3-5 ประกอบด้วยความสามารถย่อย 4 ความสามารถ คือ การสร้าง
แบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง และการพัฒนาแบบจำลอง

3) นักเรียนเกรด 6-8 ประกอบด้วยความสามารถย่อย 5 ความสามารถ คือ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลอง และปรับปรุงแบบจำลอง

4) นักเรียนเกรด 9-12 ประกอบด้วยความสามารถย่อย 6 ความสามารถ คือ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง การพัฒนาแบบจำลอง ปรับปรุงแบบจำลอง และปรับเปลี่ยนแบบจำลอง

Papaevripidou et al. (2014) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลองแบ่งเป็น 2 องค์ประกอบหลัก คือ ความสามารถในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วยการปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Modeling practices) และ ความรู้เชิงอภิมาน (Meta-knowledge) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง (Modeling practices) ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ คือ การสร้างแบบจำลอง (Model construction) การใช้แบบจำลอง (Model use) การเปรียบเทียบแบบจำลอง (Models comparison) และการปรับปรุงแบบจำลอง (Model revision)

2) ความรู้เชิงอภิมานเกี่ยวกับแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (Meta-knowledge about model and modeling) ประกอบด้วยความรู้ 2 ประเภท คือ ความรู้เชิงอภิมานเกี่ยวกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง (Meta-knowledge about the modeling process) ซึ่งกล่าวถึงความสามารถของนักเรียนในการแสดงและสะท้อนขั้นตอนที่สำคัญในระหว่างการสร้างแบบจำลอง และการได้มาซึ่งความรู้ในการสร้างแบบจำลอง (Epistemic knowledge) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับธรรมชาติของแบบจำลองและวัตถุประสงค์ของแบบจำลองและสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง

Jong et al. (2015) ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองเป็นทักษะการคิด ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

- 1) การเลือกองค์ประกอบของแบบจำลองที่มีความเหมาะสม
- 2) การเชื่อมองค์ประกอบของแบบจำลองเพื่อสร้างแบบจำลอง
- 3) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
- 4) การนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ปัญหาที่เป้าหมาย
- 5) การประยุกต์แบบจำลอง เพื่อใช้แก้ปัญหาในบริบทที่คล้ายกัน
- 6) การปรับปรุงแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องขององค์ประกอบของความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก

ได้แก่ 1. การปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 4 กระบวนการ ได้แก่ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง 2. ความรู้ในการสร้างแบบจำลอง เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติในการสร้างแบบจำลอง โดยการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องอาศัยความรู้ในการสร้างแบบจำลองร่วมด้วย โดยในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1. กระบวนการสร้างแบบจำลอง วัดในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และ 2. ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง วัดด้วยแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองท้ายวงจรปฏิบัติการ

5. ความสำคัญของการสร้างแบบจำลอง

การพัฒนาความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เป็นหนึ่งในความสำคัญสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Schweingruber et al., 2012) เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นบางปรากฏการณ์ได้โดยตรง หรือมีความซับซ้อนจึงทำให้เข้าใจได้ยาก (Bryce et al., 2016) นักวิทยาศาสตร์จึงได้ใช้กระบวนการแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าผ่านการสร้างแบบจำลองและใช้เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ (Gilbert and Iretton, 2003) แบบจำลองที่นำมาใช้มี 2 แบบ คือ 1) แบบจำลองที่ใช้เพื่ออธิบายธรรมชาติของโลก ซึ่งนำมาใช้สำหรับการทำนายปรากฏการณ์ และ 2) แบบจำลองที่ใช้ในการสื่อสารและอธิบายความรู้หลักการหรือทฤษฎีไปยังผู้อื่น ทำให้เกิดการเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปยังบุคคลอื่น ๆ (Bryce et al., 2016) จากการศึกษาการนำแบบจำลองมาใช้ประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) แบบจำลองมีความสำคัญต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 2) ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจมากยิ่งขึ้นจากการใช้แบบจำลอง ตลอดจนสื่อสารความรู้ความเข้าใจให้ผู้อื่นเข้าใจได้ 3) ผู้เรียนเกิดความรู้ในบทเรียน และการปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ (Schwarz et al., 2009) การนำแบบจำลองมาใช้ในรายวิชาชีววิทยามีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อความเข้าใจเนื้อหาของผู้เรียน (Bryce et al., 2016) ตัวอย่างผลงานทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายด้วยแบบจำลอง เช่น ตารางพันเนตต์ และแบบจำลองโครงสร้างของดีเอ็นเอ เป็นต้น (Schademan, 2015) และในปัจจุบันนี้ แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองนั้นยังได้ถูกพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (Gilbert et al., 2000)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความสำเร็จของการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างความเข้าใจ และอธิบายความรู้ในปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ยังมีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการแสดงถึงความรู้และความเข้าใจโดยผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้

6. แนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

การส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองมีการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธีที่มีส่วนช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้นทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้น เช่น การจัดการเรียนรู้ Model-Centered Instruction Sequence (MCIS) การจัดการเรียนรู้ด้วยแนวคิดการสร้างตัวแทนความคิด และการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน เพื่อที่จะนำมาใช้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติและสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเองจนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้น ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปอธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้น โดยมีแนวทางดังนี้

1. ก่อนจัดกิจกรรม ครูผู้สอนสร้างความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นนักเรียน โดยการตั้งคำถามหรือสื่อการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลอง
2. การสร้างแบบจำลอง ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยการใช้คำถาม เพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหา
3. การทดสอบแบบจำลอง ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองของตนเองกับข้อมูลหลักการทฤษฎีเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถอธิบายได้ดียิ่งขึ้น
4. การประเมินแบบจำลอง ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองด้วยตนเองและอภิปรายความแตกต่างของแบบจำลองของตนเองและของเพื่อนทำให้เห็นจุดเด่นจุดด้อยที่จะนำไปสู่การปรับปรุง
5. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง ครูกระตุ้นให้นักเรียนแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียนที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน เพื่อแก้ไขให้แบบจำลองนั้นมีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

7. แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

7.1 แบบจำลอง

Jackson (2001) ได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำลองที่นำเสนอด้วยภาพวาดและการอธิบายของนักเรียน ในลักษณะการประเมินแบบบูรณาการแบบแยกแยะประเด็นออกเป็น 3 ประเด็น คือ 1) ภาพวาด 2) ความสอดคล้องของภาพวาดและคำอธิบาย 3) คำอธิบาย ซึ่งแบ่งระดับออกเป็น 4 ระดับ ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการวาดภาพและการอธิบาย

ระดับ ความสามารถ	รายการประเมิน		
	ภาพวาด	ความสอดคล้อง	คำอธิบาย
ดี	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงการเติบโตของผัก การเปลี่ยนแปลงจากหน้าดินที่ไม่มีประโยชน์ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือต้นไม้เตี้ยไปสู่ไม้เถา ไม้เนื้อแข็ง ตามลำดับ ได้อย่างชัดเจน วาดภาพได้ไม่ชัดเจน	คำอธิบายสอดคล้องกับภาพวาด	คำอธิบายมีความสมบูรณ์ ระบุการเปลี่ยนแปลงของพืชตลอดเวลา จากหน้า ดินที่ว่างเปล่าไปสู่การมีไม้ล้มลุก หรือต้นไม้เตี้ย ๆ ไม้เถา ไม้เนื้อแข็ง ตามลำดับ และ เปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืชชนิด อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละ ชั้น
พอใช้	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงการเติบโต ของผัก การเปลี่ยนแปลง จากหน้าดินที่ไม่มี ประโยชน์ ไปเป็นไม้ล้มลุกหรือต้นไม้เตี้ย ไปสู่ไม้เถา ไม้เนื้อแข็ง ตามลำดับได้ไม่ชัดเจน	คำอธิบายส่วนใหญ่สอดคล้องกับภาพวาด	คำอธิบายขาด รายละเอียดเกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงของพืช ตลอดเวลาจากหน้าดินที่ไม่มีพืช จนมีพืชล้มลุกหรือพืชที่มีต้นเตี้ย ๆ ไม้เถา ไม้เนื้อแข็ง ตามลำดับและเปลี่ยนแปลงจนคงที่ รวมถึงการระบุพืชชนิด อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละ ชั้น
ควรปรับปรุง	วาดภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงคลาดเคลื่อน	วาดภาพไม่สอดคล้องกับคำอธิบาย	คำอธิบายผิด
ไม่ผ่าน	ภาพวาดไม่สอดคล้อง	ภาพวาดและคำอธิบายผิด	คำอธิบายผิด

Bamberger and Davis (2013) ทำการวัดและประเมินแบบจำลองเชิงภาษาและแบบจำลองเชิงภาพร่วมกันจากการให้นักเรียนวาดแบบจำลอง เรื่อง กลิ่น การระเหย และแรงเสียด

ทาน จากนั้นแบ่งองค์ประกอบของการประเมินเป็น 4 องค์ประกอบ คือ 1. การอธิบาย 2. การเปรียบเทียบ 3. ความเป็นนามธรรม 4. การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง ปรากฏดังตารางที่ 3 ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองเชิงภาพและเชิงภาษา

ระดับ	รายการประเมิน			
	คำอธิบาย	การเปรียบเทียบ	ความเป็นนามธรรม	การระบุ
1	แบบจำลองไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนและหลัง และไม่มีการอธิบายกระบวนการ	ไม่มีการเปรียบเทียบแบบจำลอง มีการอธิบายเฉพาะสถานการณ์เดียว	มีเฉพาะองค์ประกอบที่สามารถมองเห็นได้ เช่น เครื่องดับกลิ่นหรือบุคคล	ไม่มีการระบุค่าสำคัญ
2	แบบจำลองที่มีการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นผ่านกระบวนการ แต่ไม่มีการอธิบายเหตุผล	มีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ที่อธิบายเพียงสถานการณ์เดียว แต่มีคำศัพท์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เช่น เร็วกว่า ช้ากว่า	มีองค์ประกอบที่ไม่สามารถมองเห็นได้ เช่น คลื่น การเคลื่อนที่ของโมเลกุลด้วย	มีการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองบางส่วน
3	แบบจำลองที่อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเกิดผ่านกระบวนการ รวมถึงเหตุผล สำหรับการเกิดผลลัพธ์ โดยมีการอธิบายผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้ง 2 อุณหภูมิ	มีการเปรียบเทียบแบบจำลอง ในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นทั้งสองสถานการณ์	มีองค์ประกอบที่ไม่สามารถมองเห็นได้ มีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบ	มีการระบุองค์ประกอบของแบบจำลองของนักเรียนทั้งหมด

ณัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง (2563) ทำการวัดและประเมินแบบจำลองจากการให้นักเรียนวาดแบบจำลอง ในลักษณะการประเมินแบบบูรณาการแบบแยกแยะประเด็นออกเป็น 4 ประเด็น

คือ 1) ความสอดคล้องกับกฎทฤษฎี 2) ความถูกต้องตามมโนทัศน์ 3) การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง 4) ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบที่เป็นแบบจำลองเชิงภาพและเชิงภาษา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ของณัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชุกำแพง (2563) ปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองเชิงภาพและเชิงภาษา

ระดับ	รายการประเมิน			
	ความสอดคล้องกับกฎทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย	ความถูกต้องตามมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด
2	แบบจำลองมีความสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง ครบถ้วนและชัดเจน	ภาพมีมโนทัศน์หลักถูกต้อง ครบถ้วน	แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน	ภาพวาดมีความสัมพันธ์ในทุกขั้นตอนของการอธิบาย มีการแสดงภาพวาดในทุกองค์ประกอบที่มีในคำอธิบาย มีการชี้ระบุว่าองค์ประกอบนั้นคืออะไร
1	แบบจำลองมีความสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	ภาพมีความคลาดเคลื่อนจากมโนทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน แต่ไม่ชัดเจน	ภาพวาดมีความสัมพันธ์ในทุกขั้นตอนของการอธิบาย แต่ไม่มีการแสดงภาพวาด 1-2 องค์ประกอบที่มีในคำอธิบาย ไม่มีการชี้ระบุ 1-2 องค์ประกอบว่าคืออะไร

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ระดับ	รายการประเมิน			
	ความสอดคล้องกับ กฎหมาย หรือ ปรากฏการณ์ที่ ต้องการอธิบาย	ความถูกต้องตาม มโนทัศน์หลักของ ปรากฏการณ์	การระบุ องค์ประกอบของ แบบจำลอง	ความสัมพันธ์ ระหว่างคำอธิบาย กับภาพวาด
0	แบบจำลองมีความ สอดคล้องกับกฎ ทฤษฎีหรือ ปรากฏการณ์ที่ ศึกษาได้ไม่ครบถ้วน และไม่ชัดเจน	ภาพไม่ถูกต้องตาม มโนทัศน์หลักของ ปรากฏการณ์ที่ ศึกษา	แบบจำลองมีการ ระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของ แบบจำลองได้ไม่ ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน	ภาพวาดไม่มี ความสัมพันธ์ กับ 1-2 องค์ประกอบของ ภาพวาดในทุก ขั้นตอนของ การอธิบาย แต่ไม่มี การแสดงภาพวาด มากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป ที่มีในคำอธิบาย ไม่มี การชี้ระบุมากกว่า 2 องค์ประกอบ ว่าคืออะไร

7.2 การประเมินกระบวนการปฏิบัติในสร้างแบบจำลอง

Schwarz et al. (2009) ได้แบ่งเกณฑ์การประเมินกระบวนการปฏิบัติเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลองออกเป็น 2 ด้าน คือ 1) เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์ของการประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	(1) นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองในขอบเขตของการช่วยในการคิด (2) นักเรียนพิจารณาว่าปรากฏการณ์และแบบจำลองที่หลากหลายมีความสอดคล้องกัน (3) นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อตั้งคำถามใหม่เกี่ยวกับพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
3	(1) นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองที่หลากหลายเพื่ออธิบายและทำนายลักษณะของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง (2) นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนความคิด เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่มีอยู่และปรากฏการณ์ใหม่ (3) นักเรียนพิจารณาทางเลือกในการสร้างแบบจำลองจากการวิเคราะห์จุดเด่นและจุดด้อย ของแบบจำลองที่แตกต่างกันในการอธิบายและทำนาย
2	(1) นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงและอธิบายเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์โดยการพิจารณาร่วมกับหลักฐานที่เกี่ยวข้อง (2) นักเรียนมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสื่อสารความเข้าใจเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์มากกว่าเครื่องมือสำหรับการสนับสนุนความคิด
1	(1) นักเรียนสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงถึงปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ (2) นักเรียนไม่สามารถมองว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับสร้างความรู้ใหม่ แต่มองว่าแบบจำลองเป็นการแสดงถึงสิ่งอื่นซึ่งมีความคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ที่สังเกต

2) เกณฑ์การประเมินกระบวนการปฏิบัติเพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง ในด้านการประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง ปรากฏดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
4	(1) นักเรียนพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองเพื่อพัฒนาการอธิบายที่ดีขึ้นก่อนการสนับสนุนด้วยหลักฐาน แบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนาคำถามที่ทดสอบกับหลักฐานจากปรากฏการณ์ (2) นักเรียนประเมินแบบจำลองโดยพิจารณาลักษณะร่วมของแบบจำลองที่สามารถพัฒนาคำอธิบายและการทำนายที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ระดับ	พฤติกรรมบ่งชี้
3	(1) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองที่เหมาะสมสอดคล้องกับหลักฐาน เพื่อพัฒนาคำอธิบาย (2) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองจากการมองเห็นองค์ประกอบที่แตกต่างหรือความสัมพันธ์ที่เหมาะสมต่อปรากฏการณ์มากกว่า และมีกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีกว่า
2	(1) นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองโดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้รับจากครู หนังสือหรือเพื่อนมากกว่าการพิจารณาจากหลักฐานที่ได้รับจากปรากฏการณ์หรือกลไกในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ (2) นักเรียนสร้างการเปลี่ยนแปลงเพื่อพัฒนารายละเอียด ความชัดเจน และเพิ่มเติมข้อมูล โดยปราศจากการพิจารณาคำอธิบายที่มีประสิทธิภาพของแบบจำลองหรือความเหมาะสมต่อหลักฐานเชิงประจักษ์
1	(1) นักเรียนไม่คาดหวังว่าแบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงจะนำไปสู่ความรู้ใหม่ นักเรียนพุดคุยเกี่ยวกับแบบจำลองในแง่ของความสมบูรณ์ โดยไม่พิจารณาถึงคำตอบที่ถูกหรือผิด (2) นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อประเมินแบบจำลอง

Baek et al. (2010) ; Schwarz et al. (2009) ได้ศึกษาวิธีการกระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนในระดับประถมศึกษาได้มีส่วนร่วมในการสร้างแบบจำลอง และศึกษาการสร้างแบบจำลองของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาในโครงการการออกแบบการสร้างแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Modeling designs for Learning Science: MoDeLS) โดยมีการออกแบบเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ใน 2 ด้าน คือ ด้านการสร้าง (Generative Dimension) ปรากฏดังตารางที่ 7 และด้านการปรับเปลี่ยน (Change Dimension) ปรากฏดังตารางที่ 8 ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 7 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ด้านการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1.ลักษณะของแบบจำลอง	สร้างและใช้แบบจำลองที่สามารถก่อให้เกิดคำถามใหม่ ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์	สร้างและใช้แบบจำลองที่สามารถใช้แสดงหรือพยากรณ์ที่มีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์	สร้างและใช้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของสิ่งที่ไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5	สร้าง และใช้แบบจำลองที่เป็นตัวแทนสิ่งที่สามารถรับรู้ได้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5
2.วัตถุประสงค์ที่ใช้สื่อความหมายด้วยแบบจำลอง	สร้างแบบจำลองและใช้เพื่อสื่อสารแนวคิดด้วยตนเอง	สร้างแบบจำลองเพื่อช่วยตนเองในการสื่อสารแนวคิดที่จำเพาะเจาะจงของหลักฐาน หรือกลไก หรือกระบวนการไปยังผู้อื่น	สร้างหรือใช้แบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนการคิดของตนเองหรือช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจปรากฏการณ์	สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อแสดงลักษณะที่เหมือนกันแต่ขาดจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนในการสนับสนุนความเข้าใจหรือการสื่อสาร
3.แหล่งอ้างอิงที่ใช้พิจารณาแบบจำลอง	สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่ได้มาจากเนื้อหาหรือจากการสังเกตหรือหลักฐานที่ได้มาจากการศึกษาทดลองด้วยตนเอง	สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสนับสนุนองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่ได้มาจากเนื้อหาความรู้ หรือสิ่งที่ได้มาจากการสังเกต หรือหลักฐานที่ได้มาจากการทดลอง	สร้างหรือใช้แบบจำลองจากการอ้างอิงเนื้อหาจากแหล่งเรียนรู้ตำรา หรือได้จากการสังเกต หรือหลักฐานที่ได้จากการทดลอง	สร้างหรือใช้แบบจำลองจากความพึงพอใจส่วนตัว

ตารางที่ 7 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
4.ความเป็น ตัวแทนของ แบบจำลองที่ ใช้ในการ อธิบาย ปรากฏการณ์	ใช้และสร้างแบบ จำลองในการ อธิบายปรากฏ การณ์ใหม่ที่มีความ เกี่ยวข้องด้วย ตนเอง	ใช้และสร้างแบบ จำลองเพื่ออธิบาย กลไกกระบวนการ หรือความเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประ กอบของแบบจำลอง ปรากฏการณ์	ใช้แบบจำลอง เพื่อใช้เป็น เครื่องมือที่แสดง ความสัมพันธ์ทั่ว ๆ ไปของ ปรากฏการณ์	ใช้แบบจำลอง เป็นเครื่องมือใน การแสดง หรือ บอกโดยไม่มีการ แสดงความ สัมพันธ์กับ ปรากฏการณ์

ตารางที่ 8 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองในด้านการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1.ลักษณะ ของแบบ จำลอง	มีการเปลี่ยนแปลง จำลองเดิมเพื่อให้ เกิดคำถามใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์	เปลี่ยนแปลงจำลอง เพื่อทำให้มีแบบ จำลองมีความ ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งแบบจำลองนั้น สามารถนำไป ประยุกต์ใน ปรากฏการณ์ได้	เปลี่ยนแปลงจำลอง เพื่อทำให้เป็นตัว แทนความคิดที่ดีขึ้น โดยการเพิ่มหรือนำ ลักษณะของปรากฏ การณ์ออกโดยไม่ได้ ลงความคิดเห็นจาก หลายปรากฏการณ์	มีการเปลี่ยนแปลง จำลองเมื่อตัดสินใจ ว่าถูกหรือผิด นักเรียนเปลี่ยน แบบจำลองเพียง เพื่อให้ถูกต้อง เท่านั้น
2. วัตถุประสงค์ ที่ใช้สื่อ ความหมาย ด้วยแบบ จำลอง	เปลี่ยนแปลงจำลอง เพื่อสื่อความหมาย ไปยังแบบจำลอง ของบุคคลอื่น ด้วยตนเอง	เปลี่ยนแปลงจำลอง เพื่อช่วยสื่อความ หมายของแนวคิด ที่เฉพาะเจาะจง ของหลักฐานกลไก และกระบวนการ ไปยังบุคคลอื่น	เปลี่ยนแปลงจำลอง โดยพิจารณาแบบ จำลองว่าสามารถ สะท้อนความคิด ของตัวเองได้ อย่างไรหรือผู้อื่น สามารถเข้าใจ แบบจำลองที่ตัวเอง สร้างขึ้นได้อย่างไร	เปลี่ยนแปลงจำลอง เพื่อแสดงว่ามีบาง สิ่งที่มีลักษณะ เหมือนกันแต่ไม่ได้ มีวัตถุประสงค์ที่จะ สนับสนุนความเข้าใจ ของตัวเองหรือ สื่อความหมายของ แบบจำลอง

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
2.วัตถุ ประสงค์ที่ใช้ สื่อความ หมายด้วย แบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อสื่อความหมาย ไปยังแบบจำลอง ของบุคคลอื่น ด้วยตนเอง	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อช่วยสื่อ ความหมายของ แนวคิดที่เฉพาะ เจาะจงของ หลักฐานกลไก และกระบวนการ ไปยังบุคคลอื่น	เปลี่ยนแบบจำลอง โดยพิจารณาแบบ จำลองว่าแบบจำลอง สามารถ สะท้อนความคิด ของตัวเองได้ อย่างไรหรือผู้อื่น สามารถเข้าใจ แบบจำลองที่ตัวเอง สร้างขึ้นได้อย่างไร	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อแสดงว่ามีบาง สิ่งที่มีลักษณะ เหมือนกันแต่ ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ ที่จะสนับสนุน ความเข้าใจของ ตัวเองหรือสื่อ ความหมายของ แบบจำลอง
3.แหล่ง อ้างอิงที่ใช้ พิจารณา แบบจำลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อปรับให้มีการ สนับสนุนกับองค์ ประกอบเฉพาะ และความสัมพันธ์ ในแบบจำลองที่มา จากเนื้อหาความรู้ ที่ได้จากหลักฐานที่ ได้จากการสังเกต หรือผลการทดลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อปรับให้สนับสนุนกับองค์ประกอบเฉพาะและความสัมพันธ์ในแบบจำลองที่มา จากเนื้อหาความรู้ หลักฐานได้จากการสังเกตหรือผล จากการทดลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง โดยใช้เนื้อหา ความรู้แหล่งเรียนรู้ จากตำรา หรือ หลักฐานที่ได้จาก การสังเกต หรือ ได้จากการ ทดลอง	เปลี่ยนแบบจำลอง เช่น สี รูปร่าง ขนาด บนพื้นฐาน ของความพึงพอใจ ส่วนตัว
4.ความเป็น ตัวแทนของ แบบจำลองที่ ใช้อธิบาย ปรากฏการณ์	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่ออธิบายปรากฏ การณ์อื่น ๆ ที่ เกี่ยวข้องด้วย ตัวเอง	เปลี่ยนเพื่อปรับ ปรุงคำอธิบายของ กลไกกระบวนการ หรือความเชื่อมโยง ระหว่างองค์ประกอบของแบบจำลอง ปรากฏการณ์	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่ออธิบายโดย ทั่วไปและมี ความสัมพันธ์กับ ปรากฏการณ์แต่ ยังขาดการอธิบาย ว่าทำไมยังคงอยู่	เปลี่ยนแบบจำลอง เพื่อแสดง หรือ บอกบางสิ่ง โดยทั่วไปแต่ขาด ความสัมพันธ์กับ ปรากฏการณ์

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ที่ดัดแปลงจาก Schwarz et al. (2009) ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงให้ สอดคล้องกับนิยามศัพท์ของงานวิจัยและความเหมาะสมกับบริบทที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา โดยปรับ รายการประเมินจากตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างและใช้แบบจำลอง ให้เป็น 2 รายการประเมิน คือ การสร้างแบบจำลอง และการใช้แบบจำลอง อีกทั้งยังได้ปรับรายการประเมิน จากตารางที่ 6 เกณฑ์ในการประเมินกระบวนการปรับปรุงแบบจำลอง ให้เป็น 2 รายการประเมิน คือ การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง รวมทั้งสิ้นเป็น 4 รายการประเมิน เพื่อให้ สอดคล้องกับองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลองและตรงตามขั้นตอนการสอนที่ผู้วิจัยเลือกใช้ นอกจากนี้ยังได้ทำการปรับระดับคะแนนจาก 4 ระดับ เป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 0 ระดับ 1 (ปรับมา จากระดับที่ 1-2 ของตารางที่ 5 และ 6) และระดับ 2 (ปรับมาจากระดับ 3-4 ของตารางที่ 5 และ 6) โดยสามารถสรุปเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ดัดแปลงจาก Schwarz et al. (2009) ได้ดังปรากฏในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1.การสร้าง แบบจำลอง	นักเรียนสร้างแบบจำลอง สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ได้อย่าง ถูกต้องครอบคลุมในทุก องค์ประกอบ	นักเรียนสร้างแบบจำลอง สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ได้อย่าง ถูกต้อง แต่ขาดการระบ องค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนสร้างแบบจำลอง ไม่สอดคล้องกับ หลักฐานทฤษฎีที่ เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์
2.การใช้ แบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองใน การอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ ได้ถูกต้องและชัดเจน	นักเรียนใช้แบบจำลองใน การอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือ ปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนไม่สามารถใช้ แบบจำลองในการ อธิบายหลักฐานทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้

ตารางที่ 9 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3.การประเมินแบบจำลอง	นักเรียนมีการประเมินและเปรียบเทียบถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่นักเรียนสร้างกับแบบจำลองอื่นได้อย่างครบถ้วน และสามารถตัดสินใจหรือบอกได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแบบจำลองอื่น	นักเรียนมีการประเมินและเปรียบเทียบถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่ตนเองสร้างกับแบบจำลองอื่นได้ และสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใดอธิบายทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ได้ดีกว่าแต่ไม่สามารถบอกได้ว่าดีกว่าแบบจำลองอื่นอย่างไร	นักเรียนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่ตนเองสร้างกับแบบจำลองอื่นได้
4.การปรับปรุงแบบจำลอง	นักเรียนมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มีความถูกต้องครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ และใช้ในการอธิบายได้ดีขึ้นมากกว่าแบบจำลองก่อนการปรับปรุง	นักเรียนมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มีความถูกต้อง แต่ยังไม่ครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ	นักเรียนไม่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลอง

7.3 แบบทดสอบ

Chang (2008) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองโดยใช้บริบทเป็นฐานในเรื่อง ภาวะโลกร้อน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

จากปัญหาที่เกิดจากภาวะโลกร้อน นักวิจัยได้สำรวจตรวจสอบโรงงานที่มีผลต่ออุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้น จากผลที่เป็นอยู่ในปัจจุบันทำให้เรารู้สาเหตุที่ทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนนั้นเกิดจากแก๊สเรือนกระจก ข้อมูลที่แสดงในตาราง คือ ขนาดโรงงาน และแก๊สที่ผลิตจากขึ้นในปี 2005 จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

แก๊สชนิดต่าง ๆ ขนาดของโรงงาน	แก๊ส A	แก๊ส B	แก๊ส C	แก๊ส D	แก๊สอื่น ๆ
ใหญ่	45%	10%	35%	5%	5%
กลาง	35%	10%	30%	5%	20%
เล็ก	25%	10%	25%	5%	35%

1. จงวาดแผนภูมิ (เส้น แท่ง วงกลม) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของโรงงาน (ใหญ่ กลาง เล็ก) และแก๊ส 4 ชนิด

2. จากแผนผังที่วาดในข้อที่ 1 จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของโรงงานและแก๊ส 4 ชนิด

โกเมศ นาแจ้ง และวัชรภรณ์ แก้วดี (2554) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยโดยเป็นแบบวัดที่กำหนดสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนเขียนออกมาเป็นแบบจำลองทั้ง 5 ประเภท ได้แก่ แบบจำลองที่แสดงด้วยภาพวาด แบบจำลองที่นำเสนอการทดลอง แบบจำลองที่แสดงด้วยกราฟิกที่เป็นกราฟ แบบจำลองที่แสดงด้วย สมการทางคณิตศาสตร์ และแบบจำลองที่แสดงด้วยข้อความโน้ตส์ โดยแบบจำลองแต่ละประเภท จะประเมินด้วยแบบประเมินแบบจำลองที่ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ และสร้างเกณฑ์ การให้คะแนนแบบรูปrik รวมทั้งกำหนดรายละเอียดระดับความสามารถของแต่ละรายการซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ดี พอใช้ และต้องปรับปรุง

7.4 แบบสัมภาษณ์

Grosslight et al. (1991) ใช้แบบสัมภาษณ์ในการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน เกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งความรู้ โดยมีการระบุ ระดับพื้นฐานของการคิดเกี่ยวกับแบบจำลองออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 แบบจำลองได้รับกระตุ้นในลักษณะของการจำลองหรือการทำความเข้าใจขึ้นจาก ปรากฏการณ์ที่เป็นจริง

ระดับที่ 2 แบบจำลองมีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจงและชัดเจน และต้องแตกต่างจาก ปรากฏการณ์ ในระดับนี้เน้นไปที่แบบจำลองและความเหมือนเป็นจริง แต่ยังไม่มีความสนับสนุน

ระดับที่ 3 ระดับนี้ประกอบด้วยปัจจัยหลักที่สำคัญ 3 ประการ คือ

- 1) แบบจำลองที่สร้างขึ้นสนับสนุนการพัฒนาและทดสอบแนวคิด
- 2) ผู้สร้างแบบจำลองมีบทบาทในการสร้างแบบจำลองที่สามารถจัดการได้

3) เป้าหมายของแบบจำลองเพื่อทดสอบการได้มาซึ่งความรู้

โดยแนวความคิดของนักเรียนขึ้นอยู่กับระดับคะแนนใน 6 มิติ คือ 1) บทบาทของ แนวคิด 2) การใช้สัญลักษณ์ 3) บทบาทของผู้สร้างแบบจำลอง 4) การสื่อสาร 5) การทดสอบ และ 6) การจัดการในการสร้างแบบจำลอง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดและการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วย 1) การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง 2) การประเมินผลงานหรือแบบจำลอง โดยใช้แบบทดสอบและเกณฑ์การประเมินแบบจำลอง 3) การสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบแบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน

บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1. บริบทของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยเน้นการพัฒนาผู้เรียนตามความถนัดและตามศักยภาพ ตอบสนองความต้องการในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและการประกอบอาชีพในอนาคต ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย ส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถดึงศักยภาพของผู้เรียนตามความสามารถและความถนัด ปลูกฝังคุณธรรมจริยธรรมและถ่ายทอดวัฒนธรรม เอกลักษณ์สู่มาตรฐานสากล ดังปรัชญาโรงเรียน “วิชาการที่เต็มที่ อยู่ในคนที่เต็มคน” มีการเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 แบ่งได้ ดังนี้

1.1 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีทั้งหมด 7 ห้องเรียน ประกอบด้วย

1.1.1 หลักสูตรห้องเรียนปกติ จำนวน 5 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

1.1.2 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์และภาษาอังกฤษ (Gifted Program: SEM) จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

1.2 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทั้งหมด 9 ห้องเรียน ประกอบด้วย

1.2.1 หลักสูตรห้องเรียนปกติ จำนวน 4 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

1.2.2 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (Gifted Program: Science - Mathematics) จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

1.2.3 หลักสูตรโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) จำนวน 1 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน

1.2.4 หลักสูตรห้องเรียนปกติแผนการเรียนภาษาอังกฤษ – ภาษาจีน/ญี่ปุ่น/ฝรั่งเศส จำนวน 1 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

1.2.5 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้าน ภาษาอังกฤษ-ภาษาต่างประเทศ (Gifted Program: EG) จำนวน 1 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน

นอกจากนี้ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 จะมีการเลือกสายเฉพาะตามที่นักเรียนสนใจหรือตาม ความถนัดของนักเรียนเอง ซึ่งประกอบด้วย

1. หลักสูตรแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
2. หลักสูตรแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
3. หลักสูตรแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์วิศวกรรม

ในการแบ่งห้องเรียนของนักเรียนแต่ละหลักสูตรนั้น จะให้นักเรียนเลือกความต้องการเรียน หลักสูตรใด จากนั้นจะมีการสอบเข้าแข่งขันเพื่อคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อ ซึ่งในแต่ละหลักสูตรจะ ทำการจัดเรียงห้องเรียนจากลำดับการสอบเข้า

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนที่มีศักยภาพสูงในการ จัดการเรียนการสอน ห้องเรียนมีโต๊ะและเก้าอี้เพียงพอในการจัดการเรียนรู้และทุกห้องมีโปรเจกเตอร์ ที่อำนวยความสะดวก มีอุปกรณ์ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพียงพอสำหรับนักเรียนในการทำ ปฏิบัติการ อีกทั้งการจัดการเรียนการสอนแบบคู่ขนานในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ทางโรงเรียนมีความพร้อมในการอำนวยความสะดวกสื่อการสอนต่าง ๆ ให้กับนักเรียน โดยใช้แอปพลิเคชัน Microsoft Team ซึ่งครูสามารถจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่กำลังศึกษาในหลักสูตร ห้องเรียนปกติแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยจากการสอบถาม ครูผู้สอนเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่าย มัธยม) พบว่า โรงเรียนมุ่งเน้นพัฒนาด้านความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการสอบ เพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา รวมทั้งส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจากการ สังเกตบริบทการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 เมื่อผู้วิจัย ได้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายกระบวนการลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ พบว่า นักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการสร้างมโนภาพในบทเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง กระบวนการลำเลียงสารเข้า และออกจากเซลล์ กระบวนการแบ่งเซลล์ และเนื้อหาอื่น ๆ ที่ซับซ้อนขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันปัญหา ผู้วิจัยได้ให้นักเรียน จำนวน 37 คน ทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของ ผนัง

พล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง (2563) พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ปัญหาในการสร้างแบบจำลอง มีจำนวน 23 คน

2. หลักสูตรสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฝ่ายมัธยม

2.1 หลักการ

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบ มีจุดเด่นที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนตามความถนัดและตามศักยภาพตอบสนองความต้องการในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและการประกอบอาชีพในอนาคตครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนและประสบการณ์สร้างเจตคติที่ดีต่อการใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ นวัตกรรม ส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถดึงศักยภาพของผู้เรียนตามความสนใจและความถนัด ปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมและถ่ายทอดวัฒนธรรมเอกลักษณ์สู่มาตรฐานสากล

2.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2.2.1 เป็นหลักสูตรที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเจริญงอกงามด้านสติปัญญา ร่างกาย จิตใจ และสังคม

2.2.3 พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลายหลักสูตรและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัด

2.2.4 พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลักสูตรที่หลากหลายในระดับชั้น ม.ปลายและมีการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนตามความสนใจและความถนัดอย่างต่อเนื่อง โดยในสายวิทยาศาสตร์มีหลักสูตรวิทยาศาสตร์สุขภาพ หลักสูตรวิทยาศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตร SCIENCE – MATHEMATICS GIFTED หลักสูตรโครงการ รวมว. และสายศิลป์มีหลักสูตร ENGLISH GIFTED หลักสูตรศิลป์ภาษา ซึ่งเน้นภาษาที่หลากหลาย มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัดมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

2.2.5 สามารถให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ มีวินัยในตนเอง กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น และมีภาวะความเป็นผู้นำเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นประชาธิปไตย

2.2.6 มีคุณธรรมจริยธรรมในด้านความกตัญญู ความเมตตากรุณา ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ความซื่อสัตย์ รู้จักประหยัด รักษาวินัยธรรมไทยและความสามัคคีและมีความนิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

2.2.7 มีความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมีความคิดสร้างสรรค์

สามารถตัดสินใจและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดกับตนเองและสังคม

2.2.8 มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเพื่อการส่งค้นข้อมูลและนำเสนอ

2.2.9 มีสุนทรียภาพในด้านศิลปะ ดนตรีและกีฬา

2.2.10 มีวิจารณ์ญาณในการแก้ปัญหาสามารถปรับตัวและเผชิญกับปัญหาได้อย่างชาญฉลาด

2.3 วิสัยทัศน์

เป็นองค์กรที่มีศักยภาพในการพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถกำกับการเรียนรู้ของตนเอง การหล่อหลอมทักษะการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งการเรียนรู้ด้านวิชาชีพและทักษะชีวิต ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21

2.4 วัตถุประสงค์

2.4.1 เพื่อเป็นสถานศึกษาของบุตรข้าราชการ พนักงานมหาวิทยาลัย และลูกจ้างประจำของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2.4.2 เพื่อเป็นโรงเรียนต้นแบบและสร้างเครือข่ายที่มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ อันเหมาะสมแก่การพัฒนาสังคมไทยในปัจจุบันและอนาคต

2.4.3 เพื่อเป็นแหล่งวิจัยและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันของอาจารย์ และนักเรียน ให้นักเรียนใฝ่รู้คู่คุณธรรมอย่างแท้จริง

2.4.4 เพื่อเป็นการบริการการศึกษาระดับมัธยมศึกษาให้กับเยาวชน

2.4.5 เพื่อเป็นสถานศึกษาสำหรับบริการวิชาการและฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

2.5 พันธกิจ

พันธกิจหลักที่โรงเรียนเน้นในการดำเนินการมีดังนี้

2.5.1 เป็นสถาบันต้นแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานสากล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพและมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2.5.2 พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับแผนการศึกษาของชาติ

2.5.3 ส่งเสริมการวิจัยเพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้

2.5.4 พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ โดยยึดหลักธรรมาภิบาล โปร่งใส สามารถตรวจสอบได้

2.5.5 พัฒนาความร่วมมือด้านเครือข่ายทางวิชาการระหว่างองค์กรทั้งในและต่างประเทศ และทำนุบำรุง ศิลปวัฒนธรรม

2.6 ยุทธศาสตร์

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การพัฒนาระบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การพัฒนาระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนเพื่อให้เกิดพัฒนาการการเรียนรู้ที่ดี

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การพัฒนาระบบกิจกรรมพิเศษที่มุ่งพัฒนาศักยภาพนักเรียนทั้งในห้องเรียนและใน สถานการณ์จริง ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคมและการแข่งขันภายนอก

ยุทธศาสตร์ที่ 4 ส่งเสริมค่านิยมพื้นฐานของระบบผู้นำแบบเอื้ออำนวย โดยอาศัยแนวคิดแบบผู้นำร่วม (Collective Leader)

ยุทธศาสตร์ที่ 5 พัฒนาระบบความก้าวหน้าของบุคลากร สร้างขวัญกำลังใจ และการเติบโตในสายงาน ผ่านการยึดโยงสู่คุณภาพผู้เรียน

ยุทธศาสตร์ที่ 6 พัฒนาระบบสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงสภาพบรรยากาศห้องเรียน สภาพแวดล้อมใน โรงเรียน ด้วยแนวคิดที่เอื้อต่อการเรียนรู้ การใช้พลังงานทดแทน และการมีส่วนร่วมของสมาคมผู้ปกครอง และการปรับเปลี่ยนระบบหอพักของนักเรียน ภายใต้บรรยากาศที่ดีและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับวัย

ยุทธศาสตร์ที่ 7 พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ การประชาสัมพันธ์ และภาพลักษณ์องค์กรของ โรงเรียนให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน

ยุทธศาสตร์ที่ 8 พัฒนางานองค์กรสัมพันธ์ให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐาน

2.7 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

2.7.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์การคิดสังเคราะห์

การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสมการปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้การสื่อสาร การทำงานการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

2.8 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

2.8.1 มีความรักและเทิดทูนสถาบันหลัก คือชาติ ศาสน์ กษัตริย์

2.8.2 มีความซื่อสัตย์สุจริต ทั้งต่อตนเองและผู้อื่น

2.8.3 มีวินัย มีความรับผิดชอบ มีความกตัญญูต่อผู้มีพระคุณ

2.8.4 ใฝ่เรียนรู้แสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

2.8.5 อยู่อย่างพอเพียง รู้จักดำรงตนให้อยู่ในความพอดี

2.8.6 มุ่งมั่นและขยันในการเรียน การทำงาน

2.8.7 รักความเป็นไทย รู้จักคุณค่า และธำรงไว้ซึ่งศิลปวัฒนธรรม

2.8.8 มีจิตสาธารณะ เรียนรู้ในการช่วยเหลือผู้อื่นและสังคม

2.8.9 กล้าคิด กล้าทำและกล้านำ มีความกล้าทางความคิด คิดเชิงสร้างสรรค์กล้า

เป็นผู้นำในการปฏิบัติในสิ่งที่ดีงาม

นอกจากนี้สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและ จุดเน้นของตนเองที่บ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) คือ กล้าคิด กล้าทำ และกล้านำ

2.9 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ มัธยมศึกษาตอนปลาย

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะที่ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก และบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลม พายุ อากาศ และภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และ สิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

ชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุน

เวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

เคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุสมบัติของธาตุ พันธะเคมี และสมบัติของสารแก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัตินและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดจนการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ปริมาณและกระบวนการวัดการเคลื่อนที่แนวตรง แรง และกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็นปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของ โอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎ ของฟาราเดย์ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของ ของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีกฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของ

คลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสีแรง นิวเคลียร์ปฏิกิริยานิวเคลียร์พลังงานนิวเคลียร์ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

โลกดาราศาสตร์และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณีแผนที่และการนำไปใช้ประโยชน์
2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ
3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซีดาวฤกษ์และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

การสอนในรายวิชาชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฝ่ายมัธยม โดยในภาคเรียนที่ 1 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จะเรียนรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น (ว30142) มีจำนวน 1.5 หน่วยกิต กำหนดการจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวม 60 ชั่วโมง และภาคเรียนที่ 2 จะเรียนรายวิชาชีววิทยา 1 (ว31241) มีจำนวน 2 หน่วยกิต กำหนดการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ รวม 80 ชั่วโมง โดยเนื้อหาปรากฏดังตารางที่ 10

พูน ปณ ภิโต ชีเว

ตารางที่ 10 ผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1	1	กำเนิดสิ่งมีชีวิตและหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต	- อธิบายและสรุปสมบัติที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและความสัมพันธ์ของการจัดระบบในสิ่งมีชีวิตที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้ - อภิปรายและบอกความสำคัญของการระบุ ปัญหา ความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา สมมติฐานและวิธีการตรวจสอบสมมติฐานรวมทั้งออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน - บอกวิธีการและเตรียมตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงวัดขนาดโดยประมาณและวาดภาพที่ปรากฏภายใต้กล้องบอกวิธีการใช้และการดูแลรักษากล้องจุลทรรศน์ใช้แสงที่ถูกต้อง - อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่ห่อหุ้มเซลล์ของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ - สืบค้นข้อมูล อธิบายและระบุชนิดและหน้าที่ของออร์แกเนลล์ - อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของนิวเคลียส - อธิบายและเปรียบเทียบการแพร่ออสโมซิส การแพร่แบบฟาซิลิเทตและแอกทีฟทรานสปอร์ต - สืบค้นข้อมูล อธิบายและเขียนแผนภาพการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่ออกจากเซลล์ด้วยกระบวนการเอกไซโทซีสและการลำเลียงสารโมเลกุลใหญ่เข้าสู่เซลล์ด้วยกระบวนการเอนโดไซโทซีส - สังเกตการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซีสและแบบไมโอซิสจากตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์พร้อมทั้งอธิบายและเปรียบเทียบการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซีสและแบบไมโอซิส
	2	พันธุกรรม	- สืบค้นข้อมูล อธิบายและสรุปผลการทดลองของเมนเดล - อธิบายและสรุปกฎแห่งการแยก กฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระและนำกฎของเมนเดลนี้ไปอธิบายการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและใช้ในการคำนวณโอกาสในการเกิดฟีโนไทป์และจีโนไทป์แบบต่าง ๆ ของรุ่น F1 และ F2 - สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อธิบายและสรุปเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นส่วนขยายของพันธุศาสตร์เมนเดล

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
			4. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันไม่ต่อเนื่องและลักษณะทางพันธุกรรมที่มีการแปรผันต่อเนื่อง 5. อธิบายการถ่ายทอดยีนบนโครโมโซมและยกตัวอย่างลักษณะทางพันธุกรรมที่ถูกต้องด้วยยีนบนออโตโซมและยีนบนโครโมโซมเพศ 6. สืบค้นข้อมูล อธิบายสมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ DNA และสรุปการจำลอง DNA 7. อธิบายและระบุขั้นตอนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและหน้าที่ของ DNA RNA แต่ละชนิดในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน 8. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม แอลลีลโปรตีน ลักษณะทางพันธุกรรมและเชื่อมโยงกับความรู้เรื่องพันธุศาสตร์เมนเดล 9. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการเกิดมิวเทชันระดับยีนและระดับโครโมโซม สาเหตุการเกิดมิวเทชัน รวมทั้งยกตัวอย่างโรคและกลุ่มอาการที่เป็นผลของการเกิดมิวเทชัน 10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
3	วิวัฒนาการ		1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นผลมาจากวิวัฒนาการ 2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับหลักฐานที่สนับสนุนและข้อมูลที่ใช้อธิบายการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต 3. อธิบายและเปรียบเทียบแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของมอง ลามาร์กและทฤษฎีเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตของชาร์ลส์ ดาร์วิน
4	ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต		1. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพและความเชื่อมโยงระหว่างความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์และความหลากหลายของระบบนิเวศ

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
		ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต	2. อธิบายการเกิดเซลล์เริ่มแรกของสิ่งมีชีวิตและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว 3. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์สิ่งมีชีวิต กลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจและสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์ 4. อธิบายและยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อยและวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์ 5. สร้างไดโคโทมัสคีย์ในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่
5		เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ	1. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายผลของเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 2. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ 3. สืบค้นข้อมูล ยกตัวอย่างและอภิปรายการนำเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอไปประยุกต์ใช้ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม นิติวิทยาศาสตร์การแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรมและข้อควรคำนึงถึงด้านชีวจริยธรรม
6		ระบบนิเวศ	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอมและยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ 2. สืบค้นข้อมูล อภิปรายสาเหตุและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพ และทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด ของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ 4. สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหา สิ่งแวดล้อม
2	1	ความหลากหลายทางชีวภาพ	1. อภิปรายความสำคัญของความหลากหลายทางชีวภาพและความเชื่อมโยงระหว่าง ความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์และความหลากหลายของระบบนิเวศ 2. อธิบายและยกตัวอย่างการจำแนกสิ่งมีชีวิตจากหมวดหมู่ใหญ่จนถึงหมวดหมู่ย่อยและวิธีการเขียนชื่อ

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
2			วิทยาศาสตร์ในลำดับขั้นสปีชีส์ 3. สร้างได้โคโคโหมสียในการระบุสิ่งมีชีวิตหรือตัวอย่างที่กำหนดออกเป็นหมวดหมู่ 4. อธิบายลักษณะสำคัญและยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตกลุ่มแมลงที่เรีย สิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรทิสต์สิ่งมีชีวิต กลุ่มพืช สิ่งมีชีวิตกลุ่มฟังไจ และสิ่งมีชีวิตกลุ่มสัตว์วิเศษหะเหที่เปรียบเทียบกับสิ่งมีชีวิตแต่ละกลุ่มได้
	2	เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ 2. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ กระบวนการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร ภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรต ระบุกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 4. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของโปรตีนและความสำคัญของโปรตีนที่มีต่อสิ่งมีชีวิต 5. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต อธิบายการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาเคมีในสิ่งมีชีวิต
	3	การรักษาสสมดุลร่างกาย	1. อธิบายการควบคุมคุณภาพของน้ำและสารในเลือดโดยการทำงานของไต อธิบายการควบคุมคุณภาพของกรด-เบสของเลือดโดยการทำงานของไตและปอด อธิบายการควบคุมคุณภาพของอุณหภูมิภายในร่างกายโดยระบบหมุนเวียนเลือด ผิวหนัง และกล้ามเนื้อโครงร่าง 2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของพองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย ไส้เดือนดิน แมลงและสัตว์มีกระดูกสันหลัง 3. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไตและโครงสร้างที่ใกล้เคียงปีศาจออกจากร่างกาย 4. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายและเขียนแผนผังสรุป

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
			ขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต 5. สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ
	4	ระบบหมุนเวียนเลือด	1. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดเลือดในมนุษย์ 2. สังเกตและอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ 3. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดขาว เพดลเลตและพลาสมา 4. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh
	5	ระบบภูมิคุ้มกัน	1. อธิบายและสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ของหลอดน้ำเหลืองและต่อมน้ำเหลือง 2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ 3. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอ็ดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิ ด้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง
	6	สภาวะแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ	1. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปปัญหาการขาดแคลนนํ้า การเกิดมลพิษทางนํ้าและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเสนอแนวทางการวางแผนการจัดการนํ้าและการแก้ไขปัญหา

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ภาคเรียนที่	หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
			2. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปปัญหาผลกระทบทางอากาศและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข้ปัญหา 3. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปปัญหาที่เกิดกับทรัพยากรดินและผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมรวมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไข้ปัญหา 4. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปปัญหาผลกระทบที่เกิดจากการทำลายป่าไม้ รวมทั้งเสนอแนวทางในการป้องกันการทำลายป่าไม้และการอนุรักษ์ป่าไม้ 5. วิเคราะห์ อภิปรายและสรุปปัญหาผลกระทบที่ทำให้สัตว์ป่ามีจำนวนลดลงและแนวทางการอนุรักษ์สัตว์ป่า

โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา1 (ว31241) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ปรากฏดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

หน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
ความหลากหลายทางชีวภาพ	16
สารเคมีและการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิต	16
การรักษาสมดุลของร่างกาย	12
ระบบหมุนเวียนเลือด	12
ระบบภูมิคุ้มกัน	10
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	6
สอบกลางภาค และสอบปลายภาค	8
รวม	80

จากการวิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาและผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด จำนวน 12 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมและค่อนข้างซับซ้อน ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ อีกทั้งยังพิจารณาถึงความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาที่ใช้สอนกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ในหน่วยที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด อีกทั้งยังได้กำหนดสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังปรากฏในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
1	ส่วนประกอบของเลือด	เลือดเป็นของเหลวในร่างกายที่อยู่นอกเซลล์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ 1. น้ำเลือด (Plasma) เป็นส่วนที่เป็นของเหลว มีปริมาณ 55 % ของปริมาตรเลือด 2. เม็ดเลือด มีปริมาณ 45 % ของปริมาตรเลือดทั้งหมด ประกอบด้วย 1) เซลล์เม็ดเลือดแดง 2) เซลล์เม็ดเลือดขาว 3) เพลตเลต โดยเซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน	1.นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและบอกเกี่ยวกับชนิด รูปร่าง ลักษณะ และหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายชนิด รูปร่างลักษณะ และหน้าที่ของเซลล์เม็ดเลือดได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
2	การลำเลียงสารในร่างกายสัตว์	การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือด แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ 1) ระบบหมุนเวียนเลือดแบบวงจรเปิด เป็นระบบที่เลือดไหลอยู่ในหลอดเลือดระยะหนึ่งเท่านั้น จากนั้นจะไหลเข้าสู่ช่องฮีโมซีสที่เป็นช่องว่างระหว่างเนื้อเยื่อในลำตัว พบในสัตว์จำพวกหอยแมลง กุ้ง 2) ระบบหมุนเวียนแบบวงจรปิด เป็นระบบที่เลือดไหลอยู่ภายในหัวใจและหลอดเลือดตลอดเวลา พบในไส้เดือนดินและสัตว์มีกระดูกสันหลัง	1.นักเรียนบอกความแตกต่างระหว่างระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แผนที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
3	โครงสร้าง และหน้าที่ ของหัวใจ	ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะภายในหลอดเลือด โดยหัวใจ (Heart หรือ Cardiac) เป็นอวัยวะที่มีหน้าที่สำคัญ คือ การสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่หัวใจ และเวนทริเคิลทำหน้าที่สูบฉีดเลือดออกจากหัวใจโดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอเตรียมกับเวนทริเคิล และระหว่างเวนทริเคิลกับหลอดเลือดที่นำเลือดออกจากหัวใจ	1.นักเรียนสามารถอธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับหน้าที่ของหัวใจแต่ละห้องได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
4	ระบบของ หลอดเลือด	ชนิดของหลอดเลือด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) ระบบอาร์เทอร์รี่ เมื่อเรียงลำดับจากหัวใจต่อเนื่องกันไปจากขนาดใหญ่ไปเล็กตามลำดับ ดังนี้ 1. เออร์ตา 2. อาร์เทอร์รี่ 3. อาร์เทอร์โวล 2) ระบบหลอดเลือดเวน เมื่อเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่สุด ดังนี้ 1. หลอดเลือดเวนูล 2. หลอดเลือดเวน 3. เวนาคาวา และ 3) ระบบหลอดเลือดฝอย โดยเลือดจะออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเออาร์ทาร์ อาร์เทอร์รี่ อาร์เทอร์โวล หลอดเลือดฝอย เวนูล เวน และเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ	1.นักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แผนที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชม.)
5	วงจรการไหลเวียนของเลือด	เลือดที่ออกจากหัวใจจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดต่าง ๆ เป็นวงจร ได้แก่ 1. วงจรไหลเวียนผ่านปอด (Pulmonary circulation) เป็นวงจรที่ทำให้เลือดที่มีปริมาณ O_2 ต่ำกลายเป็นเลือดที่มีปริมาณ O_2 สูง 2. วงจรไหลเวียนผ่านร่างกาย (Systemic circulation) วงจรนี้จะนำเลือดที่มี O_2 สูง ออกจากหัวใจไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และ 3. วงจรการไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ (Coronary circulation)	1.นักเรียนสามารถอธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจมนุษย์ได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
6	หมู่เลือดและการให้เลือด	หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงและจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็น เลือดหมู่ Rh+ และ Rh- การให้และรับเลือดมีหลักว่าแอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ และการให้และรับเลือดที่เหมาะสมที่สุดคือ ผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่ตรงกัน	1.นักเรียนสามารถอธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh ได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองหมู่เลือดระบบ ABO ได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

วิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis and McTaggart (1988) กล่าวว่า เป็นวิจัยรูปแบบหนึ่งที่มีความแตกต่างในจากงานวิจัยอื่นในส่วนของการวิธีการ แต่จะไม่แตกต่างในส่วนของคุณลักษณะต่าง ๆ โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนกลับจากการทำงานของตนเองที่เป็นวงรอบ โดยเริ่มจากการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) และจำเป็นต้องให้ผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการได้มีการสะท้อนผลเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงาน

Johnson (2008) กล่าวว่า เป็นการวิจัยที่ทำความเข้าใจกับการดำเนินงาน เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะจุด โดยศึกษาสภาพความเป็นจริง พัฒนา ปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) กล่าวว่า หมายถึง เป็นการวิจัยที่ปฏิบัติโดยนักวิจัยหรือผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำข้อค้นพบหรือผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงแก้ปัญหาและพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงาน

สุวิมล ว่องวานิช (2552) กล่าวว่า เป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และนำผลที่ได้มาปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งนั้น ๆ ให้ดียิ่งขึ้น

ประสาธ เนืองเฉลิม (2561) กล่าวว่า เป็นการดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องมีการคิดแก้ปัญหาควบคู่กับการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น ซึ่งเมื่อนำมาใช้ในการศึกษาก็ย่อมเน้นผลลัพธ์ไปที่การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนในทางที่ดีขึ้น

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยที่สะท้อนผลการทำงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด เป็นวงรอบปฏิบัติการซึ่งแต่ละวงรอบประกอบไปด้วยขั้นการวางแผน (plan) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observation) และการสะท้อนผล (reflection) โดยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ วงรอบจนกระทั่งสามารถปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้สำเร็จหรือพัฒนาคุณภาพของงานให้ดียิ่งขึ้น

2. ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

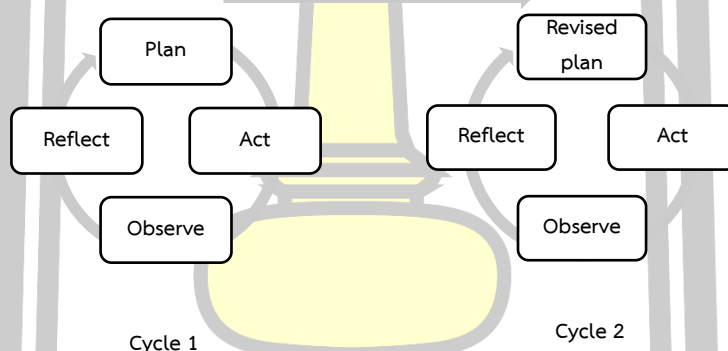
Kemmis and McTaggart (1988) อ้างอิงจาก ประสาธ เนืองเฉลิม, 2561) ได้เสนอขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการให้มีการมีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนปฏิบัติ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การพัฒนาแผนการปฏิบัติงานเพื่อที่จะปรับปรุงสิ่งที่ปัญหา (Plan) เป็นขั้นที่มีการวางแผน มีกรอบแนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจน แต่มีความยืดหยุ่น เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตที่จะส่งผลต่อแผนงานที่กำหนดไว้

2) การปฏิบัติตามแผน (act) เป็นการดำเนินงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้อย่างรอบคอบ

3) การสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe) เป็นการบันทึกข้อมูลหลักฐาน หรือร่องรอยที่เป็นผลมาจากการปฏิบัติงาน โดยอาจใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปสู่การสะท้อนผลและปรับปรุงการปฏิบัติงานในทิศทางที่ดียิ่งขึ้น

4) การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการทบทวนการปฏิบัติงานจากข้อมูลที่ได้จากการบันทึก โดยสังเกตว่าได้ผลอย่างไร มีปัญหาอย่างไร เพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบในการวางแผนในวงรอบถัดไป โดยในการวิจัยแต่ละครั้งจะทำเป็นวงรอบดังภาพ



ภาพที่ 1 วงรอบและขั้นตอนการวิจัยในแต่ละวงรอบ ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart

Stringer (1999 อ้างถึงใน วีระยุทธ์ ชาตะกาญจน์, 2558) ได้เสนอกระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังภาพที่เกิดขึ้นเป็นวงจรตามลำดับ ดังนี้

1. พินิจวิเคราะห์ หรือการมอง
2. การคิดวิเคราะห์ หรือการคิด
3. การปฏิบัติการ หรือการปฏิบัติ

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551) ระบุว่า การวิจัย ในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่มีลักษณะเป็นวงจรการทำงานแบบ PAOR ดังนี้

1. วางแผนการดำเนินงาน (Plan) หรือการวางแผนการวิจัย
2. ลงมือปฏิบัติการ (Action) ดำเนินการวิจัย เพื่อปฏิบัติการแก้ไข้ปัญหา พัฒนาผู้เรียนหรือทดลองตามแผนที่ได้กำหนดไว้

3. สังเกตผล (Observe) มีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียน

4. สะท้อนผลกลับ (Reflex) นำข้อค้นพบที่ได้ กลับมาปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนในชั้นเรียน

ประวิต เอราวรรณ์ (2545) ได้กล่าวถึงกระบวนการและขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

1. การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน (Reconnaissance) การสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นสภาพการปฏิบัติงานของครู วิเคราะห์หาสาเหตุ และหาแนวทางปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานในบางขั้นตอน

2. การวางแผน (Planning) ขั้นตอนการกำหนดวัตถุประสงค์ วิธีการปฏิบัติงาน และวางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ (Action) เพื่อค้นคว้าคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรม รวมถึงแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการที่เป็นปัญหา

3. การลงมือปฏิบัติ (Acting) การปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้

4. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) การพิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นหลัง จากปฏิบัติตามแผนจนเกิดผล โดยต้องนำมาสรุปผลการเปลี่ยนแปลงและวางแผนปรับปรุงหรือแก้ปัญหาใหม่ต่อไป

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องขั้นตอนกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยสรุปได้ว่า กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นจาก ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่ศึกษาสภาพปัญหาของนักเรียน ตลอดจนทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ขั้นปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนที่มีการลงมือนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นไปทำการศึกษาการแก้ไขปัญหาที่พบในชั้นการวางแผน ขั้นสังเกตการณ์ เป็นขั้นตอนที่ทำการศึกษามูลของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยวัดจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน และขั้นสะท้อนผลปฏิบัติ เป็นขั้นตอนการทบทวนการปฏิบัติงานจากการจดบันทึก ว่ามีปัญหาหรือข้อขัดข้องประการใดบ้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปฏิบัติในวงจรต่อไป การดำเนินการเป็นไปอย่างต่อเนื่องเพื่อรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติไปใช้ในการปรับปรุงแผนงานเพื่อใช้ในวงจรถัดไป จนกว่าจะได้ข้อสรุปและแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาสิ่งนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

อารยา วัฒนกุล และคณะ (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนานวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และ

ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธัญญา คงทน และคณะ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ แบบบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย และอนุทินบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ใช้กระบวนการสร้าง แสดงออก ทดสอบ ประเมิน และขยายแบบจำลองที่สร้างขึ้น ประกอบกับการใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 45.8 สามารถพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ ให้มีแนวคิดที่ถูกต้อง (SU) ร้อยละ 29.5 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) ร้อยละ 15.8 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PU/SM) และร้อยละ 8.9 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยหัวข้อที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากที่สุด คือ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และหัวข้อที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ ไอโซเมอร์

ราตรี ยะคำ และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่เน้นส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ และเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 24 คน การวิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการวิจัย หลังจากผ่านการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 วงรอบ พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะเพิ่มสูงขึ้นซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนนั้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ในแต่ละขั้นตอนควรให้ความสำคัญกับการใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดง

ความคิดเห็นและอภิปรายโต้แย้งร่วมกัน แนวทางที่กล่าวมาข้างต้นสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนของสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งการพัฒนาสมรรถนะในแต่ละวงจรมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับ

ชนาธิป โหตรภวานนท์ และคณะ (2562) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 27 คน เครื่องมือในการทำวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินเป็นขั้นระดับ ผลการวิจัย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีพัฒนาการของการคิดอย่างเป็นระบบในทางที่สูงขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ ดังนี้ วงจรที่ 1 (7.19 คะแนน) วงจรที่ 2 (8.67 คะแนน) วงจรที่ 3 (9.41 คะแนน) และวงจรที่ 4 (10.0 คะแนน)

ธีรดา ชาตวรณ และคณะ (2562) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโควาเลนต์ โดยมีกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 49 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโควาเลนต์ แบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด และแบบสัมภาษณ์ จากผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโควาเลนต์ มีแนวทาง 4 ขั้นตอน ดังนี้ การสร้างแบบจำลอง ก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ครูควรทำการศึกษาทบทวนความรู้จากนั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันโดยเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหา การแสดงแบบจำลอง ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยการใช้คำถามรวมทั้งมีการใช้แบบจำลองที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหา การทดสอบแบบจำลอง ครูแนะนำวิธีการใช้งานสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงก่อนประกอบกับการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองของตนเองเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถอธิบายได้ดียิ่งขึ้น การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้ทำการประเมินแบบจำลองด้วยตนเองและพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องทั้ง 3 หัวข้อย่อย (54.35%)

ณัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง (2563) ได้ทำการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ทำวิจัยปฏิบัติการ จำนวน 3 วงรอบ โดยมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 36 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบทดสอบวัด

ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง และแบบสัมภาษณ์นักเรียน จากผลการวิจัย พบว่า จำนวนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 คือ 29 36 และ 36 คน และมีค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองในแต่ละวงจรปฏิบัติเท่ากับ 24.86 25.61 และ 26.61 คิดเป็นร้อยละ 77.69 80.03 และ 83.15 ตามลำดับ

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ และคณะ (2563) ได้ศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวน 41 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง จำนวน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รัตนา สุท่ามา และ ร่มเกล้า จันทราษี (2565) ทำการศึกษาความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 19 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบสอบถามความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นธรรมชาติของแบบจำลอง จุดประสงค์ของแบบจำลอง และกระบวนการสร้างแบบจำลอง จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ช่วยให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการสะท้อนความเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สุรพงศ์ รัตนะ และคณะ (2566) ที่ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานและประยุกต์ใช้ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 วงรอบ วงรอบละ 3 แผนการ

จัดการเรียนรู้ โดยมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 38 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง แรง และแบบประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการสร้างแบบจำลองในภาพรวม ในวงรอบที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 73.75 ส่วนในวงรอบที่ 2 ความสามารถในการสร้างแบบจำลองในภาพรวม คิดเป็นร้อยละ 87.00 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการประยุกต์ใช้ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับเรื่อง แรง ได้

งานวิจัยต่างประเทศ

Harrison and Treagust (2000) ทำการศึกษาเพื่อทดสอบความเข้าใจในทัศนที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี หลังการใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการสอน ได้แก่ แบบจำลองที่เป็นอุปมาอุปไมยและการเปรียบเทียบโดยขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ กำหนดเป้าหมาย (Focus) การปฏิบัติการ (Action) และการสะท้อนผล (Reflection) หรือเรียกว่า FAR ซึ่งลักษณะกิจกรรมจะเป็นการนำแบบจำลองการเปรียบเทียบที่หลากหลาย ทั้งที่มีลักษณะเหมือนและไม่เหมือนกับแนวคิดเป้าหมาย แต่นักเรียนมีความคุ้นเคย ผลการวิจัยพบว่า การใช้แบบจำลองที่หลากหลายในการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดที่เป็นนามธรรมได้มากขึ้น

Littlejohn (2007) ได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใบไม้แบบจำลองเซลล์พืชและแบบจำลองเซลล์สัตว์ เพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้ในทัศน เรื่อง การสังเคราะห์แสงของพืชและการหายใจระดับเซลล์ภายหลังการสอน พบว่า นักเรียนได้คะแนนความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ดังกล่าวสูงขึ้น รวมทั้งสามารถเชื่อมโยงความรู้การสังเคราะห์แสงของพืชและการหายใจระดับเซลล์ได้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง อีกทั้งยังช่วยให้ครูสามารถนำเสนอกระบวนการที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียนได้เห็นเป็นรูปธรรมได้

Schwarz et al. (2009) ได้ทำการศึกษาทักษะการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 โดยได้มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้ 1. การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองจากความรู้เดิมหรือทฤษฎี เพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ “การระเหยของน้ำ” ที่เกิดขึ้น 2. นักเรียนใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นทำการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้น 3. นักเรียนทำการเปรียบเทียบและประเมินค่าแบบจำลองว่าสามารถทำการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ และแบบจำลองนั้นสามารถทำนายปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันได้หรือไม่ 4. นักเรียนทำการแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายและทำนายจากปรากฏการณ์และหลักฐานที่นักเรียนได้ทดลองที่ผ่านมา จากผลการศึกษาพบว่า นักเรียนสามารถสรุปปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี

สามารถอธิบายองค์ประกอบของปรากฏการณ์ แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นสามารถนำไปทำนายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้ นักเรียนสามารถประเมินค่าและเปรียบเทียบองค์ประกอบของแบบจำลองที่เป็นเอกลักษณ์ได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังสามารถแก้ไขแบบจำลองขณะที่เรียนรู้ปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ได้อีกด้วย

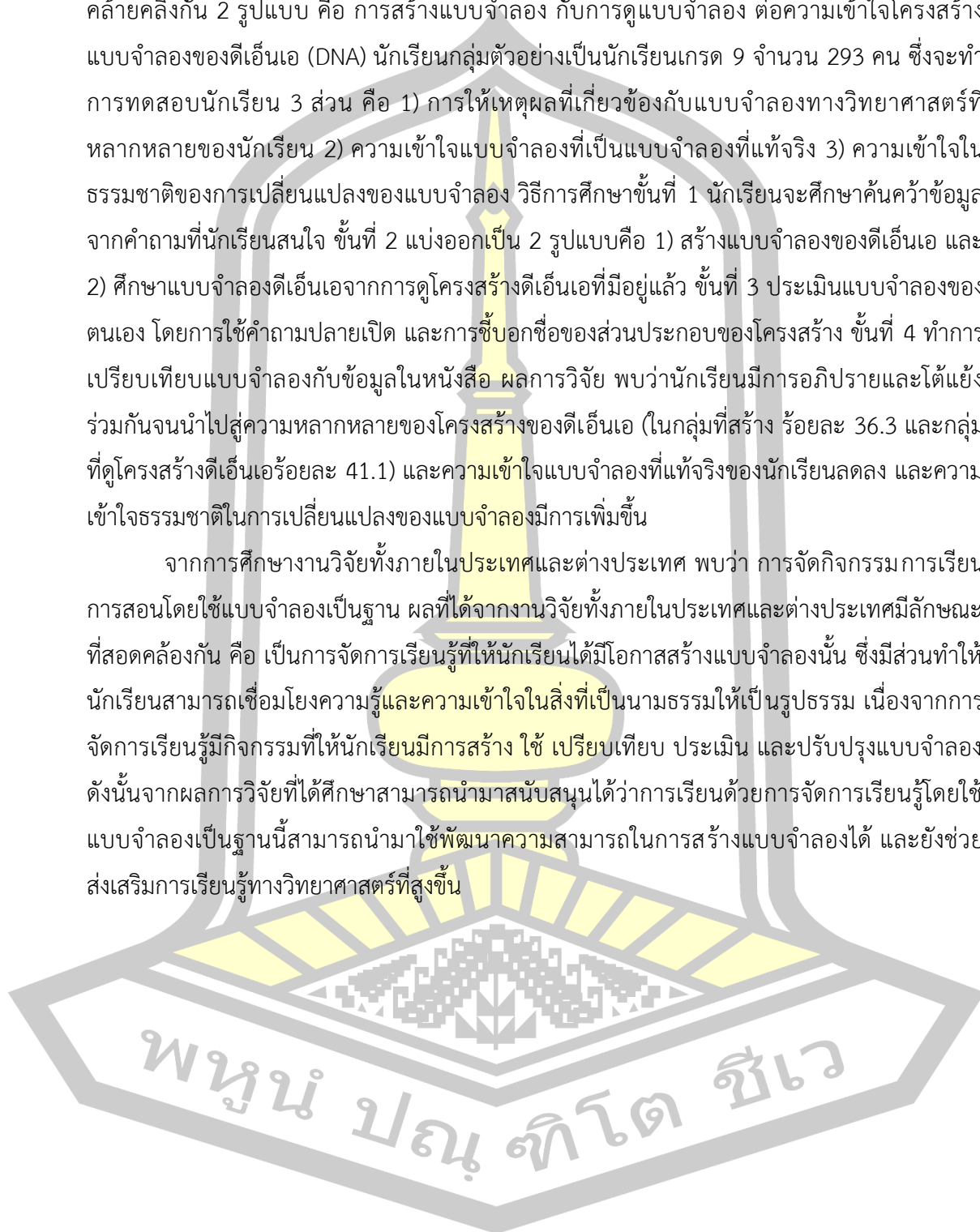
Baek et al. (2010) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MCIS (Model-centered instruction sequence) เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ในมิติด้านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองภายใต้โครงการ MoDeLS เรื่อง การระเหยและการควบแน่นของสารของนักเรียนเกรด 5 เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบวัด การบันทึกวิดีโอทัศน์ และแบบสัมภาษณ์ โดยทำการเก็บข้อมูลก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองที่อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการแสดงถึงการนำแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายและการสื่อสารลักษณะที่สำคัญ และนักเรียนร้อยละ 64 ของนักเรียนทั้งหมด มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น และจากการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 12 คน พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นว่าแบบจำลองสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้และคำนึงถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาประเมินแบบจำลอง

Baze (2017) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ต่อการความเข้าใจความคิดรวบยอด และความสนใจในวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่ไม่ได้เรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิวัฒนาการ ประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ การเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณด้วยแบบทดสอบแบบปรนัย ส่วนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียน ผลจากการสำรวจขั้นต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไม่ได้ส่งผลทางลบต่อความเข้าใจความคิดรวบยอด และนักศึกษาเห็นคุณค่าของการฝึกฝนในทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีความเข้าใจบทบาทของแบบจำลองในการนำมาใช้อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ได้ดีกว่าเดิม

Barak (2018) ได้ทำการศึกษาการเสริมสร้างความเข้าใจของโครงสร้างโปรตีน 3 มิติและคุณสมบัติของโปรตีน โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยมีกลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบสังเกตการตีความ ในการวิจัยได้มีการแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้ศึกษาจากแบบจำลอง กลุ่มที่ได้รับการสอนจากครู กลุ่มที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากหนังสือเรียน ผลการศึกษพบว่านักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองและภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ มีความรู้ความเข้าใจและสามารถถ่ายทอดความรู้ออกมาได้ดีมากกว่าทั้ง 3 กลุ่ม

Mierdel and Bogner (2019) ได้ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบการใช้แบบจำลองที่มีความคล้ายคลึงกัน 2 รูปแบบ คือ การสร้างแบบจำลอง กับการดูแบบจำลอง ต่อความเข้าใจโครงสร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ (DNA) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 293 คน ซึ่งจะทำให้การทดสอบนักเรียน 3 ส่วน คือ 1) การให้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายของนักเรียน 2) ความเข้าใจแบบจำลองที่เป็นแบบจำลองที่แท้จริง 3) ความเข้าใจในธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลอง วิธีการศึกษาขั้นที่ 1 นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากคำถามที่นักเรียนสนใจ ขั้นที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) สร้างแบบจำลองของดีเอ็นเอ และ 2) ศึกษาแบบจำลองดีเอ็นเอจากการดูโครงสร้างดีเอ็นเอที่มีอยู่แล้ว ขั้นที่ 3 ประเมินแบบจำลองของตนเอง โดยการใช้คำถามปลายเปิด และการชี้บ่งชี้ของส่วนประกอบของโครงสร้าง ขั้นที่ 4 ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองกับข้อมูลในหนังสือ ผลการวิจัย พบว่านักเรียนมีการอภิปรายและโต้แย้งร่วมกันจนนำไปสู่ความหลากหลายของโครงสร้างของดีเอ็นเอ (ในกลุ่มที่สร้าง ร้อยละ 36.3 และกลุ่มที่ดูโครงสร้างดีเอ็นเอร้อยละ 41.1) และความเข้าใจแบบจำลองที่แท้จริงของนักเรียนลดลง และความเข้าใจธรรมชาติในการเปลี่ยนแปลงของแบบจำลองมีการเพิ่มขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมีลักษณะที่สอดคล้องกัน คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างแบบจำลองนั้น ซึ่งมีส่วนทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และความเข้าใจในสิ่งที่เรียนนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีการสร้าง ใช้ เปรียบเทียบ ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลอง ดังนั้นจากผลการวิจัยที่ได้ศึกษาสามารถนำมาสนับสนุนได้ว่าการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้สามารถนำมาใช้พัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้ และยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

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

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 23 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ทดสอบกับนักเรียนทั้งหมด 37 คน ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม เป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยครั้งนี้ ปรากฏดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 37 คน

เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน แบบทดสอบ (ร้อยละ)	เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน แบบทดสอบ (ร้อยละ)
1	9	56.25	20*	12	75
2	10	62.5	21	9	56.25
3*	14	87.5	22	10	62.5
4*	12	75	23	8	50
5	8	50	24*	12	75

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน แบบทดสอบ (ร้อยละ)	เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน แบบทดสอบ (ร้อยละ)
6*	14	87.5	25*	13	81.25
7	9	56.25	26	9	56.25
8*	12	75	27	10	62.5
9	7	43.75	28	8	50
10	11	68.75	29	8	50
11*	12	75	30	11	68.75
12	8	50	31*	13	81.25
13*	12	75	32	9	56.25
14	9	56.25	33*	13	81.25
15	9	56.25	34*	12	75
16*	13	81.25	35	9	56.25
17	8	50	36	10	62.5
18*	14	87.5	37	8	50
19	11	68.75	เฉลี่ย	10.43	65.20

*หมายเหตุ หมายถึง นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนจำนวน 23 คน มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 14 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 23 คน เป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนานักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 23 คน ให้มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล

- 2.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง
- 2.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง
- 2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียน
- 2.4 อนุทินของนักเรียน

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง มีขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้
- 2) ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้
- 3) ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาชีววิทยา 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- 4) ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- 5) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยเริ่มจากศึกษาโครงสร้างรายวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคการเรียนรู้ 2 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) โดยมีรายละเอียด ดังนี้ รายวิชาชีววิทยา 1 (ว 31241) มี 2 หน่วยกิต โดยกำหนดการจัดการเรียนรู้ 4 ชั่วโมง/ 1 สัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์ เวลารวม 80 ชั่วโมง
- 6) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ ประเภทของการสร้างแบบจำลอง และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อกำหนดเป็นรายละเอียดในการสร้างแผนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปรากฏดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้

วงรอบ	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ประเภทของ การสร้าง แบบจำลอง	เวลา (ชม.)
1	1	ส่วนประกอบ ของเลือด	เลือดเป็นของเหลวใน ร่างกายที่อยู่นอกเซลล์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ 1. น้ำเลือด (Plasma) เป็นส่วนที่เป็น ของเหลว มีปริมาณ 55 % ของปริมาตรเลือด 2. เม็ด เลือด มีปริมาณ 45 % ของ ปริมาตรเลือดทั้งหมด ประกอบด้วย 1) เซลล์เม็ด เลือดแดง 2) เซลล์เม็ด เลือดขาว 3) เพลตเลต โดย เซลล์เม็ดเลือดชนิดต่าง ๆ เพลตเลต และพลาสมา ซึ่ง ทำหน้าที่แตกต่างกัน	1.นักเรียน สามารถบอก เกี่ยวกับชนิด รูปร่างลักษณะ และหน้าที่ของ เซลล์เม็ดเลือด ได้ 2.นักเรียน สามารถสร้าง แบบจำลอง เพื่ออธิบาย ชนิด รูปร่าง ลักษณะและ หน้าที่ของ เซลล์เม็ด เลือดได้ 3.นักเรียนมี ความรับผิดชอบ ต่องานที่ มอบหมาย	แบบจำลอง เชิงรูปธรรม และ แบบจำลอง เชิงภาษา	2
	2	การลำเลียง สารใน ร่างกายสัตว์	การลำเลียงสารในร่างกาย ของสัตว์ที่มีระบบ หมุนเวียนเลือด แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ 1) ระบบ หมุนเวียนเลือดแบบวงจร เปิด เป็นระบบที่เลือดไหล อยู่ในหลอดเลือดระยะหนึ่ง เท่านั้น จากนั้นจะไหลเข้าสู่ ช่องฮีโมซิสที่เป็นช่องว่าง ระหว่างเนื้อเยื่อในลำตัว พบในสัตว์จำพวกหอย แมลง กุ้ง 2) ระบบ	1.นักเรียน สามารถบอก ความแตกต่าง ระหว่างระบบ หมุนเวียน เลือดแบบเปิด และระบบ หมุนเวียน เลือดแบบปิด ได้ 2.นักเรียน สามารถสร้าง	แบบจำลอง เชิงรูปธรรม และ แบบจำลอง เชิงภาษา	2

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วงรอบ	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ประเภทของ การสร้าง แบบจำลอง	เวลา (ชม.)
			หมุนเวียนแบบวงจรปิด เป็นระบบที่เลือดไหลอยู่ ภายในหัวใจและหลอดเลือด ตลอดตลอดเวลา พบใน ไส้เดือนดินและสัตว์มี กระดูกสันหลัง	แบบจำลอง เพื่ออธิบาย ระบบหมุน เวียนเลือด แบบเปิดและ ระบบหมุน เวียนเลือด แบบปิดได้ 3.นักเรียนมี ความรับผิดชอบ ต่องานที่ รับมอบหมาย		
	3	โครงสร้าง และหน้าที่ ของหัวใจ	ระบบหมุนเวียนเลือดของ มนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่ง เลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะ ภายในหลอดเลือด โดย หัวใจ (Heart หรือ Cardiac) เป็นอวัยวะที่มี หน้าที่สำคัญ คือ การสูบฉีด โลหิตไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หัวใจมีเอ เตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้า สูหัวใจ และเวนทริเคิลทำ หน้าที่สูบฉีดเลือดออกจาก หัวใจโดยมีลิ้นกั้นระหว่างเอ เตรียมกับเวนทริเคิล และ ระหว่างเวนทริเคิลกับ หลอดเลือดที่นำเลือดออก จากหัวใจ	1.นักเรียน สามารถ อธิบายโครง สร้างและการ ทำงานหัวใจ ของสัตว์เลี้ยง ลูกด้วยน้ำนม ได้ 2.นักเรียน สามารถสร้าง แบบจำลอง เพื่ออธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่าง โครงสร้างกับ หน้าที่ของ หัวใจแต่ละ ห้องได้ 3.นักเรียนมี ความ	แบบจำลอง เชิงภาพ และ แบบจำลอง เชิงภาษา	2

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วงรอบ	แผนที่	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ประเภทของการสร้างแบบจำลอง	เวลา (ชม.)
				รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย		
2	4	ระบบของหลอดเลือด	ชนิดของหลอดเลือด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) ระบบอาร์เทอร์รี่ เมื่อเรียงลำดับจากหัวใจต่อเนื่องกันไปจากขนาดใหญ่ไปเล็กตามลำดับ ดังนี้ 1. เออร์ตา 2. อาร์เทอร์รี่ 3. อาร์เทอร์ริโอล 2) ระบบหลอดเลือดเวน เมื่อเรียงลำดับจากหัวใจต่อเนื่องกันไปจากขนาดใหญ่ไปเล็กตามลำดับ ดังนี้ 1. เออร์ตา 2. อาร์เทอร์รี่ 3. อาร์เทอร์ริโอล 2) ระบบหลอดเลือดเวน เมื่อเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่สุด ดังนี้ 1. หลอดเลือดเวนูล 2. หลอดเลือดเวน 3. เวนาคา และ 3) ระบบหลอดเลือดฝอย โดยเลือดจะออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออร์ตาร์ อาร์เทอร์รี่ อาร์เทอร์ริโอล หลอดเลือดฝอย เวนูล เวน และเวนาคา แล้วเข้าสู่หัวใจ	1.นักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	แบบจำลองเชิงภาพ และแบบจำลองเชิงภาษา	2

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วงรอบ	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ประเภทของ การสร้าง แบบจำลอง	เวลา (ชม.)
	5	วงจรการไหลเวียนของเลือด	เลือดที่ออกจากหัวใจจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดต่าง ๆ เป็นวงจร ได้แก่ 1. วงจรไหลเวียนผ่านปอด (Pulmonary circulation) เป็นวงจรที่ทำให้เลือดที่มีปริมาณ O_2 ต่ำกลายเป็นเลือดที่มีปริมาณ O_2 สูง 2. วงจรไหลเวียนผ่านร่างกาย (Systemic circulation) วงจรนี้จะนำเลือดที่มี O_2 สูง ออกจากหัวใจไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และ 3. วงจรการไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ (Coronary circulation)	1.นักเรียนสามารถอธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจมนุษย์และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ได้ 2.นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจมนุษย์ได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	แบบจำลองเชิงรูปธรรมและแบบจำลองเชิงภาษา	2
	6	หมู่เลือดและการให้เลือด	หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็นเลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดงและจำแนกตามระบบ Rh ได้เป็นเลือดหมู่ Rh+ และ Rh- การให้และรับเลือดมีหลัก	1.นักเรียนสามารถอธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh ได้	แบบจำลองเชิงรูปธรรมและแบบจำลองเชิงภาษา	2

ตารางที่ 14 (ต่อ)

วงรอบ	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ประเภทของ การสร้าง แบบจำลอง	เวลา (ชม.)
			ว่า แอนติเจนของผู้ให้ต้อง ไม่ตรงกับแอนติบอดีของ ผู้รับ และการให้และรับ เลือดที่เหมาะสมที่สุดคือ ผู้ให้และผู้รับควรมีเลือดหมู่ ตรงกัน	2.นักเรียน สามารถสร้าง แบบจำลองหมู่ เลือดระบบ ABO ได้ 3.นักเรียนมี ความ รับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับ มอบหมาย		
รวม						12

7) ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยได้เลือก
ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Gobert and Buckley (2000)

8) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง
ระบบหมุนเวียนเลือด จำนวน 6 แผน 12 ชั่วโมง ซึ่งในหัวข้อหลักในแต่ละแผนประกอบไปด้วย ผล
การเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้
และการวัดและประเมินผล

9) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างเสร็จสมบูรณ์แล้วนั้นไป
นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมของ
เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัด
ประเมินผล

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินคุณภาพความเหมาะสมของ
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำแผนการจัดการเรียนรู้มา
ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ คือ ปรับแก้สาระสำคัญให้มีความกระชับมากขึ้น และขั้นตอนการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเวลาในชั้นเรียน

11) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ดังนี้

1. รศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รศ.ดร. วราพร เอรารวรรณ์ วุฒิการศึกษา ค.ด. (การวัดและประเมินผล การศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล
3. อาจารย์ ดร. วุฒิสักดิ์ บุญแน่น วุฒิการศึกษา ปร.ด. (สิ่งแวดล้อมศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
4. อาจารย์ณิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ วุฒิการศึกษา วท.ม. (โรคพืชวิทยา) ตำแหน่ง อาจารย์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
5. อาจารย์ทิพวรรณ พิลาวุฒิการศึกษา วท.ม. (ชีววิทยาศึกษา) ตำแหน่ง อาจารย์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

12) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องและความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

13) นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 5 คน ปรากฏดังตารางที่ 15 (ดังปรากฏในหน้าที่ 145-150)

ตารางที่ 15 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ ที่	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
1	4.69	0.42	มากที่สุด
2	4.69	0.47	มากที่สุด
3	4.66	0.54	มากที่สุด
4	4.68	0.51	มากที่สุด
5	4.69	0.53	มากที่สุด
6	4.71	0.51	มากที่สุด
รวม	4.69	0.02	มากที่สุด

14) ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ดังนี้

แปรตามมากขึ้น

มากขึ้น

1. ปรับแก้จุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องต่อการส่งเสริมตัว

2. ปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินให้มีความเหมาะสม และชัดเจน

15) นำแผนการจัดการเรียนรู้ปรับปรุงแล้วไปใช้ประกอบการสอนกับกลุ่ม

เป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล

2.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

1) ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองตามแนวคิดของ Schwarz et al. (2009) 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง

2. การใช้แบบจำลอง

3. การเปรียบเทียบและประเมิน

4. การปรับปรุงแบบจำลอง

2) ศึกษาวิธีการสร้างและสร้างเครื่องมือจากทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

3) ดำเนินการสร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง และมีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบบูรณาการแบบแยกองค์ประกอบ

4) นำเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน

5) นำเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความเหมาะสม ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน (ชุดเดิม)

6) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

7) นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองดังนี้ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นเกณฑ์ที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินเกณฑ์กระบวนการสร้างแบบจำลองจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 5 คน (ชุดเดิม)

ค่าความเหมาะสมของเกณฑ์กระบวนการสร้างแบบจำลอง มีค่าเฉลี่ย 4.40 หมายถึง เหมาะสมมาก (ดังปรากฏในหน้าที่ 154)

8) ดำเนินการปรับแก้ไขเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับแก้เกณฑ์กระบวนการสร้างแบบจำลองให้ชัดเจนตาม องค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลอง

9) นำเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วไป ใช้ เพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

1) ศึกษาจากทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

2) สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง เป็นข้อสอบ แบบอัตนัย มีการให้คะแนนแบบรูบริก ให้นักเรียนทำการทดสอบทำวงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ

3) นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณา และนำแบบทดสอบความสามารถในการ สร้างแบบจำลองปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ คือ ปรับการเว้นวรรคคำหรือประโยคเพื่อให้สื่อ ความหมายได้ถูกต้องชัดเจน และปรับภาษาให้เป็นวิชาการมากขึ้น

4) นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้อง ซึ่ง ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน (ชุดเดิม)

5) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้
ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง
ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง
ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

6) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้อง โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) โดยค่าดัชนีความ สอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง และสามารถนำไปใช้ ได้ ซึ่งข้อสอบมีทั้งหมด 8 ข้อ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องแล้ว เป็นดังนี้ (ดังปรากฏในหน้าที่ 152)

1) วงจรปฏิบัติการที่ 1

ข้อ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

2) วงจรปฏิบัติการที่ 2

ข้อ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

ข้อ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1

จากการคำนวณข้อสอบทุกข้อ พบว่า ทุกข้อสามารถนำไปวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองได้

10) จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บ

รวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป โดยแบ่งเป็น 2 วงจรปฏิบัติการ วงจรละ 2 ข้อ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อ 1 และข้อ 3 ในขณะที่วงจรปฏิบัติการที่ 2 เลือกใช้ข้อ 2 และข้อ 3

2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียนเป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยสัมภาษณ์ความเห็นของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ในด้านต่าง ๆ ไปประกอบการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป โดยการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนมีขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาแนวคิด หลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์

2) กำหนดและออกแบบรายละเอียดของแบบสัมภาษณ์

3) สร้างแบบสัมภาษณ์

4) นำแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้คำแนะนำจากนั้นปรับปรุงตามคำแนะนำ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ คือ ปรับข้อความแบบสัมภาษณ์ให้ครอบคลุมในแต่ละองค์ประกอบ คือ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง

5) นำแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้อง ซึ่งประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน (ชุดเดิม)

6) ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

7) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้อง โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าแบบสัมภาษณ์นั้นมีความสอดคล้อง และสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ พบว่า ข้อคำถามทั้ง 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.8 (ดังปรากฏในหน้าที่ 153) ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้

8) จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.4 อนุทินของนักเรียน

เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนทำนองจริงปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนสะท้อนคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1) กำหนดประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทิน

2) สร้างอนุทินของนักเรียนตามประเด็นที่กำหนด

3) นำอนุทินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เพื่อตรวจสอบความ

ถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ คือ เพิ่มประเด็นของข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ เพื่อให้นักเรียนได้สะท้อนคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 ; ประสาท เนืองเฉลิม, 2561) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1) เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์หานักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จะเป็นกลุ่มเป้าหมาย

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน แล้วทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองและดำเนินการสร้างและดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วิจัย ประกอบด้วย แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน

2. ขั้นตอนปฏิบัติ (Act)

1) นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ

แผนที่ 1 ส่วนประกอบของเลือด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 2 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 3 โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ	จำนวน 2 ชั่วโมง

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ

แผนที่ 4 ระบบของหลอดเลือด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 5 วงจรการไหลเวียนเลือดของหัวใจ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 หมู่เลือดและหลักการให้เลือด	จำนวน 2 ชั่วโมง

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่บ่งชี้ถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพื่อเก็บข้อมูลคะแนนด้านกระบวนการ โดยใช้แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองจำนวน 2 ข้อ แบบสัมภาษณ์ และอนุทินของนักเรียน

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน อนุทินของนักเรียน มาวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตามความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์โดยการนำคะแนนรวมที่ได้จากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองและแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ที่สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกแบบแยกประเด็นมาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และแปลผลออกมาเป็นระดับความสามารถของแต่ละช่วงคะแนน ปรากฏดังตารางที่ 16

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

วิเคราะห์โดยการนำข้อมูลที่ได้จากผลการใช้เครื่องมือ คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ ดีความและสรุป จากนั้นรายงานผลในรูปของการบรรยาย

ตารางที่ 16 เกณฑ์การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
21-24	ดีมาก
17-20	ดี
13-16	พอใช้
9-12	ปรับปรุง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ใช้ดัชนีความสอดคล้องในการหาคุณภาพของเครื่องมือ และสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) ร้อยละ (Percentage) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

1. สถิติที่ใช้ในการหาค่าคุณภาพเครื่องมือ มีดังต่อไปนี้

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC (สมนึก ภัททิยธนี, 2553) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับเนื้อหา
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณโดยใช้สูตร (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2554)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม
 n แทน จำนวนคนในกลุ่ม

2.2 หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คำนวณโดยใช้สูตร (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2554)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
 n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

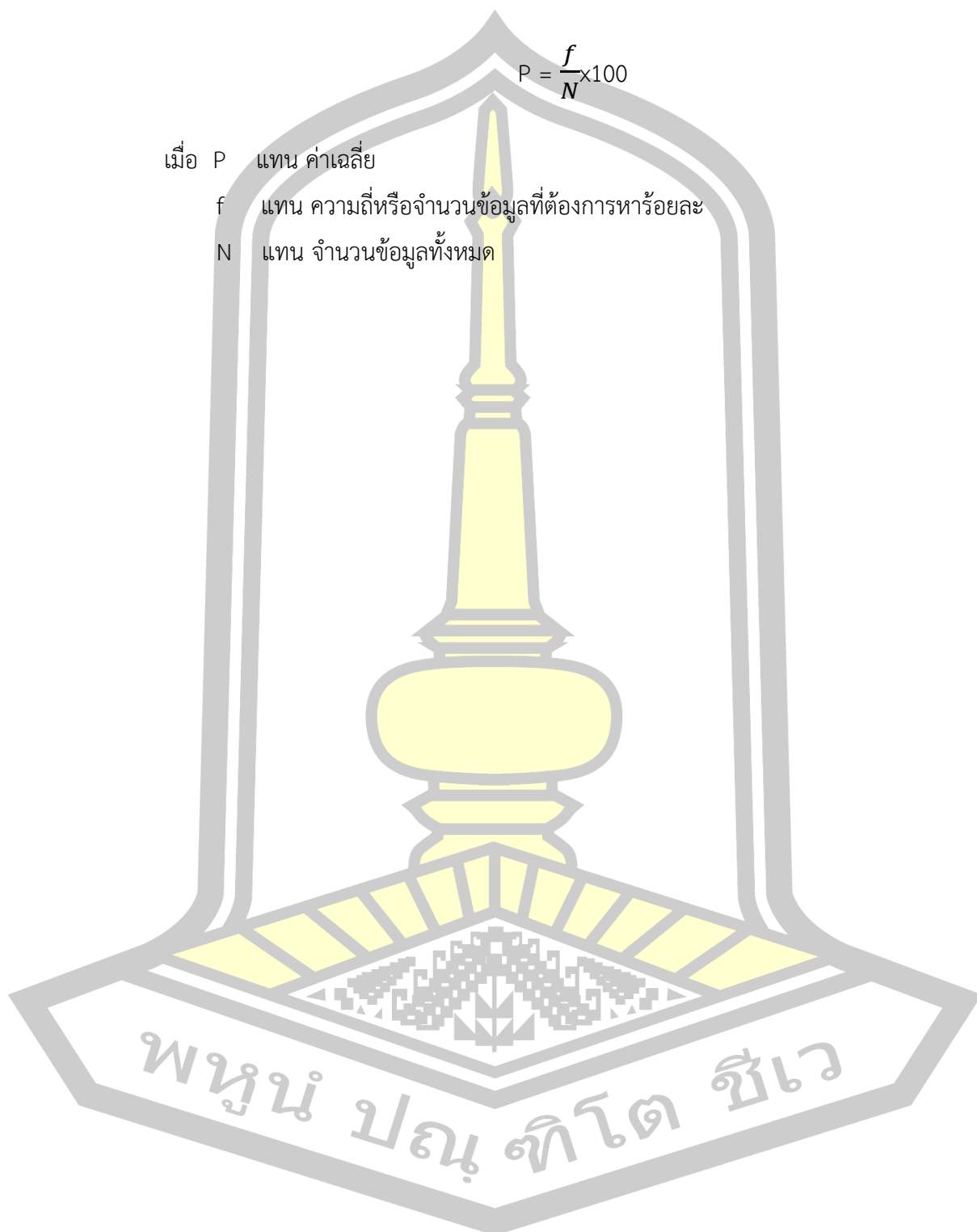
2.3 ร้อยละ (Percentage) (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2554)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ค่าเฉลี่ย

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัย โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ
3. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนจำนวน 23 คน มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 14 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 23 คน เป็นกลุ่มเป้าหมาย เพื่อพัฒนา นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 23 คน ให้มีความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน เพื่อวิเคราะห์หา นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนจำนวน 23 คน มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนจำนวน 23 เป็นกลุ่มเป้าหมาย

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา ซึ่ง

ผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐาน แล้วทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองและดำเนินสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วิจัย ประกอบด้วย แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ

- แผนที่ 1 ส่วนประกอบของเลือด จำนวน 2 ชั่วโมง
- แผนที่ 2 การลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์ จำนวน 2 ชั่วโมง
- แผนที่ 3 โครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ จำนวน 2 ชั่วโมง

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้เครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติ ดังนี้

- 1) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยผู้วิจัยได้นำไปประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
- 2) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง จำนวน 2 ข้อ เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคะแนนรวมความสามารถในการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบและกระบวนการสร้างแบบจำลอง ปรากฏดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน กระบวนการ (8)	คะแนนรวม (24)	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
1	12	5.67	17.67	73.63	ดี
2	13	5.67	18.67	77.79	ดี
5*	10	5.67	15.67	65.29	พอใช้

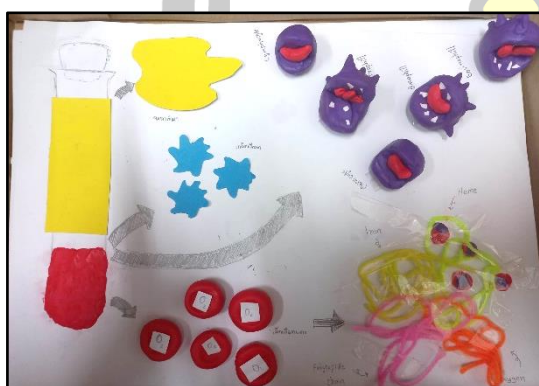
ตารางที่ 17 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน กระบวนการ (8)	คะแนนรวม (24)	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
7	12	5.67	17.67	73.63	ดี
9*	10	6	16	66.67	พอใช้
10	13	6	19	79.17	ดี
12*	8	6	14	58.33	พอใช้
14*	9	6	15	62.50	พอใช้
15	12	5.67	17.67	73.63	ดี
17*	10	5.67	15.67	65.29	พอใช้
19	12	5.67	17.67	73.63	ดี
21*	8	5.67	13.67	56.96	พอใช้
22	13	6	19	79.17	ดี
23*	10	6	16	66.67	พอใช้
26	13	6	19	79.17	ดี
27	12	6	18	75.00	ดี
28*	9	6.33	15.33	63.88	พอใช้
29	13	6.33	19.33	80.54	ดี
30	12	6.33	18.33	76.38	ดี
32	12	6.67	18.67	77.79	ดี
35	13	6.67	19.67	81.96	ดี
36	12	6.67	18.67	77.79	ดี
37*	10	6.67	16.67	69.46	พอใช้
ค่าเฉลี่ย	11.22	6.04	17.26	71.93	ดี

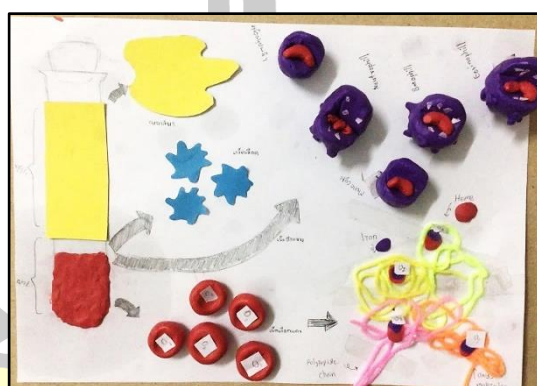
* หมายถึง หมายถึงนักเรียนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

จากตารางที่ 17 พบว่า มีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน และนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้าง

แบบจำลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 17.26 คิดเป็นร้อยละ 71.93 ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองพบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.22 คิดเป็นร้อยละ 70.11 และคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.04 คิดเป็นร้อยละ 75.56 โดยมีรายละเอียดตัวอย่างผลงานแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ และคำตอบของนักเรียนในแบบวัดความสามารถการสร้างแบบจำลอง ดังนี้



(ก)



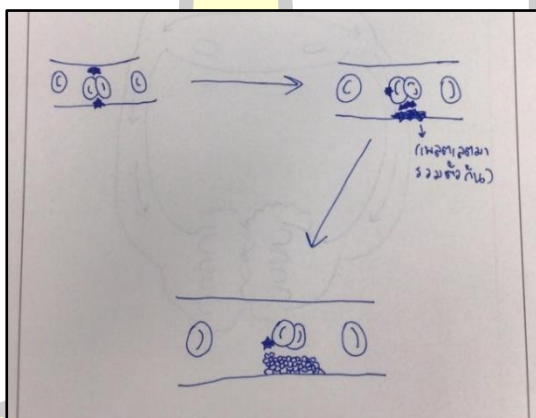
(ข)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบจำลองส่วนประกอบของเลือด (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 1

(ก) แบบจำลองที่นักเรียนสร้าง และ (ข) แบบจำลองที่นักเรียนปรับปรุง

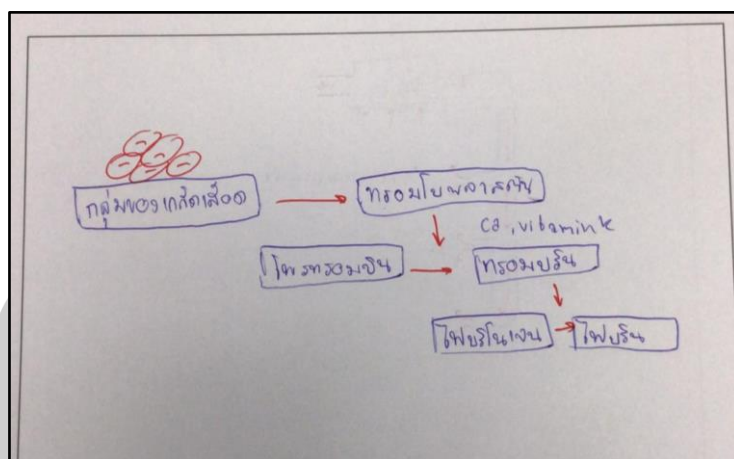
จากภาพที่ 2 พบว่า นักเรียนทำการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลอง เพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ด้วยการใช้กระดาษสีและดินน้ำมันคลึงขึ้นในรูปร่างต่าง ๆ แทนส่วนประกอบของเลือด ได้แก่ พลาสมา เกล็ดเลือด เซลล์เม็ดเลือดแดงที่มีลักษณะกลมแบนและเว้าตรงกลาง อีกทั้งยังแสดงถึงโมเลกุลของฮีโมโกลบินที่อยู่ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดงที่ทำหน้าที่จับกับออกซิเจน และเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่มที่มีแกรนูลและไม่มีแกรนูลอยู่ภายในไซโทพลาซึมโดยมีการกำกับด้วยชื่อ อีกทั้งยังมีการแสดงลักษณะหรือจำนวนพู่ของนิวเคลียสในเซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละชนิด แต่นักเรียนจะมีการระบุคำสำคัญเพียงสั้น ๆ จะเห็นว่าเมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาใช้ในการอธิบายส่วนประกอบของเลือดร่วมกับกลุ่มเพื่อน จะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นว่าของกลุ่มตนเองยังไม่มี ความถูกต้องใน

ส่วนใดบ้างและควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร จากภาพ (ก) จะเห็นว่าแบบจำลองแสดงถึงโมเลกุลของฮีโมโกลบิน 1 โมเลกุล ที่อยู่ภายในเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยมีส่วนประกอบครบถ้วนทั้งฮีโมที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบและทำหน้าที่จับกับออกซิเจน และสายโพลีเปปไทด์ทั้ง 4 สาย แต่พบว่าตำแหน่งของฮีโมยังไม่มี ความถูกต้อง ทำให้นักเรียนได้มีการปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเองให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น สังเกตได้จากภาพ (ข) นักเรียนได้ปรับปรุงแก้ไขให้ฮีโมติดอยู่บนสายโพลีเปปไทด์แต่ละสาย อีกทั้งยังแสดงการจับกันของออกซิเจนกับเหล็กให้มีตำแหน่งที่ถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในด้านการกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียนที่ดีขึ้นผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แต่ก็ยังพบว่ามึนักเรียนบางกลุ่มสร้างแบบจำลองได้ไม่ครบทุกองค์ประกอบและไม่ปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง เมื่อพิจารณาคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองแบบแยกองค์ประกอบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้าง การใช้ การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 1.78 1.39 และ 1 ตามลำดับ จากคะแนนเต็มองค์ประกอบละ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 94.44 88.89 69.44 และ 50 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)
วงจรปฏิบัติการที่ 1

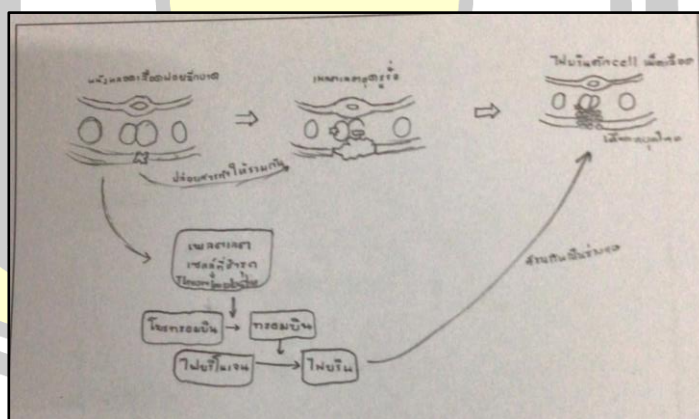
จากภาพที่ 3 การตอบคำถามของนักเรียน พบว่า ได้ 3 คะแนน เนื่องจากนักเรียนเขียนองค์ประกอบไม่ครบ ไม่มีการระบุการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละชนิดในกระบวนการแข็งตัวของเลือด



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)

วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 4 การตอบคำถามของนักเรียน พบว่า ได้ 6 คะแนน โดยคำตอบมีความถูกต้องเกี่ยวกับการแข็งตัวของเลือด มีการระบุองค์ประกอบนั้นคืออะไรแต่องค์ประกอบไม่ครบ แต่ส่วนที่ระบุมีความถูกต้อง



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)

วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 5 การตอบคำถามของนักเรียน พบว่า ได้ 7 คะแนน นักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องชัดเจนตามมโนทัศน์ของกระบวนการแข็งตัวของเลือด สามารถระบุขั้นตอนและองค์ประกอบได้ และมีการใช้ลูกศรเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนที่เกิดขึ้นก่อนหลัง

3) การสัมภาษณ์นักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียนเป็นแบบมีโครงสร้าง โดย สัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัย ได้ดำเนินการสัมภาษณ์ในประเด็นเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจากการสัมภาษณ์ สามารถสรุปประเด็นได้ ดังนี้

(1) นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจในขั้นตอนเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง และไม่แน่ใจว่า แบบจำลองที่ตนสร้างนั้นถูกต้องหรือไม่

“...หนูไม่มั่นใจว่าจะนำข้อมูลที่ได้มานำเสนอเป็นแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบไหน และ แบบจำลองที่สร้างขึ้นจะถูกต้องไหม หนูจึงมาสอบถามครูเพื่อความมั่นใจอีกครั้งค่ะ”

(นักเรียนเลขที่ 12, 21 กุมภาพันธ์ 2566: สัมภาษณ์)

(2) นักเรียนมีการประเมินแบบจำลอง โดยสังเกตและเปรียบเทียบกับแบบจำลอง ของเพื่อนกลุ่มอื่นที่ออกมานำเสนอ

“...หนูคิดว่าแบบจำลองกลุ่มหนูมีโครงสร้างของหัวใจมนุษย์ครบกว่ากลุ่มเพื่อนค่ะ กลุ่มของเพื่อนมีลิ้น หัวใจไม่ครบ”

(นักเรียนเลขที่ 7, 21 กุมภาพันธ์ 2566: สัมภาษณ์)

(3) นักเรียนยังไม่ทราบว่าต้องปรับปรุงแบบจำลองอย่างไร และเมื่อให้นักเรียน อธิบายเกี่ยวกับจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง นักเรียนบางส่วนไม่เข้าใจว่าคืออะไร

“...แบบจำลองของกลุ่มพวกหนูน่าจะไม่มีข้อจำกัดนะคะเพราะสามารถอธิบายให้เพื่อนเข้าใจได้ แต่ก็ ต้องนำไปให้ครูช่วยพิจารณาอีกทีค่ะเพราะไม่มั่นใจว่าพวกหนูเข้าใจถูกไหม”

(นักเรียนเลขที่ 37, 21 กุมภาพันธ์ 2566: สัมภาษณ์)

“...สอบถามครูผู้สอน ให้ครูแนะนำว่ากลุ่มเราต้องปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมส่วนใดอีกบ้าง”

(นักเรียนเลขที่ 14, 21 กุมภาพันธ์ 2566: สัมภาษณ์)

4) อนุทินของนักเรียน เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนท้ายวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้ นักเรียนสะท้อนเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตัวอย่างคำตอบนักเรียน ดังนี้

(1) นักเรียนให้ความสนใจกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีการสร้างแบบจำลอง แต่นักเรียนต้องการเวลาในการทำกิจกรรมมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับขั้นตอนและรูปแบบของการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้นักเรียนไม่แน่ใจว่าแต่ละขั้นจะต้องทำอะไรบ้างซึ่งส่งผลกับเวลาในการทำกิจกรรม

“...รู้สึกตื่นเต้นที่ได้ทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกับเพื่อนๆ และสนุกไปกับกิจกรรมแต่ละอัน”

(นักเรียนเลขที่ 19, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

“...อยากได้เวลาในการทำกิจกรรมเพิ่มค่ะ เพราะใช้เวลาในการทำแบบจำลองค่อนข้างนาน”

(นักเรียนเลขที่ 17, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

“...อยากให้ครูอธิบายรายละเอียดแต่ละขั้นให้ชัดเจน จะได้ทำกิจกรรมรวดเร็วขึ้น”

(นักเรียนเลขที่ 23, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

(2) นักเรียนต้องการให้เพิ่มอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน และเป็นวัสดุที่สามารถปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองได้ง่ายและรวดเร็ว

“...อาจเป็นการเพิ่มอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน เพราะบางทีสีของดินน้ำมันที่มีมันไม่หลากหลายและอุปกรณ์บางอย่างทำให้แก้ไขได้ยากถ้าติดกาแล้ว”

(นักเรียนเลขที่ 14, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

“...อยากให้เพิ่มสีของดินน้ำมันเยอะกว่านี้ สีมันซ้ำกันมากเกินไปค่ะ”

(นักเรียนเลขที่ 5, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

“...จัดเตรียมอุปกรณ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้นตามหัวข้อที่พาทำ”

(นักเรียนเลขที่ 22, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกกอนุทิน)

(3) นักเรียนอยากให้ครูสร้างข้อตกลงในการนำเสนอแบบจำลองให้ชัดเจน เพราะจากการสังเกตในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจฟังเวลาเพื่อนกลุ่มอื่นออกมานำเสนอ

“...สร้างข้อตกลงในการนำเสนอผลงาน เพราะเพื่อนบางกลุ่มไม่ตั้งใจฟังมัวแต่สนใจกับ
แบบจำลองของกลุ่มตัวเอง เริ่มคุยและไม่สนใจฟังเวลากลุ่มพวกหนูออกไปนำเสนอ”

(นักเรียนเลขที่ 10, 21 กุมภาพันธ์ 2566: บันทึกอนุทิน)

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบ
ความสามารถการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการ
สรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
ปรากฏดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. นักเรียนบางส่วนไม่รู้ว่าจะนำเสนอ แบบจำลองในรูปแบบใด และไม่มั่นใจว่า แบบจำลองที่สร้างจะถูกต้องหรือไม่	ครูนำสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันหรือ เหตุการณ์จากข่าวหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องและ น่าสนใจมากระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อ กระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบเพื่อนำไปสู่การ แสดงออกแบบจำลองของนักเรียน
2. นักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจว่าต้องอธิบาย เกี่ยวกับจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง อย่างไร และไม่ทราบว่าต้องปรับปรุง แบบจำลองแบบไหน	ครูใช้คำถามหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนได้ลอง วิเคราะห์แบบจำลองของตนเองว่าสามารถ อธิบายปรากฏการณ์ได้มากน้อยเพียงใดเพื่อให้ เห็นจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง จน นำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองต่อไป
3. เวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอ	ปรับกิจกรรมให้กระชับมากขึ้น และกระตุ้นให้ นักเรียนรักษาเวลาในการทำกิจกรรมขั้นต่าง ๆ
4. อุปกรณ์ในการสร้างแบบจำลองยังไม่ หลากหลาย	ครูเตรียมอุปกรณ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น และเหมาะสมต่อการแก้ไขปรับปรุงแบบจำลอง ได้ง่าย

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยครูนำสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์จากข่าวหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องและน่าสนใจมากระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบเพื่อนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองของนักเรียนและใช้คำถามสอบถามความเข้าใจครอบคลุมทั้งความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานและอธิบายเพิ่มเติมก่อนที่จะให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้ยังใช้คำถามหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนได้ลองวิเคราะห์แบบจำลองของตนเองว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้มากน้อยเพียงใดจนนำไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองต่อไป อีกทั้งยังสร้างข้อตกลงเรื่องการบริหารเวลาในการทำกิจกรรมและเพิ่มอุปกรณ์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น

2.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาแล้วนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ

แผนที่ 4 ระบบของหลอดเลือด	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 5 วงจรการไหลเวียนเลือดของหัวใจ	จำนวน 2 ชั่วโมง
แผนที่ 6 หมู่เลือดและหลักการให้เลือด	จำนวน 2 ชั่วโมง

2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

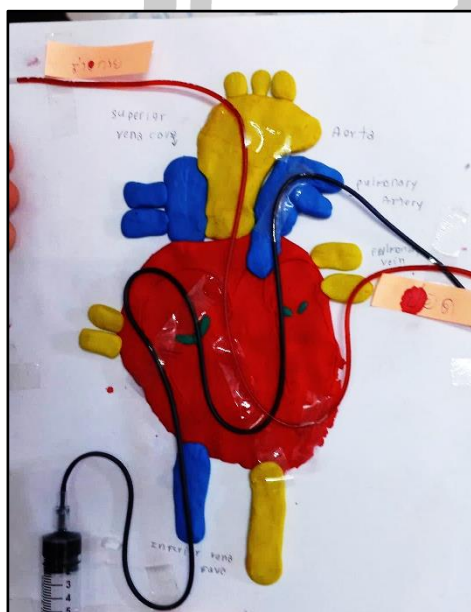
ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้เครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติ ดังนี้

- 1) แบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยผู้วิจัยได้นำไปประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน
- 2) แบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลอง จำนวน 2 ข้อ เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคะแนนรวมความสามารถในการสร้างแบบจำลองจากแบบทดสอบและกระบวนการสร้างแบบจำลอง ปรากฏดังตารางที่ 19

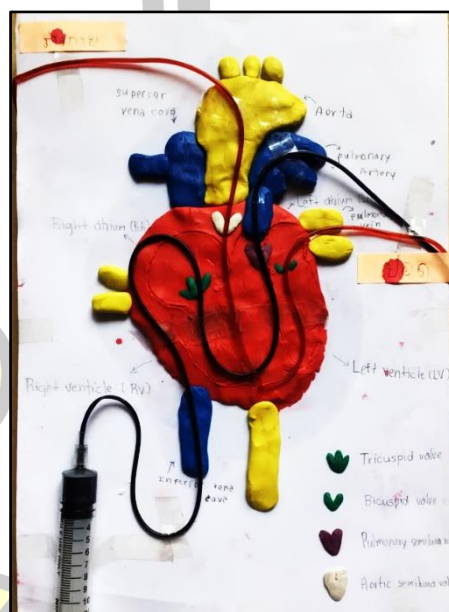
ตารางที่ 19 คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

เลขที่	คะแนน แบบทดสอบ (16)	คะแนน กระบวนการ (8)	คะแนนรวม (24)	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
1	14	7	21	87.50	ดีมาก
2	13	7	20	83.33	ดี
5	11	7	18	75.00	ดี
7	12	7	19	79.17	ดี
9	13	6.63	19.63	81.79	ดี
10	13	6.63	19.63	81.79	ดี
12	12	6.63	18.63	77.63	ดี
14	13	6.63	19.63	81.79	ดี
15	12	6	18	75.00	ดี
17	13	6	19	79.17	ดี
19	13	6	19	79.17	ดี
21	12	6	18	75.00	ดี
22	13	6.67	19.67	81.96	ดี
23	13	6.67	19.67	81.96	ดี
26	13	6.67	19.67	81.96	ดี
27	14	6.67	20.67	86.13	ดี
28	12	6.67	18.67	77.79	ดี
29	13	6.67	19.67	81.96	ดี
30	14	6.67	20.67	86.13	ดี
32	14	7	21	87.50	ดีมาก
35	13	7	20	83.33	ดี
36	13	7	20	83.33	ดี
37	12	7	19	79.17	ดี
ค่าเฉลี่ย	12.83	6.66	19.49	81.20	ดี

จากตารางที่ 19 พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งหมดจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 23 คน พิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองรวมเฉลี่ยเท่ากับ 19.49 คิดเป็นร้อยละ 81.20 ในขณะที่เมื่อพิจารณาคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองและคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง พบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.83 คิดเป็นร้อยละ 80.16 และคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.66 คิดเป็นร้อยละ 83.27 ซึ่งจากการวิเคราะห์แบบจำลองของนักเรียนและคำตอบของนักเรียนในแบบทดสอบวัดความสามารถการสร้างแบบจำลอง มีตัวอย่างดังนี้



(ก)

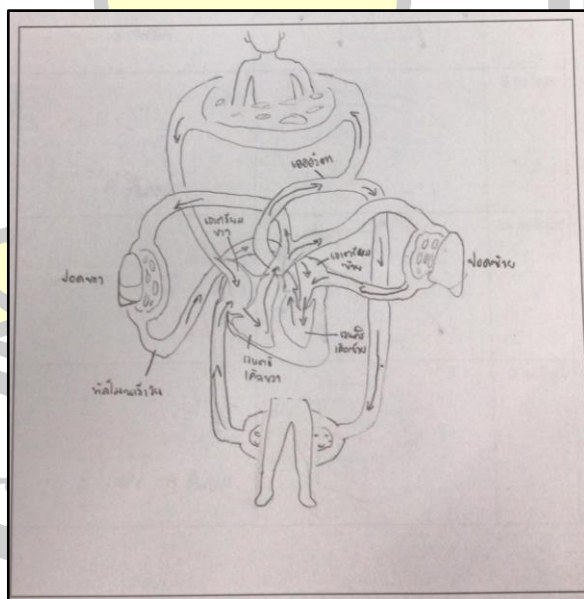


(ข)

ภาพที่ 6 ตัวอย่างแบบจำลองวงจรการหมุนเวียนเลือดของร่างกาย (รายกลุ่ม) วงจรปฏิบัติการที่ 2
(ก) แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และ (ข) แบบจำลองที่นักเรียนปรับปรุง

จากภาพที่ 6 พบว่า นักเรียนทำการสร้างแบบจำลองซึ่งเป็นองค์ประกอบของกระบวนการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายและสื่อออกมาเป็นแบบจำลอง ขณะสร้างแบบจำลองนักเรียนมีความกระตือรือร้นและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี และมีการเลือกสร้างแบบจำลองที่สร้างง่ายและจะได้เสร็จทันเวลา โดยนักเรียนมีการใช้ดินน้ำมันคลေးสีกำหนดเป็นโครงสร้างของหัวใจ หลอด

เลือด ล้นหัวใจ มีการใช้สายยางบรรจุน้ำซึ่งมีสีที่ต่างกันเพื่อแทนเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำและเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูง นอกจากนี้ยังกำกับด้วยชื่อและระบุค่าสำคัญแต่ละบริเวณโครงสร้างของหัวใจมนุษย์รวมทั้งปอดและร่างกาย นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่สร้างมาใช้ในการอธิบายวงจรการหมุนเวียนเลือดของร่างกายโดยแสดงวงจรการไหลเวียนเลือดของร่างกายผ่านการฉีดสายยางตามลำดับการไหลเวียนเลือดของร่างกายให้เพื่อนเข้าใจและมีการเปรียบเทียบประเมินแบบจำลองของกลุ่มตัวเองกับกลุ่มเพื่อนได้ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตัวเองได้ จะเห็นว่าจากภาพ (ก) แบบจำลองของนักเรียนยังขาดการระบุบางองค์ประกอบว่าคืออะไรและแสดงลำดับเลือดที่ไหลเข้ามายังหัวใจหลังจากนำไปฟอกที่ปอดยังไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนก็ได้มีการปรับปรุงแบบจำลอง ภาพ (ข) ให้ความถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยมีการชี้ระบุองค์ประกอบของแบบจำลองให้ครบถ้วนและถูกต้องสมบูรณ์เพิ่มขึ้น จึงกล่าวได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการกระบวนกรสร้างแบบจำลองที่เพิ่มขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และเมื่อพิจารณาคะแนนกระบวนกรสร้างแบบจำลองแบบแยกองค์ประกอบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้าง การใช้ การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 1.94 1.89 1.5 และ 1.28 ตามลำดับ จากคะแนนเต็มองค์ประกอบละ 2 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 97.22 94.44 75 และ 63.89 ตามลำดับ



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (รายบุคคล)
วงจรปฏิบัติการที่ 2

“...หนูว่าแบบจำลองของกลุ่มพวกหนูยังอธิบายได้ไม่ดีเท่าไรค่ะ เลยต้องเพิ่มองค์ประกอบของแบบจำลอง เพราะว่ากลุ่มหนูไม่มีบางองค์ประกอบเหมือนเพื่อนกลุ่มอื่น”

(นักเรียนเลขที่ 1, 7 มีนาคม 2566: สัมภาษณ์)

“...ทำไมเวลาสร้างแบบจำลองแล้วเราต้องมีการใช้และประเมินแบบจำลองด้วยคะ”

(นักเรียนเลขที่ 21, 7 มีนาคม 2566: สัมภาษณ์)

4) อนุทินของนักเรียน เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนทำยวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้ นักเรียนสะท้อนเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตัวอย่างคำตอบนักเรียน ดังนี้

(1) บรรยากาศในชั้นเรียนเต็มไปด้วยการเรียนรู้ที่สนุกสนาน และนักเรียนภูมิใจที่สามารถสร้างแบบจำลองของตนเองได้

“...ชอบมากครับ ภูมิใจในผลงานของกลุ่มตนเองมาก”

(นักเรียนเลขที่ 13, 7 มีนาคม 2566: บันทึกอนุทิน)

“...หนูรู้สึกสนุกกว่านั่งเรียนแบบปกติ ได้ช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม อีกทั้งยังได้ใช้จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ในการทำชิ้นงาน”

(นักเรียนเลขที่ 22, 7 มีนาคม 2566: บันทึกอนุทิน)

(2) นักเรียนเปิดใจยอมรับคำวิจารณ์ต่าง ๆ เวลาออกมานำเสนอแบบจำลอง เพื่อนำ กลับไปปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตนเอง

“...ชอบกิจกรรมขั้นการใช้และประเมินแบบจำลอง เพราะว่ามีกรอบอธิบายภายในกลุ่มตนเอง และได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนและครูผู้สอน ช่วยให้เห็นถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองทำให้นำไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตนเองให้ดียิ่งขึ้นได้ค่ะ”

(นักเรียนเลขที่ 15, 7 มีนาคม 2566: บันทึกอนุทิน)

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง แบบทดสอบความสามารถการสร้างแบบจำลอง แบบสัมภาษณ์นักเรียน และอนุทินของนักเรียน อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทุกคน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไขเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในอนาคตต่อไป ปรากฏดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ปัญหาและแนวทางแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1.นักเรียนบางกลุ่มนำเสนอองค์ประกอบที่สร้างไม่ครบถ้วนในแบบจำลองของกลุ่มตัวเอง	ครูกำหนดประเด็นที่สำคัญที่จะต้องแสดงและนำเสนอในแบบจำลอง เช่น ลักษณะ ตำแหน่ง และองค์ประกอบ เป็นต้น
2.ในชั้นที่นักเรียนต้องออกมานำเสนอแบบจำลอง นักเรียนบางกลุ่มยังไม่มั่นใจในแบบจำลองของตนเอง	ครูเสริมแรงทางบวกโดยการให้คะแนนกับนักเรียนที่ออกมานำเสนอ
3.ขั้นการใช้และประเมินแบบจำลองช่วยให้นักเรียนปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มตัวเองได้ดีขึ้น แต่มีนักเรียนบางส่วนยังไม่เข้าใจจุดประสงค์การใช้และประเมินแบบจำลอง	ครูชี้แนะให้นักเรียนเห็นว่า นักวิทยาศาสตร์สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ หากไม่สามารถอธิบายได้แบบจำลองก็ต้องเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งสอดคล้องจุดประสงค์และธรรมชาติของแบบจำลองเข้าไปในระหว่างทำกิจกรรม

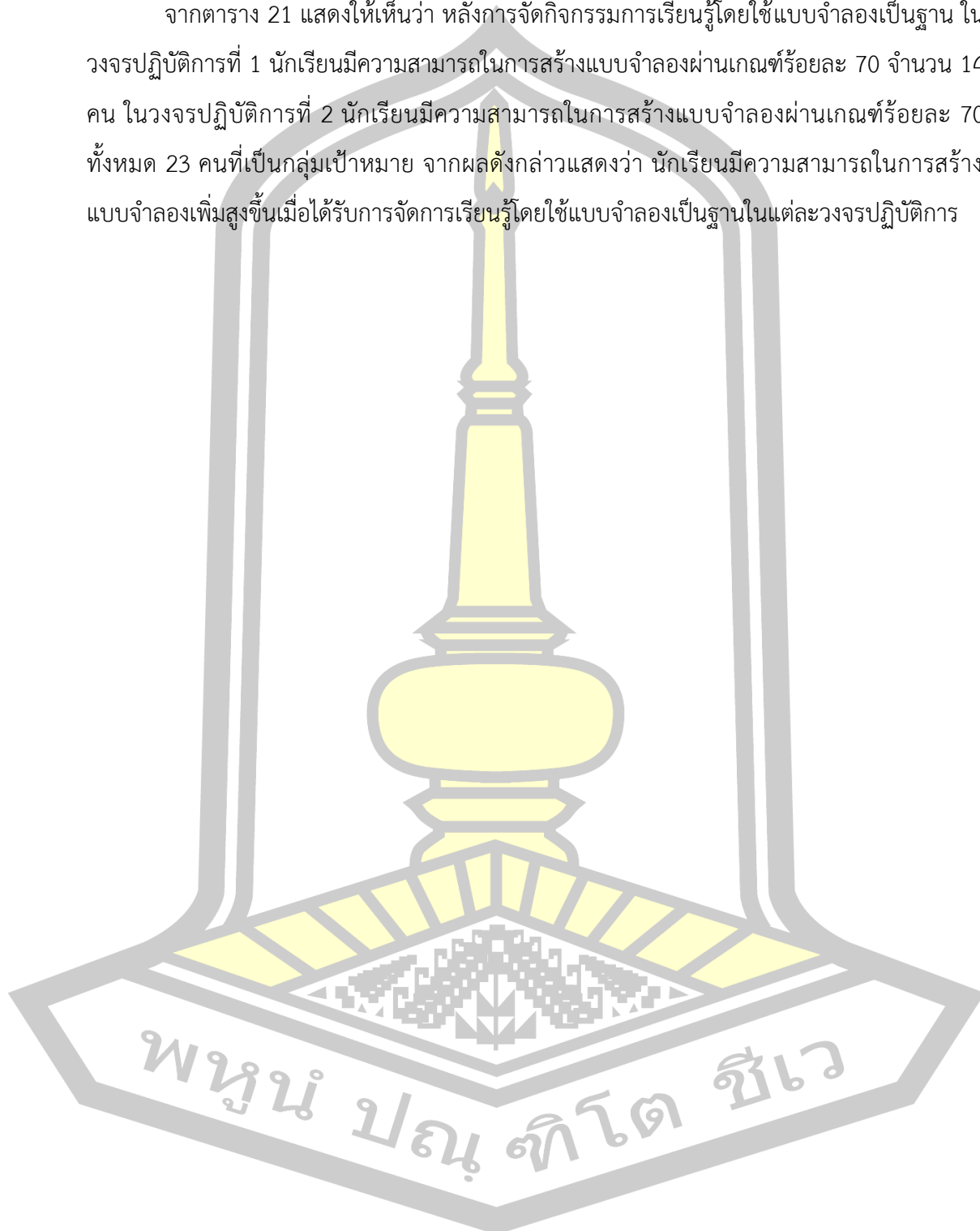
ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง และแบบประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างแบบจำลองทั้ง 2 วงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการ	ความสามารถในการสร้างแบบจำลอง (24 คะแนน)	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ	จำนวนนักเรียน ที่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 (23 คน)
1	17.26	71.93	ดี	14
2	19.49	81.20	ดี	23

จากตาราง 21 แสดงให้เห็นว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ใน
วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14
คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ทั้งหมด 23 คนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จากผลดังกล่าวแสดงว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้าง
แบบจำลองเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งมีลำดับขั้นการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ เป็นดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในรายวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 17.26 จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.93 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 14 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 9 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองเฉลี่ยเท่ากับ 19.49 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.20 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งหมด จำนวน 23 คน

อภิปรายผล

จากการวิจัยการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประเด็นที่น่าสนใจ อภิปราย ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 17.26 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่า มีนักเรียนจำนวน 14 คน จากนักเรียนทั้งหมด 23 คน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองจัดอยู่ในระดับดี ที่เป็นเช่นนี้เพราะเนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงและได้ฝึกการสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเองจนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปอธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwarz et al. (2009) ที่ได้กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างแบบจำลองเป็นการนำความรู้มาสร้างแบบจำลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และสามารถอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองต้องมีการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกับหลักฐานและทฤษฎี อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Buckley et al. (2004) ที่กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานว่า เป็นการนำแบบจำลองมาใช้ประกอบในการเรียนรู้ โดยจะสามารถสร้างเป็นแบบจำลองได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับเนื้อหาของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะช่วยส่งเสริมพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะในการสร้างแบบจำลองที่สูงขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนด้านกระบวนการสร้างแบบจำลองแบบแยกองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบ คือ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ คือ 1.89 1.78 1.39 และ 1 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการสร้างแบบจำลองของนักเรียนมีคะแนนสูงกว่าในทุกด้าน โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94.44 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือสร้างแบบจำลองด้วยตัวเอง โดยเริ่มจากที่นักเรียนแต่ละคนจะได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองออกมาก่อนที่จะได้ลงมือสร้างแบบจำลองของกลุ่มอีกครั้ง จึงทำให้คะแนนด้านการสร้างแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด แต่ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนใช้เวลาในขั้นตอนนี้นานเกินไปเพราะมีนักเรียนบางคนไม่ให้ความร่วมมือกับเพื่อนภายในกลุ่มส่งผลให้ระยะเวลาในการใช้และปรับปรุงแบบจำลองน้อยลง ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนแบ่งหน้าที่และสร้างข้อตกลงภายในกลุ่มกันให้ชัดเจนเพื่อที่ทุกคนจะได้มีส่วนร่วมในการทำ

กิจกรรมและเป็นการกระชับเวลาในการทำกิจกรรม แต่ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยด้านการปรับปรุงแบบจำลองยังน้อยอยู่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะจากการสังเกตในระหว่างทำกิจกรรมจะเห็นว่าเมื่อให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจว่าคืออะไร และไม่ทราบว่าจะต้องปรับปรุงแบบจำลองแบบไหน ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของแบบจำลองกลุ่มตนเองกับแบบจำลองกลุ่มอื่น รวมทั้งศึกษาค้นคว้าสำรวจตรวจสอบเพื่อนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองร่วมด้วย ส่งผลให้นักเรียนได้รู้ถึงข้อปรับปรุงของแบบจำลองของนักเรียนเอง และผู้วิจัยได้มีการใช้คำถามหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนได้ลองวิเคราะห์แบบจำลองของกลุ่มตนเองว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้มากน้อยเพียงใดเพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลอง และนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตนเองให้ดียิ่งขึ้นได้ ดังที่ Gobert and Buckley, 2000; Gilbert and Justi, 2016 กล่าวว่า หากแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างขึ้นอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ยังไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปแก้ไขและปรับปรุง เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนา สุท่ามา และ รมเกล้า จันทราธิ (2565) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนทำการเปรียบเทียบแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับข้อมูลใหม่ โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองของเพื่อนในชั้นเรียนจะนำไปสู่แบบจำลองที่ดีขึ้น และการอภิปรายกลุ่มจะทำให้นักเรียนได้ประเมินแบบจำลองของกลุ่มตนเองซึ่งจะทำให้เห็นถึงลักษณะของแบบจำลองที่ดี (Esther et al., 2020)

นอกจากนี้ยังพบปัญหาคือ นักเรียนบางส่วนยังมีปัญหาด้านการสร้างแบบจำลองทางความคิดอยู่บ้าง ซึ่งส่งผลต่อการสร้างแบบจำลองของนักเรียน ผู้วิจัยได้แก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงในชั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยนำสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันหรือเหตุการณ์จากข่าวหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องและน่าสนใจมากระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้นักเรียนแสดงคำตอบเพื่อนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิธา ชาติวรรณ และคณะ (2562) ที่ใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกถึงแบบจำลองทางความคิดของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามนักเรียนจำนวน 9 คน ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองจัดอยู่ในระดับพอใช้ ทั้งนี้การที่นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์นั้นเนื่องจากมีปัญหาในการสร้างแบบจำลองทางความคิดอยู่บ้าง นักเรียนยังปรับปรุงแบบจำลองได้น้อย นักเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนเรียนรู้อภิปรายเปรียบเทียบแบบจำลองกับเพื่อนภายในกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่นน้อย ซึ่งส่งผลต่อการปรับปรุงแบบจำลองของนักเรียน ผู้วิจัยจึงได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นำไปปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เมื่อทำการปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.49 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล

พบว่า มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 23 คน อีกทั้งยังพบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองจัดอยู่ในระดับดีมาก 2 คน และระดับดี 21 คน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการสร้างแบบจำลองทางความคิด โดยผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ข่าวหรือวิดีโอที่น่าสนใจและเกี่ยวข้อง เช่น ครูยกสถานการณ์ข่าว “รพ.ผาง ให้เลือดผิดกรุป เฒ่าวัย 62 เสียชีวิต” แล้วใช้คำถามดังนี้ จากข่าวนักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดเลือดกรุปบีจึงไม่สามารถเข้ากับเลือดกรุปโอได้ และถ้าหากนักเรียนมีเลือดกรุปโอจะสามารถรับเลือดจากกรุปบีได้บ้าง เพราะเหตุใด เป็นต้น เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงคำตอบเพื่อนำไปสู่การแสดงออกแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งผู้วิจัยยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่มมากขึ้น และเปรียบเทียบความแตกต่างของแบบจำลองของกลุ่มตนเองกับเพื่อนกลุ่มอื่น ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้รู้ถึงข้อปรับปรุงของแบบจำลองของกลุ่มนักเรียนเอง และผู้วิจัยได้ใช้คำถามหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนได้ลองวิเคราะห์แบบจำลองของกลุ่มตนเองว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้มากน้อยเพียงใดเพื่อให้เห็นจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลองนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มตนเองให้มีความสมบูรณ์และดียิ่งขึ้นได้

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลองแบบในแต่ละองค์ประกอบ 4 ด้าน คือ การสร้างแบบจำลอง การใช้แบบจำลอง การประเมินแบบจำลอง และการปรับปรุงแบบจำลอง พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านการสร้างแบบจำลอง 1.94 คิดเป็นร้อยละ 97.22 คะแนนเฉลี่ยด้านการใช้แบบจำลอง 1.89 คิดเป็นร้อยละ 94.44 คะแนนเฉลี่ยด้านการประเมินแบบจำลอง 1.5 คิดเป็นร้อยละ 75 และด้านการปรับปรุงแบบจำลองมีคะแนนเฉลี่ย 1.28 คิดเป็นร้อยละ 63.89 จากข้อมูลจะเห็นได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการในแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการแบบจำลองที่ดีขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงและสร้างแบบจำลองออกมาด้วยตนเองจนได้แบบจำลองที่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลอง ใช้แบบจำลอง ประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นตลอดจนปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปอธิบายกับสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาในการสร้างแบบจำลองอย่างต่อเนื่องและสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwarz et al., 2009 และ Baek et al. (2010) ที่ได้กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้าง การประเมิน การปรับปรุง และการสื่อสารความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee and Kim (2014) ที่ได้ทำการศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่อง ระบบหมุนเวียนของเลือด โดยนักเรียนได้ทำการสร้างแบบจำลองด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผล

และสามารถสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนได้ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบเพิ่มมากขึ้น

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้เห็นพัฒนาการการสร้างแบบจำลองของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรุคนิยมโดยการที่นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้และได้ลงมือปฏิบัติจริงหรือการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง รวมทั้งมีกระบวนการทางสังคมมาเกี่ยวข้องทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับเพื่อนในชั้นเรียนและครูผู้สอนซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีโซเชี่ยลคอนสตรัคติวิสต์ โดยมีครูผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือและกระตุ้นให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ไปตามพัฒนาการของนักเรียนซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาสติปัญญาของนักเรียนได้ (อชรา เอ็บสุขสิริ, 2559) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในแต่ละคาบนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองส่งผลให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองอย่างต่อเนื่องและสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

นอกจากนี้ความสามารถในการสร้างแบบจำลองจะถูกพัฒนาได้ต้องใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลองที่ตนเองสร้างมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชุกำแพง (2563) ที่ได้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า จำนวนนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีคะแนนความสามารถในการสร้างแบบจำลองผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 คือ 29 36 และ 36 คน ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิโชค เอี่ยมบุญ และคณะ (2563) ทำการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งงานวิจัยของ ชีรดา ชาติวรรณ และคณะ (2562) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโควาลนต์ จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องทั้ง 3

หัวข้อย่อย ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง พันธะโควาลนต์ มีแนวทางดังนี้ การสร้างแบบจำลอง ก่อนเริ่มกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ครูควรทำการทบทวนความรู้จากนั้นนำเสนอปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันโดยเชื่อมโยงเข้ากับเนื้อหา การแสดงแบบจำลอง ครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยการใช้คำถามรวมทั้งมีการใช้แบบจำลองที่หลากหลายและเหมาะสมกับเนื้อหา การทดสอบแบบจำลอง ครูแนะนำวิธีการใช้สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงก่อนประกอบกับการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตแบบจำลองของตนเองกับข้อมูลหลักการทฤษฎีเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถอธิบายได้ดียิ่งขึ้น การประเมินแบบจำลอง นักเรียนได้ปฏิบัติการประเมินแบบจำลองด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตนา สุท่ามา และ ร่มเกล้า จันทราชี (2565) ที่ได้ทำการศึกษาความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 19 คน โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากขึ้น จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและกระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการสะท้อนความเข้าใจการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรพงศ์ รัตนะ และคณะ (2566) ที่ได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานและประยุกต์ใช้ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรง ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเกี่ยวกับเรื่อง แรง ได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการสร้างแบบจำลองจะถูกพัฒนาได้ต้องใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สืบเสาะด้วยตัวเองโดยการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งประกอบด้วย การสร้าง การใช้ การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง โดยในการสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องอาศัยการสร้างแบบจำลองทางความคิดที่ได้มาจากการตรวจสอบความรู้เดิม หลังจากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลองโดยสามารถแสดงออกได้หลากหลายรูปแบบ ต่อมา นักเรียนทำการใช้และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นหากแบบจำลองอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ยังไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปแก้ไขและปรับปรุงเพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายได้ดีขึ้น และสุดท้ายนักเรียนอาจนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมเพื่อขยายแบบจำลอง (Gobert and Buckley, 2000; Gilbert and Justi, 2016) นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองยังมีส่วนช่วยเสริมให้ผู้เรียนสามารถอธิบายแนวคิดจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม (กนกภรณ์ ทรวดทรง และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2563)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำวิธีการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรให้ความสำคัญกับเรื่องต่อไปนี้

1.1 ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญในขั้นตอนที่แสดงออกแบบจำลอง เนื่องจากการที่นักเรียนได้แสดงออกแบบจำลองและประเมินแบบจำลองรวมทั้งมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แสดงความคิดเห็น จนปรับปรุงแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น จะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างแบบจำลองที่ดีขึ้น อีกทั้งครูผู้สอนควรสอดแทรกธรรมชาติของแบบจำลองและจุดประสงค์ของแบบจำลองในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจและความรู้การสร้างแบบจำลอง ควบคู่ไปกับกระบวนการสร้างแบบจำลอง

1.2 ข้อจำกัดของเวลาและเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรมีความเหมาะสมกับวิธีการสอนและบริบทของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถทำให้เกิดตัวแปรตามตัวอื่น ๆ ได้ เช่น การโต้แย้ง ความคิดสร้างสรรค์ ความเข้าใจ หรือการให้เหตุผล จากข้อเสนอแนะนี้ ผู้วิจัยท่านอื่นสามารถนำไปใช้วิจัยกับตัวแปรตามอื่น ๆ ได้

พหุ ประถมศึกษา

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กนกภรณ์ ทรวดทรง และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2563). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมโนทัศน์ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 23(4), 46-57.
- โกเมศ นาแจ้ง และวัชรภรณ์ แก้วดี. (2554). ผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ Model-centered instruction sequence (MCIS) ที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ เรื่อง กฎการเคลื่อนที่และแบบของการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 7(1), 1830-1844.
- ชนาธิป โหตรภวานนท์ สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ. (2562). การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 21(2), 64-79.
- ชัยวิชิต เขียรชนะ. (2560). การสร้างและการพัฒนาโมเดล/รูปแบบ/แบบจำลอง/ตัวแบบ. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์ วิจัย*, 9(1), 1-11.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา และภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(9), 86-9.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86-98.
- ฐาปกรณ์ ฤทธิเมฆา และปาริชาติ แสนนา. (2562). โมเดลสมการโครงสร้างของแรงจูงใจในการเรียนวิชาชีววิทยาและการใช้เหตุผลโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *งานประชุมวิชาการระดับชาติเรื่อง นวัตกรรมการเรียนรู้สู่การพัฒนาชุมชนครั้งที่ 7* (น. 307-319). ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.
- ณัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 14(2), 63-71.

ทีศนา แคมมณี. (2560). ศาสตร์การสอน (พิมพ์ครั้งที่ 22). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญญา คงทน บุญนาค สุขุมเมฆ และชาติรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 7(1), 62-76.

ธีรดา ชาติวรรณ ธิติยา บงกชเพชร และอนุสรณ์ วรสิงห์. (2562). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง พันธะโคเว เลนต์. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม*, 13(1), 266-281.

นิสิต ขำนาญเพชร สิริินภา กิจเกื้อกูล และมลิวรรณ นาคขุนทด. (2560). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อ พัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เคลย์แอนิเมชันร่วมกับการจัด การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานที่ส่งเสริมการพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร. *วารสาร มหาวิทยาลัย นเรศวร*, 21(4), 183-197.

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

ประวิต เอราวรรณ์. (2545). *การวิจัยปฏิบัติการ การเรียนรู้ของครูและการสร้างพลังรวมในโรงเรียน*. กรุงเทพฯ : ดอกหญ้าวิชาการ.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2561). *วิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน*. ขอนแก่น: คลังนันทธรรม.

รัตนา สุท่ามา และ ร่มเกล้า จันทราชี. (2565). ความเข้าใจญาณวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองและ กระบวนการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 6(2), 31-45.

ราตรี ยะคำ สกนชัย ชะนูนันท์ และวิภารัตน์ เชื้อซวด ชัยสิทธิ์ (2560) การวิจัยปฏิบัติการเพื่อศึกษา แนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 22(1), 190-203

วีระยุทธ์ ชาทะกาญจน์. (2558). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. *วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี*, 2(1), 29-49.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง*

พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กทม.: ประสานการพิมพ์.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สิทธิโชค เอี่ยมบุญ ภัทรภร ชัยประเสริฐ และธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2563). การศึกษาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสาร “ศึกษาศาสตร์ มจร” คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาราชวิทยาลัย*, 8(1), 159-172.

สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช. (2554). *สถิติเพื่อการวิจัย*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุรพงษ์ รัตนะ ธิดาพร สวีสอาด ัญญาวดี ปะกะโน กาญจนาวดี ประสิทธิ์สา ไพเราะ เสาะสมบุรณ์ จิตติมา ทิสุวรรณ และธนเทพ ปะดังถาเน. (2566). การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการประยุกต์ใช้ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น. *วารสารครุศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม*, 4(1), 75-85.

สุวิมล ว่องวานิช. (2552). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หนึ่งฤทัย เกียรติพิมล พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ และสรสิน พลวัฒน์. (2017). ผลของการใช้แนวคิดการสร้างตัวแทนความคิดที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 12(1), 188-203.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สามลดา.

อัครา เอิบสุขสิริ. (2559). *จิตวิทยาสำหรับครู* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารยา ควัฒน์กุล จันทรพร พรหมมาศ และภัทรภร ชัยประเสริฐ. (2558). ผลการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์

ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์* 26(2), 42-55.

- Baek, H., Schwarz, C., Chen, J., Hokayem, H. & Zhan, L. (2010). *Engaging elementary students in scientific modeling*. Dordrecht: Springer
- Bamberger, Y. M. & 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., & 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.
- Baze, C. L. (2017). *Examining the effects of model-based inquiry on conceptual understanding and engagement in science*. Northern Arizona University.
- Bryce, C., Baliga, V. B., de Nesnera, K., Fiack, D., Goetz, K., Tarjan, L. M., Gilbert, G. S. (2016). Models in the Next Generation Science Standards (NGSS) 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., ...Willett, J. (2004). Model-based teaching and learning with biological TM : What do they learn? how do they learn? how do we know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23–41.
- Cartier, J., Rudolph, J. L. & Stewart, J. (2001). The nature and structure of scientific models: The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science (NCISLA).
- Chang, S. (2008). The learning effect of modeling ability instruction. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(2), 1–22.
- Esther, C., Carlos, S.-A., Cecilia, G., & Concepción, A. (2020). Model-based teaching of physics in higher education: a review of educational strategies and cognitive improvements [Journal]. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 13(1), 33-47.

- Fortus, D., Rosenfeld, S., & Schwartz (2010). High school students' modeling knowledge. Paper present at the annual conference of the National Association for Research in Science Teaching.
- Gilbert, J. K. & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Switzerland: Springer International Publishing
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. *In Developing Models in Science Education* (pp. 3–17). Netherland: Kluwer academic publishers
- Gilbert, S. W., & Ireton, S. W. (2003). *understanding models in earth & space science*. National Science Teachers Association press.
- Gilbert. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gobert, J. D. & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891–894.
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & 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.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381
- Hoskinson, A.-M., Couch, B. A., Zwickl, B. M., Hinko, K. A. & Caballero, M. D. (2014). Bridging physics and biology teaching through modeling. *American Journal of Physics*, 82(5), 434–441.
- Hung, J. F. & Lin, J. C. (2009). The development of the simulation modeling system and modeling ability evaluation. *International Journal of U- & E-service, Science & Technology*, 2(4), 1–16.
- Jackson, V. (2001). The Multidimensional assessment of student performance in middle school science. *Assessment in Science*, 181–196.

- Johnson, A. P. (2008). *A short guide to action research (3rd ed.)*. Boston: Pearson Education.
- Jong, J. P., Chiu, M. H. & Chung, S. L. (2015). The use of modeling-based text to improve students' modeling competencies. *Science Education*, 99(5), 986–1018.
- Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Philosophy of chemistry in university chemical education: The case of models and modelling. *Foundations of Chemistry*, 4(3), 213–240.
- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1988). *The action research planner*. 3rd ed. Victoria: Deakin University Press.
- Lee, S., & Kim, H. B. (2014). Exploring Secondary Students' Epistemological Features Depending on the Evaluation Levels of the Group Model on Blood Circulation. *Science & Education*, 23(5), 1075-1099.
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2000). Modeling in mathematics and science. *In Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science*.
- Lesh, R., Lester, F.K., & Hjalmarson, M. (2003). A model and modeling perspective on metacognitive functioning in everyday situations where problem solvers develop mathematical constructs. *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning and teaching*, 383-403.
- Littlejohn, P. (2007). Building leaves and an understanding of photosynthesis. *Science Scope*, 30(8), 22-25.
- Marat, S., Tanomthong, A., & Saenna, P. (2021). Understanding of biological model and biological modeling of upper secondary school students. *Journal of Education, Mahasarakham University*, 15(4), 338-352.
- Martínez Solano, J. F. (2016). Wenceslao J. Gonzalez : Bas van Fraassen's approach to representation and models in science. *Journal for General Philosophy of Science*, 47(1), 261–264.

- Mierdel, J. & Bogner, F. X. (2019). Comparing the use of two different model approaches on students' understanding of DNA models. *Education Sciences*, (9)2, 1-18.
- National Research Council. (2011). Appendix F- science and engineering practices in the NGSS. *In Next Generation Science Standards*.
- Nicolaou, C. T. & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, 13, 52-73.
- Papaevripidou, M., Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P., (2014). On defining and assessing learners' modelling competence in science teaching and learning. Paper presented at the annual meeting of American educational research association (AERA), Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Rapp, D. N., & Sengupta, P. (2012). Models and modeling in science learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2320-2322): Springer.
- Schademan, A. R. (2015). Building Connections Between a Cultural Practice and Modeling in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(6), 1425-1448.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., 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.
- Schweingruber, H. A., Keller, T. E. & Quinn, H. R. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas K-12*. Washington: The National Academies Press.
- Windschitl, M., Thomson, J. & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 91(1), 36-74.

Xiang, L., & Passmore, C. (2015). A Framework for Model-Based Inquiry Through Agent Based Programming [journal article]. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2), 311-329.

Yildirim, T. P. (2011). Understanding the modeling skill shift in engineering: the impact of self-efficacy, epistemology, and metacognition. University of Pittsburgh.





แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ ระบบหมุนเวียนเลือด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2565

ผู้สอน นางสาวกุลสตรี มณี

สอน ม.4/3

วันที่สอน/...../.....

1. ผลการเรียนรู้

ข้อ 12 อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดในมนุษย์

2. สาระสำคัญ

ชนิดของหลอดเลือด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ 1) ระบบอาร์เทอรี เมื่อเรียงลำดับจากหัวใจ ต่อเนื่องกันไปจากขนาดใหญ่ไปเล็กตามลำดับ ดังนี้ 1. เออร์ตา 2. อาร์เทอรี 3. อาร์เทอริโอล 2) ระบบหลอดเลือดเวน เมื่อเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่สุด ดังนี้ 1. หลอดเลือดเวนูล 2. หลอดเลือดเวน 3. เวนาคาวา และ 3) ระบบหลอดเลือดฝอย โดยเลือดจะออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอออร์ตาร์ อาร์เทอรี อาร์เทอริโอล หลอดเลือดฝอย เวนูล เวน และเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ ความเข้าใจ (K)

1. นักเรียนสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือดได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายทิศทางและการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงได้

ด้านคุณลักษณะ (A)

3. นักเรียนมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระการเรียนรู้

ระบบของหลอดเลือด

5. กิจกรรม/กระบวนการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

5.1 ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองทางความคิด (10 นาที)

5.1.1 ครูให้นักเรียนดูสื่อวีดิทัศน์การหมุนเวียนเลือดของปลาหางนกยูง

<https://www.youtube.com/watch?v=qJkFd85gFe0> ซึ่งเราจะสามารถแยกชนิดของ

หลอดเลือดว่าเป็นอาร์เทอร์หรือเวนได้จากทิศทางการไหลเวียนของเลือดได้ จากนั้นครูให้นักเรียนสังเกตขนาดของหลอดเลือดอาร์เทอร์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน การไหลของเลือดในหลอดเลือดจะมีความเร็วแตกต่างกัน แล้วให้นักเรียนช่วยกันสรุปผลการทดลองและครูตั้งคำถามดังนี้

- จากผลการทดลองพบว่า เม็ดเลือดมีการเคลื่อนที่ในทิศทางสวนทางกัน เม็ดเลือดจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่เท่ากัน คือ เม็ดเลือดที่เคลื่อนที่จากหางปลาไปทางหัวปลาจะช้ากว่าเม็ดเลือดที่เคลื่อนที่จากหัวปลาไปหางปลา
- นักเรียนสังเกตได้อย่างไรว่าหลอดเลือดใดเป็นหลอดเลือดอาร์เทอร์หรือหลอดเลือดเวน
- การเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดแดงในหลอดเลือดมีความเร็วเท่ากันทุกหลอดเลือดหรือไม่ อย่างไร

5.1.2 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน โดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพื่อวาดภาพแสดงชนิดของหลอดเลือด

5.2 ขั้นที่ 2 ประเมินและทบทวนความคิด (10 นาที)

5.2.1 ครูและนักเรียนสนทนากันเกี่ยวกับชนิดของหลอดเลือด และตรวจสอบความคิดของนักเรียนผ่านแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และให้นักเรียนศึกษาข้อมูลจากใบความรู้เพิ่มเติม

5.2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันคิดว่าจะนำวัสดุและอุปกรณ์ที่ได้รับมาสร้างเป็นแบบจำลองแสดงชนิดของหลอดเลือด

5.3 ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลอง (40 นาที)

5.3.1 นักเรียนสร้างแบบจำลองตามแบบจำลองทางความคิดของกลุ่มของนักเรียนจากอุปกรณ์ที่ครูมีให้ ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ใดก็ได้ในการสร้างแบบจำลองขึ้นมา

5.4 ขั้นที่ 4 การใช้และประเมินแบบจำลอง (30 นาที)

5.4.1 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่ออธิบายชนิดของหลอดเลือด

5.4.2 ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองของกลุ่มที่นำเสนอว่ามีความเหมาะสมถูกต้องและมีข้อบกพร่องในส่วนใดบ้าง

5.4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับชนิดของหลอดเลือด ว่าถ้าหากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับชนิดของหลอดเลือดได้ดีมากเพียงพอ หรือแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์ นักเรียนนั้นต้องมีการแก้ไขปรับปรุงหรือไม่ และต้องปรับปรุงอย่างไร

5.5 ขั้นที่ 5 ปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง (10 นาที)

5.5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองของกลุ่มนักเรียนให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ตามที่นักเรียนได้ทำการอภิปรายไว้ข้างต้น

5.6 ขยายแบบจำลอง (10 นาที)

5.6.1 ครูให้ความรู้เพิ่มเติมแก่นักเรียนเกี่ยวกับหลอดเลือดเวนว่า ผู้สูงอายุ หญิงมีครรภ์ และผู้ประกอบอาชีพที่ต้องยืนเป็นเวลานาน ๆ มักจะมีการหลอดเลือดขอดที่ขา เนื่องจากการยืนนาน ๆ ทำให้หลอดเลือดเวนที่ขาไหลกลับเข้าสู่หัวใจมากขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้ล้นของหลอดเลือดต้องรับน้ำหนักของเลือดเป็นเวลานานจึงทำให้ล้นเสื่อมสภาพเกิดการโป่งของหลอดเลือด เนื่องจากมีเลือดคั่งอยู่บริเวณนั้น

5.6.2 ครูถามคำถามดังนี้

- ในการบริจาคเลือด แพทย์จะเจาะเลือดจากหลอดเลือดชนิดใด เพราะเหตุใด นักเรียนสามารถนำแบบจำลองชนิดของหลอดเลือดที่สร้างขึ้นมาใช้อธิบายได้หรือไม่ หากไม่ได้นักเรียนจะแก้ไขแบบจำลองอย่างไร

5.6.3 นักเรียนทำใบงาน

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการประเมิน	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
พุทธิพิสัย	ตรวจใบงาน	แบบประเมินใบงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ทักษะพิสัย	สังเกตกระบวนการสร้างแบบจำลอง	แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
จิตพิสัย	ส่งงานตามเวลาที่กำหนด	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ระบบของหลอดเลือด
2. ใบความรู้ เรื่อง ระบบของหลอดเลือด
3. สื่อนำเสนอ PowerPoint
4. อินเทอร์เน็ตสำหรับสืบค้น
5. เอกสารประกอบการสอนชีววิทยา 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น

8. เอกสารอ้างอิง

เอกสารประกอบการสอนชีววิทยา 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวกุลสตรี มะณี)

ผู้สอน

ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนวาดภาพแบบจำลองแสดงระบบของหลอดเลือด

แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน



ใบความรู้ เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ระบบของหลอดเลือด แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1) ระบบอาร์เทอรี (Arterial system)

เป็นระบบของหลอดเลือดที่มีทิศทางออกจากหัวใจไปยังปอดและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หลอดเลือดอาร์เทอรีเมื่อเรียงลำดับจากหัวใจต่อเนื่องกันไปจากขนาดใหญ่ไปเล็กตามลำดับ ประกอบด้วยหลอดเลือดดังนี้

1. เอออร์ตา (Aorta) มีขนาดใหญ่ที่สุด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว หรือ 2.5 เซนติเมตร มีความหนาของชั้นที่หุ้มหลอดเลือด 2 มิลลิเมตร
2. อาร์เทอรี (Artery) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.4 เซนติเมตร มีชั้นที่หุ้มหนา ราว 1 มิลลิเมตร
3. อาร์เทรีโอล (Arteriole) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ไมครอนและชั้นที่หุ้มหนา 20 ไมครอน

2) ระบบหลอดเลือดเวน (Venous system)

ทำหน้าที่นำเลือดจากปอดและส่วนต่าง ๆ ของร่างกายกลับเข้าสู่หัวใจซึ่งเมื่อเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่สุดจะประกอบด้วยกลุ่มของหลอดเลือด ดังนี้

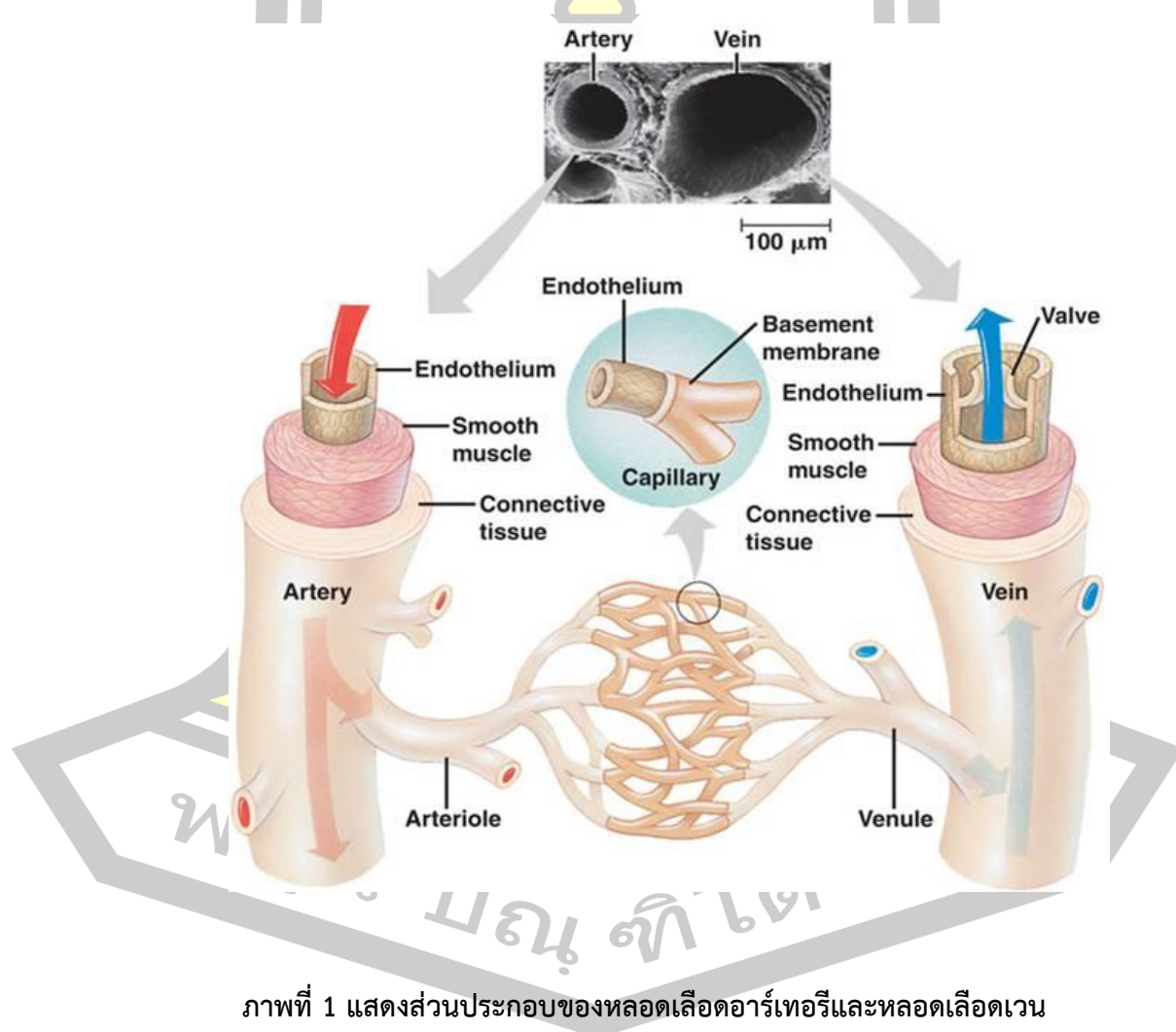
1. หลอดเลือดเวนูล (Venule) ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่มีขนาดเล็กที่สุด
2. หลอดเลือดเวน (Veins) เป็นหลอดเลือดขนาดกลาง
3. เวนาคาเว (Venacava) ซึ่งเป็นหลอดเลือดที่มีขนาดใหญ่ เลือดที่อยู่ในหลอดเลือดดำเป็นเลือดที่มีออกซิเจนต่ำ

โดยหลอดเลือดดำจะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมเลือด (blood reservoirs) โดยพบว่าในระยะพักของร่างกายจะมีการกระจายตัวของเลือดอยู่ในหลอดเลือดดำ (systemic veins and venules) ประมาณ 60% ในหลอดเลือดแดง (systemic arteries arterioles) ประมาณ 15% หลอดเลือดที่ปอด (pulmonary vessels) ประมาณ 12 % หลอดเลือดที่หัวใจประมาณ 8 % และหลอดเลือดฝอย 5%

3) ระบบหลอดเลือดฝอย (Capillarial system)

เป็นระบบที่อยู่ระหว่างระบบอาร์เทอรีและเวน ซึ่งจะแทรกอยู่ตามเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หลอดเลือดฝอยมีขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 ไมโครเมตร ผนัง

บางมากซึ่งหนาเพียง 1 ไมโครเมตร เพราะมีเซลล์เอนโดทีเลียล (endothelial cell) เรียงตัวกันเป็นชั้นเดียวไม่มีกล้ามเนื้อและเส้นใยอีลาสติก สานกันเป็นร่างแหอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เชื่อมต่อระหว่างหลอดเลือดอาร์เทอริโอล และเวนูล ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ สารต่าง ๆ และของเสียระหว่างเลือดกับเซลล์ของร่างกาย โดยก๊าซออกซิเจนและอาหารจะแพร่ผ่านผนังของหลอดเลือดฝอยเข้าสู่เซลล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับของเสียต่าง ๆ จากเซลล์จะแพร่ผ่านผนังของหลอดเลือดฝอยเพื่อส่งไปกำจัดออกยังปอดและแหล่งขับถ่ายต่าง ๆ ในร่างกาย



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของหลอดเลือดอาร์เทอรีและหลอดเลือดเวน

แบบประเมินใบงาน (K)

หน่วยการเรียนรู้ ระบบหมุนเวียนเลือด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2565

ผู้สอน นางสาวกุลสตรี มะณี

คำชี้แจง กรอกคะแนนตรงตามคะแนนที่นักเรียนได้

[illegible]

เกณฑ์การประเมินใบงาน (K)

หน่วยการเรียนรู้ ระบบหมุนเวียนเลือด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2565

ผู้สอน นางสาวกุลสตรี มะณี

ประเด็นที่ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
คะแนนที่ได้	10-8	7-6	5-4	ต่ำกว่า 4

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10 - 8	ดีมาก
7 - 6	ดี
5 - 4	พอใช้
ต่ำกว่า 4	ปรับปรุง

หมายเหตุ : ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

วิทยาลัยเทคโนโลยี ชีวะ

เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง (P)

หน่วยการเรียนรู้ ระบบหมุนเวียนเลือด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2565

ผู้สอน นางสาวกุลสตรี มณี

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1.การสร้าง แบบจำลอง	นักเรียนสร้างแบบจำลอง สอดคล้องกับหลักฐานทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ ได้อย่างถูกต้องครอบคลุมใน ทุกองค์ประกอบ	นักเรียนสร้างแบบจำลอง สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ได้อย่าง ถูกต้อง แต่ขาดการระบุ องค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนสร้างแบบจำลองไม่ สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์
2.การใช้ แบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลองในการ อธิบายหลักฐานทฤษฎี หรือ ปรากฏการณ์ได้ถูกต้องและ ชัดเจน	นักเรียนใช้แบบจำลองใน การอธิบายหลักฐานทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	นักเรียนไม่สามารถใช้ แบบจำลองในการอธิบาย หลักฐานทฤษฎี หรือ ปรากฏการณ์ได้

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3.การ ประเมิน แบบจำลอง	นักเรียนมีการประเมินและ เปรียบเทียบถึงข้อดีและ ข้อจำกัดของแบบจำลองที่ นักเรียนสร้างกับแบบจำลอง อื่นได้อย่างครบถ้วน และ สามารถตัดสินใจและบอกได้ว่า แบบจำลองใดสามารถ อธิบายทฤษฎีหรือ ปรากฏการณ์ได้ดีกว่า แบบจำลองอื่น	นักเรียนมีการประเมินและ เปรียบเทียบถึงข้อดีและ ข้อจำกัดของแบบจำลองที่ ตนเองสร้างกับแบบจำลอง อื่นได้ และสามารถตัดสินใจได้ ว่าแบบจำลองใดสามารถ อธิบายทฤษฎีหรือ ปรากฏการณ์ได้ดีกว่า แต่ไม่ สามารถบอกได้ว่าดีกว่า แบบจำลองอื่นอย่างไร	นักเรียนไม่สามารถ เปรียบเทียบข้อดีและ ข้อจำกัดของแบบจำลองที่ ตนเองสร้างกับแบบจำลอง อื่นได้
4.การ ปรับปรุง แบบจำลอง	นักเรียนมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่อง ต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มี ความถูกต้องครอบคลุมใน ทุกองค์ประกอบ และใช้ในการ การอธิบายได้ดีขึ้นมากกว่า แบบจำลองก่อนการปรับปรุง	นักเรียนมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่อง ต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มี ความถูกต้อง แต่ยังไม่ ครอบคลุมในทุก องค์ประกอบ	นักเรียนไม่มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงแก้จุดบกพร่อง ต่าง ๆ ในแบบจำลอง

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะ (A)

หน่วยการเรียนรู้ ระบบหมุนเวียนเลือด

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบของหลอดเลือด

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลา 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2565

ผู้สอน นางสาวกุลสตรี มะณี

ประเด็นที่ ประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
ความรับผิดชอบ	มีความรับผิดชอบ ในการทำงานที่ ได้รับมอบหมาย และส่งงานภายใน เวลาที่กำหนด	มีความรับผิดชอบ ในการทำงานที่ ได้รับมอบหมาย และส่งงานช้ากว่า เวลาที่กำหนดไม่ เกิน 1 วัน	มีความรับผิดชอบ ในการทำงานที่ ได้รับมอบหมาย และส่งงานช้ากว่า เวลาที่กำหนด มากกว่า 1 วัน	ไม่ทำงานที่ ได้รับ มอบหมาย

เกณฑ์การให้คะแนน

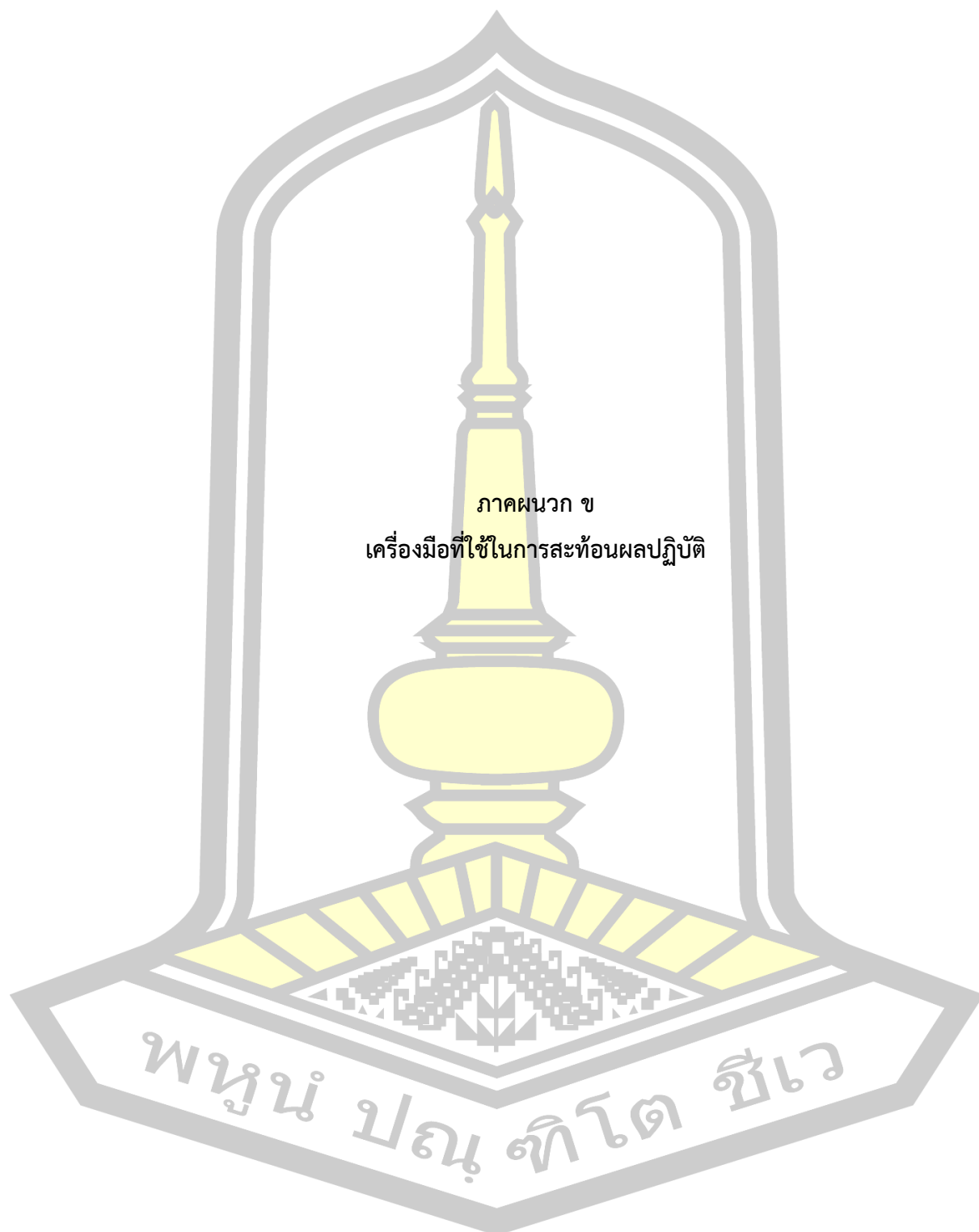
ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ ดีมาก

ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ ดี

ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ พอใช้

ระดับ 0 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ ปรับปรุง

หมายเหตุ : ผ่านเกณฑ์ ระดับดีขึ้นไป

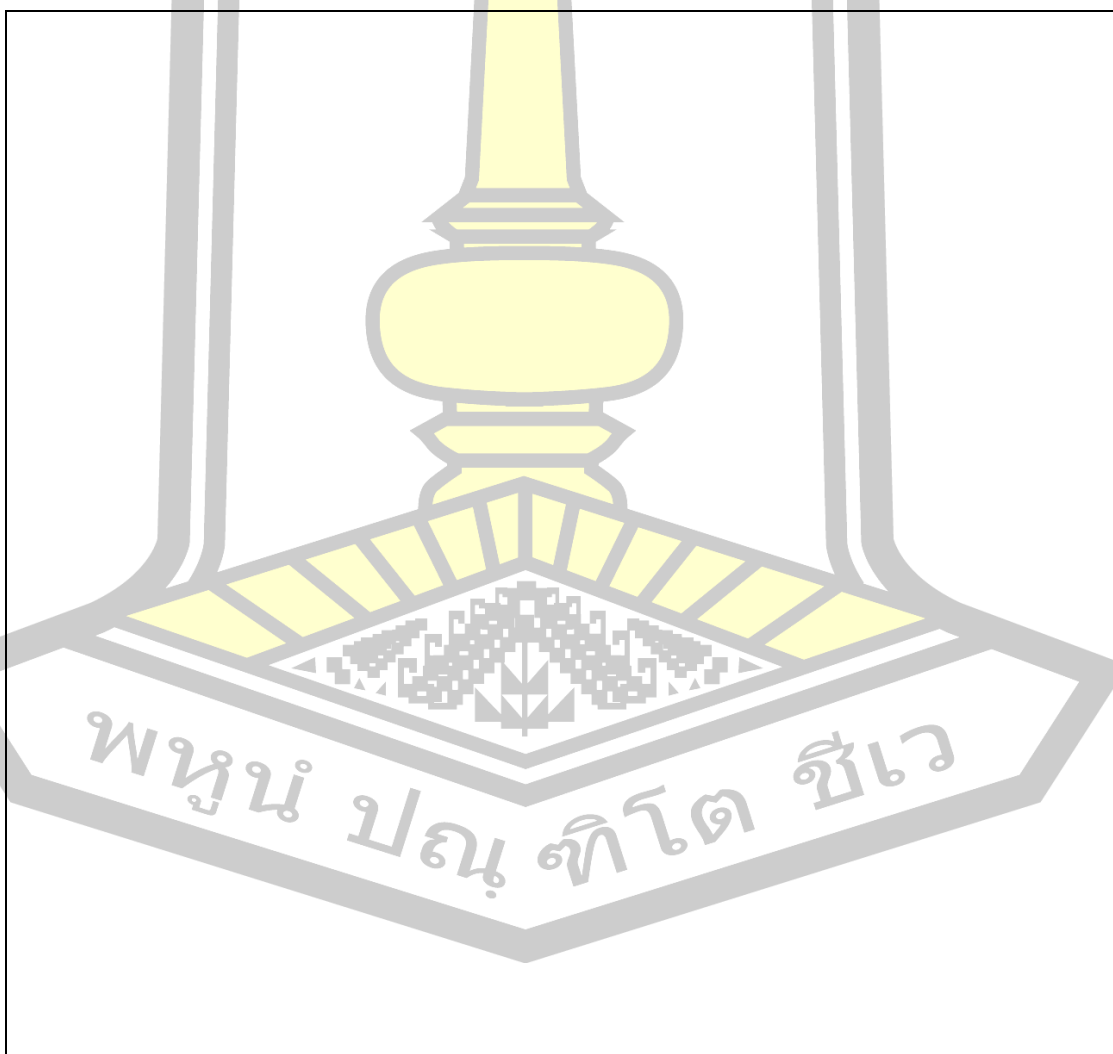


ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองวงจรปฏิบัติการที่ 1

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

1. ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด

ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด ระบบนี้เลือดจะไหลออกจากหัวใจไปตามหลอดเลือดแล้วไหลออกจากหลอดเลือดผ่านช่องว่างระหว่างลำตัว และที่ว่างระหว่างอวัยวะต่าง ๆ เป็นระบบที่เลือดไม่ได้ไหลเวียนในหลอดเลือดตลอดเวลา บางช่วงเลือดจะแทรกไปตามช่องว่างลำตัว (Hemocoel) ทำให้เลือดได้สัมผัสกับเนื้อเยื่อและมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยตรง ช่องว่างระหว่างลำตัวทำหน้าที่คล้ายเส้นเลือดฝอยของคนทำให้ของเหลวทั้งหมดปนกัน เรียกว่า ฮีโมลิมท์ (Hemolymph) โดยฮีโมลิมท์จะไหลกลับเข้าสู่หัวใจทางรู Ostium



2. ให้นักเรียนวาดภาพเพื่ออธิบายกระบวนการแข็งตัวของเลือด

- เกิดสารทรอมโบพลาสติน (Thromboplastin) จากเพลตเลตและเนื้อเยื่อที่ได้รับอันตราย
- สารทรอมโบพลาสตินที่เกิดขึ้นจะไปเปลี่ยนโปรทรอมบิน (Prothrombin) ให้กลายเป็นทรอมบิน (Thrombin) โดยอาศัยแคลเซียมไอออน วิตามินเค และปัจจัยในการแข็งตัวของเลือดบางตัวในพลาสมาเข้าช่วย
- ทรอมบินจะไปเปลี่ยนไฟบริโนเจน (Fibrinogen) ในเลือดให้เป็นไฟбрิน (Fibrin)
- ไฟบรินเส้นเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันเป็นเส้นใยไฟบริน และไปประสานกันเป็นร่างแห ต่อมาจะมีเพลตเลตและเม็ดเลือดต่าง ๆ มาเกาะบนร่างแห จึงทำให้เลือดหยุดไหล



ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างแบบจำลองวงจรปฏิบัติการที่ 2

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

1. ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองเชิงภาพแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านปอด (pulmonary circulatory) ดังต่อไปนี้ หัวใจห้องบนขวาได้รับเลือดที่มี O_2 ต่ำ จากเส้นเลือด superior vena cava และ inferior vena cava โดย superior vena cava รับเลือดจากแขนและศีรษะ ส่วน inferior vena cava รับเลือดจากร่างกายส่วนล่าง ได้แก่ ช่องท้องและขา เลือดจากหัวใจห้องบนขวาไหลเข้าสู่หัวใจห้องล่างขวาโดยผ่านลิ้น tricuspid เมื่อหัวใจบีบตัว เลือดจะถูกบีบออกจากหัวใจผ่านลิ้น pulmonary เข้าสู่ pulmonary artery เพื่อนำไปพอกที่ปอดด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งมีการแลกเปลี่ยนแก๊สจะได้เลือดที่มี O_2 สูง และการไหลเวียนเลือดผ่านส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (systemic circulatory) โดยเลือดที่มีออกซิเจนสูงจะกลับเข้าสู่หัวใจห้องบนซ้ายผ่านหลอดเลือด pulmonary vein จากนั้นเลือดจากหัวใจห้องบนซ้ายจะไหลเข้าสู่หัวใจห้องล่างซ้ายผ่านลิ้น bicuspid เมื่อหัวใจห้องล่างซ้ายบีบตัว เลือดจะไหลเข้าสู่หลอดเลือด aorta โดยผ่านลิ้น aortic เพื่อนำเลือดไปเลี้ยงยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย



2. ให้นักเรียนเขียนแบบจำลองเชิงภาพเพื่ออธิบายความแตกต่างของแอนติเจนบนผิวเม็ดเลือดแดงของคนที่มีหมู่เลือดที่แตกต่างกัน โดยหมู่เลือดเอมีแอนติเจนที่ผิวของเม็ดเลือดแดงเป็นชนิดเอ และมีแอนติบอดีป้อนในน้ำเลือด หมู่เลือดบีมีแอนติเจนที่ผิวของเม็ดเลือดแดงเป็นชนิดบี และมีแอนติบอดีอยู่ในน้ำเลือด หมู่เลือดเอบีมีแอนติเจนที่ผิวของเม็ดเลือดแดงทั้งชนิดเอและบี และไม่มีแอนติบอดีทั้งชนิดเอและบีอยู่ในน้ำเลือด หมู่เลือดโอไม่มีแอนติเจนที่ผิวของเม็ดเลือดแดงทั้งชนิดเอและบี และมีแอนติบอดีทั้งชนิดเอและบีอยู่ในน้ำเลือด

หมู่เลือด	แบบจำลองเชิงภาพของเม็ดเลือดแดง	แบบจำลองเชิงภาพในน้ำเลือด
หมู่เลือด A		
หมู่เลือด B		
หมู่เลือด AB		
หมู่เลือด O		

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

ระดับ	รายการประเมิน			
	ความสอดคล้องกับกฎทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการอธิบาย	ความถูกต้องตามโมทัศน์หลักของปรากฏการณ์	การระบุองค์ประกอบของแบบจำลอง	ความสัมพันธ์ระหว่างคำอธิบายกับภาพวาด
2	แบบจำลองมีความสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ถูกต้อง ครบถ้วนและชัดเจน	ภาพมีโมทัศน์หลักถูกต้อง ครบถ้วน	แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน	ภาพวาดมีความสัมพันธ์ในทุกขั้นตอนของการอธิบาย มีการแสดงภาพวาดในทุกองค์ประกอบที่มีในคำอธิบาย มีการชี้ระบุว่าองค์ประกอบนั้นคืออะไร
1	แบบจำลองมีความสอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ครบถ้วน ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน	ภาพมีความคลาดเคลื่อนจากโมทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของแบบจำลองได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน แต่ไม่ชัดเจน	ภาพวาดมีความสัมพันธ์ในทุกขั้นตอนของการอธิบาย แต่ไม่มีการแสดงภาพวาด 1-2 องค์ประกอบที่มีในคำอธิบาย ไม่มีการชี้ระบุ 1-2 องค์ประกอบว่าคืออะไร
0	แบบจำลองมีความสอดคล้องกับกฎทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ครบถ้วน และไม่ชัดเจน	ภาพไม่ถูกต้องตามโมทัศน์หลักของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	แบบจำลองมีการระบุเขียน แสดง และอธิบาย ส่วนประกอบของแบบจำลองได้ไม่ถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน	ภาพวาดไม่มีความสัมพันธ์กับ 1-2 องค์ประกอบของภาพวาดในทุกขั้นตอนของการอธิบาย แต่ไม่มีการแสดงภาพวาดมากกว่า 2 องค์ประกอบขึ้นไป ที่มีในคำอธิบาย ไม่มีการชี้ระบุมากกว่า 2 องค์ประกอบว่าคืออะไร

เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างแบบจำลอง

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1.การสร้าง แบบจำลอง	นักเรียนสร้าง แบบจำลองสอดคล้อง กับหลักฐานทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง ปรากฏการณ์ได้อย่าง ถูกต้องครอบคลุมในทุก องค์ประกอบ	นักเรียนสร้าง แบบจำลองสอดคล้องกับ หลักฐานทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง ปรากฏการณ์ได้อย่าง ถูกต้อง แต่ขาดการระบุ องค์ประกอบ 1-2 องค์ประกอบ	นักเรียนสร้าง แบบจำลองไม่สอดคล้องกับหลักฐาน ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ปรากฏการณ์
2.การใช้ แบบจำลอง	นักเรียนใช้แบบจำลอง ในการอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏ การณ์ได้ถูกต้องและ ชัดเจน	นักเรียนใช้แบบจำลองใน การอธิบายหลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏ การณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่ ชัดเจน	นักเรียนไม่สามารถใช้ แบบจำลองในการ อธิบายหลักฐานทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้
3.การ ประเมิน แบบจำลอง	นักเรียนมีการประเมิน และเปรียบเทียบข้อดี และข้อจำกัดของ แบบจำลองที่นักเรียน สร้างกับแบบจำลองอื่น ได้อย่างครบถ้วน และ สามารถตัดสินและบอก ได้ว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบายทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ ดีกว่าแบบจำลองอื่น	นักเรียนมีการประเมิน และเปรียบเทียบข้อดี และข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ตนเอง สร้างกับแบบจำลองอื่น ได้ และสามารถตัดสินได้ ว่าแบบจำลองใดสามารถ อธิบายทฤษฎีหรือ ปรากฏการณ์ได้ดีกว่า แต่ไม่สามารถบอกได้ว่า ดีกว่าแบบจำลองอื่น อย่างไร	นักเรียนไม่สามารถ เปรียบเทียบข้อดีและ ข้อจำกัดของแบบจำลอง ที่ตนเองสร้างกับ แบบจำลองอื่นได้

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
4.การ ปรับปรุง แบบจำลอง	นักเรียนมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไข จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มีความถูกต้องครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ และใช้ในการอธิบายได้ดีขึ้น มากกว่าแบบจำลองก่อนการปรับปรุง	นักเรียนมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไข จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลองให้มีความถูกต้อง แต่ยังไม่ครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ	นักเรียนไม่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไข จุดบกพร่องต่าง ๆ ในแบบจำลอง



แบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์นี้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน โดยให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

1. นักเรียนมีวิธีการหรือขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นแบบจำลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. หากจะนำแบบจำลองมาใช้ในการอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าแบบจำลองใดเหมาะสม

.....

.....

.....

.....

3. แบบจำลองของนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้หรือไม่ และนักเรียนมีวิธีการประเมินข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่สร้างขึ้นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนได้ทำการแก้ไขหรือปรับปรุงแบบจำลองที่สร้างขึ้นหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

อนุทินสะท้อนความคิดจากกิจกรรม

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คำชี้แจง : อนุทินนี้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. นักเรียนรู้สึกอย่างไรในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้

.....

.....

.....

.....

2. กิจกรรมใดที่นักเรียนชอบมากที่สุด

.....

.....

.....

.....

3. สิ่งที่ยากให้ผู้สอนปรับปรุงแก้ไขในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้

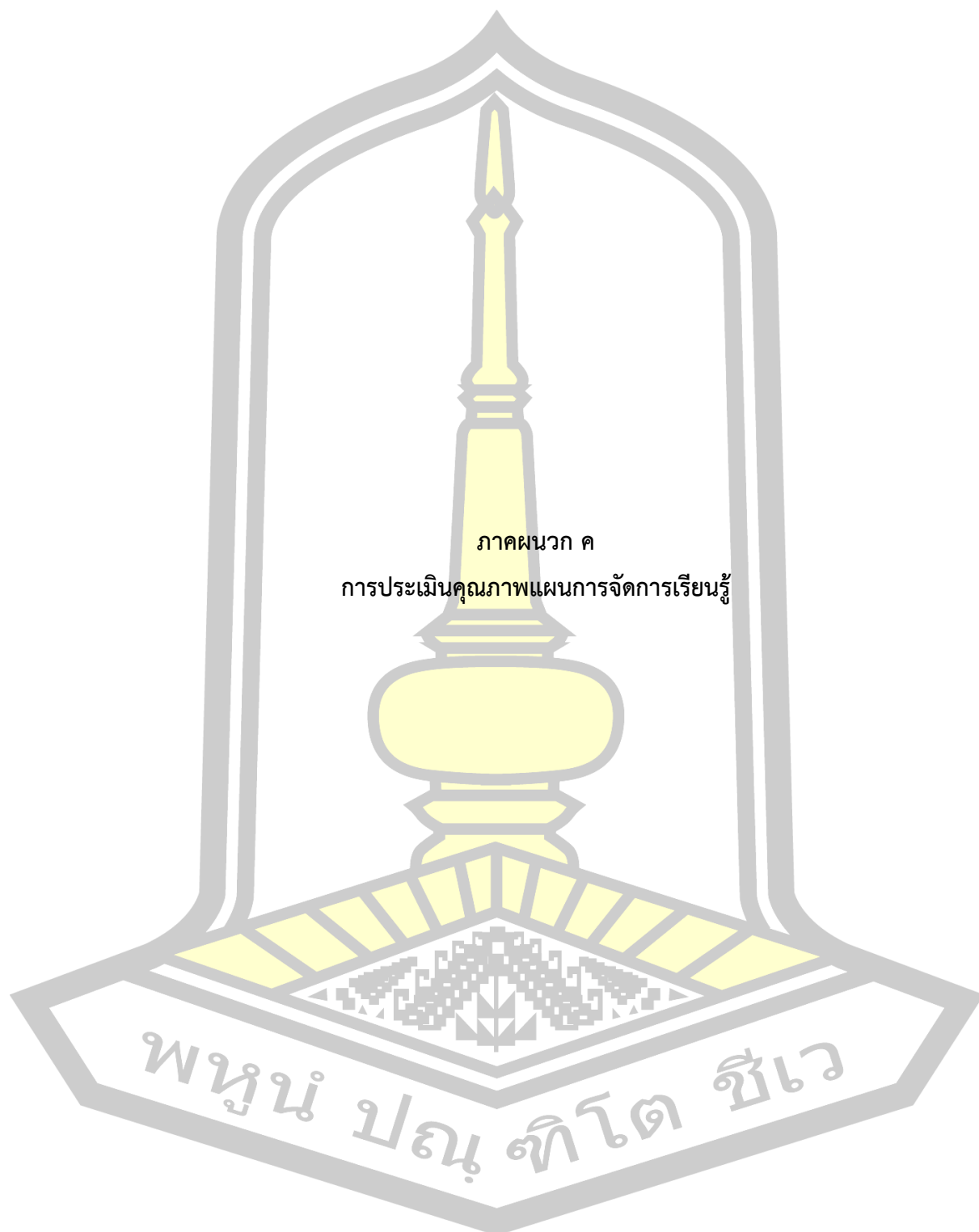
.....

.....

.....

.....

พณภูมิ บณ สิทธิเดช ชีวะ



แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชา ชีววิทยา 1

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2565

คำชี้แจง : แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้
กรุณาพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการ
เรียนรู้ โปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. สารสำคัญ						
1.1	สารสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สารสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สารสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					

3.3	กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง					
3.4	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับคาบเวลา					
3.5	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์					
3.6	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานที่ได้ใช้ความรู้ ความคิดมากกว่าการทำตามที่ครูกำหนดหรือแบบฝึกหัดทั่วไป					
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน					
4.3	นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง					
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

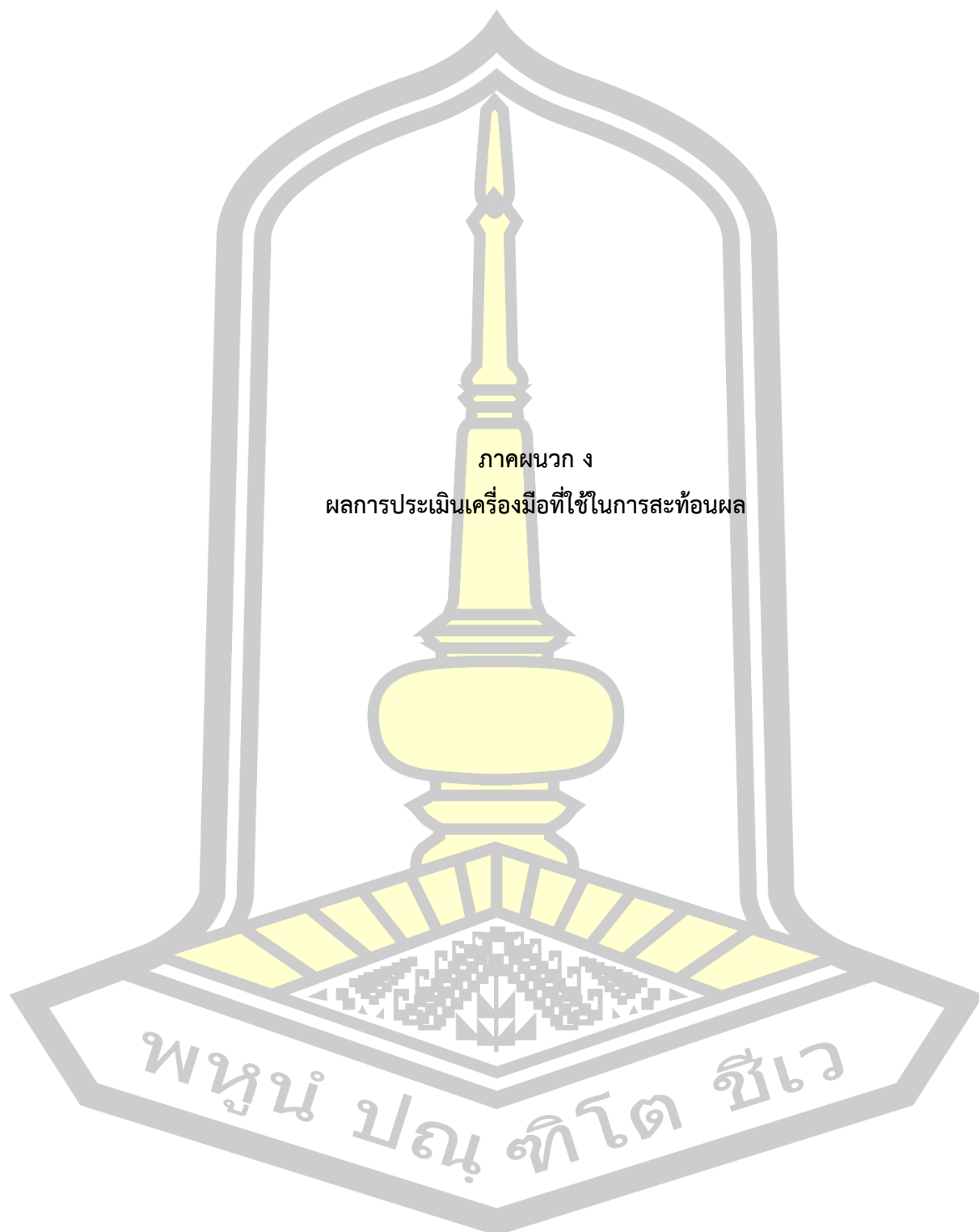
.....

พูน บัญชีโต ชีว

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ
(.....)

วันที่ประเมิน

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



ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (ioc) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 29 ดัชนีความสอดคล้อง (ioc) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ในการวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 30 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อความถามกับความสามารถในการสร้างแบบจำลองของแบบสัมภาษณ์นักเรียน

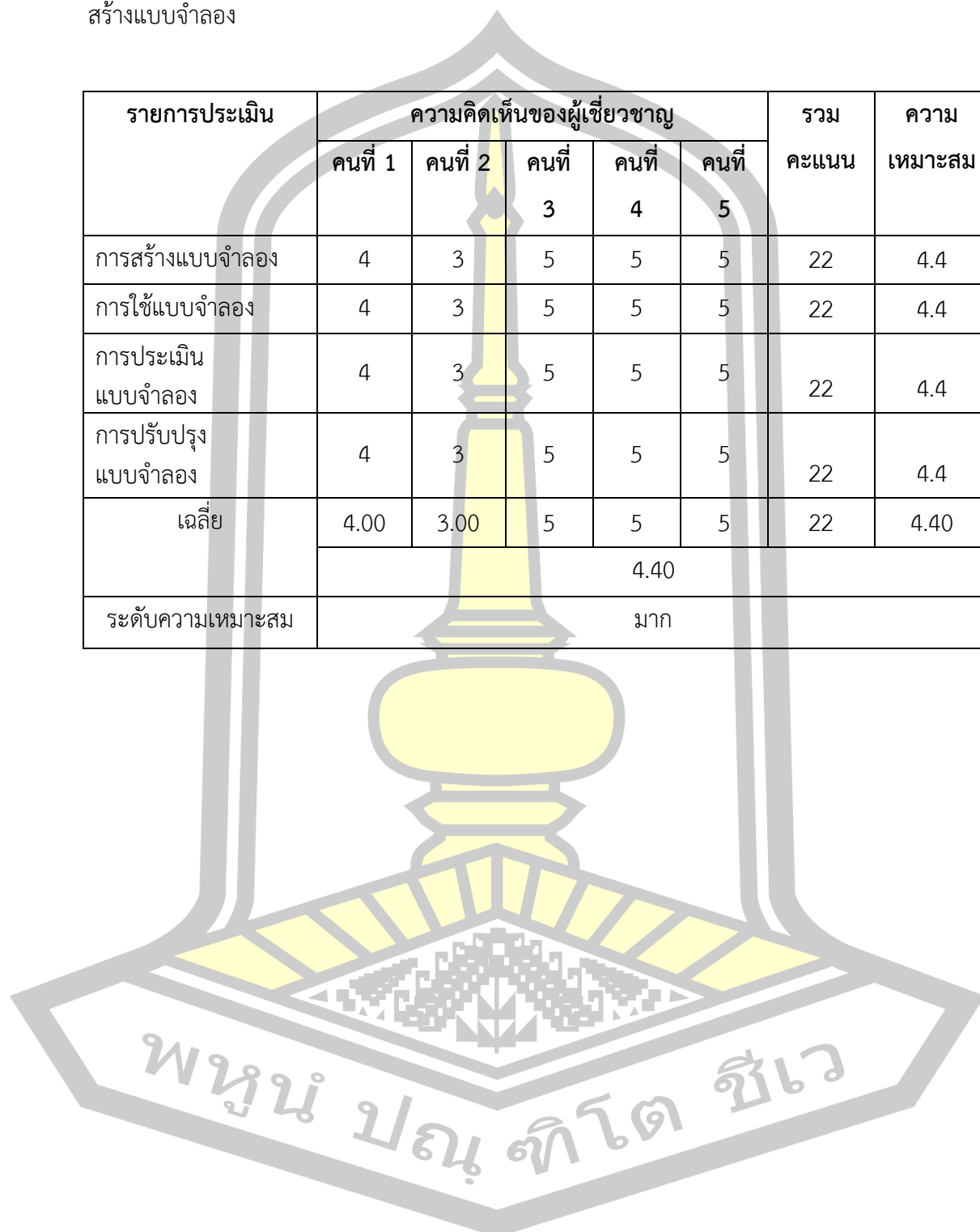
ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้
2	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้
3	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้
4	+1	0	+1	+1	+1	5	0.8	ใช้ได้

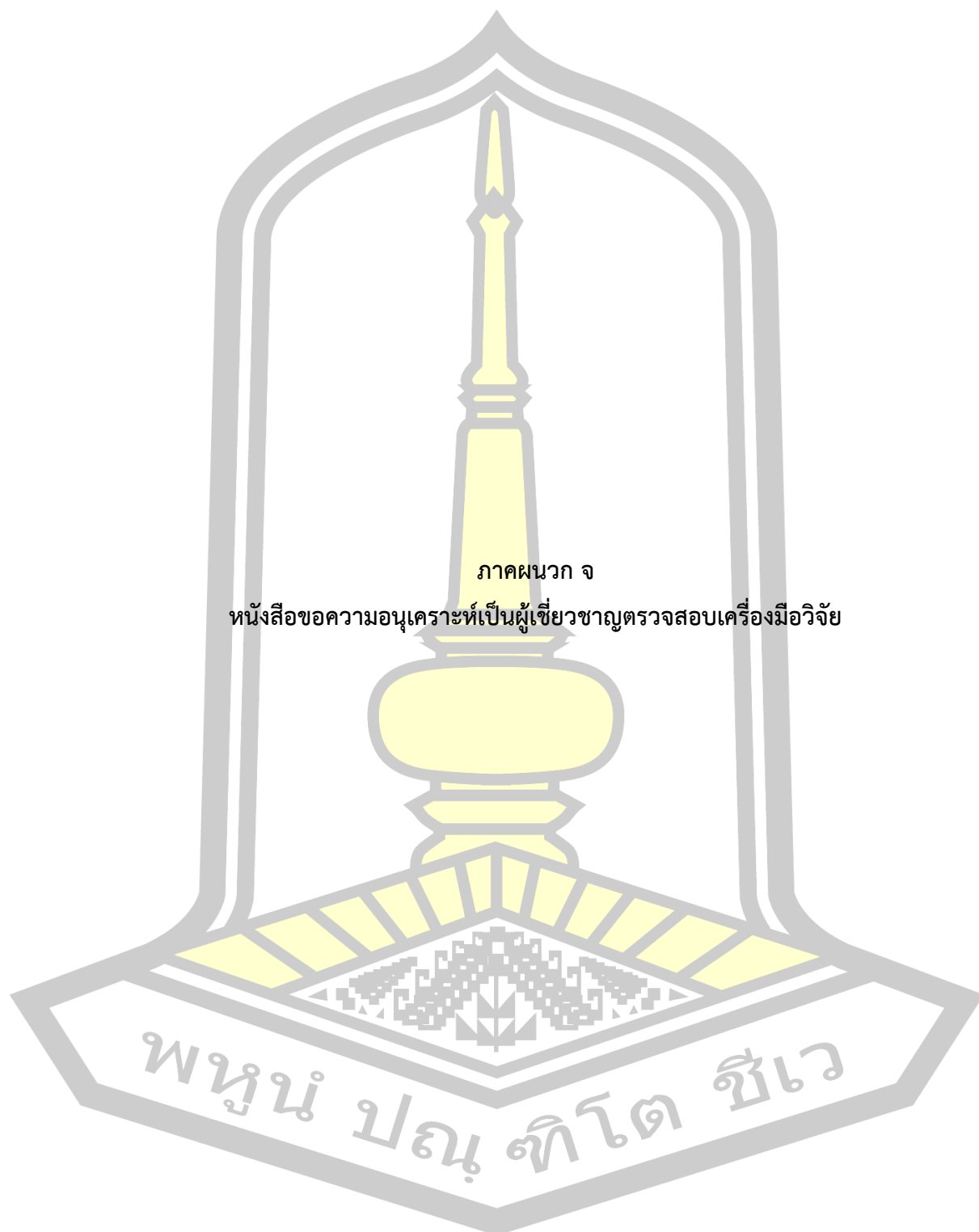
ตารางที่ 31 ผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ความสอดคล้องกับ หลักฐานทฤษฎี	4	3	5	5	5	22	4.4
ความถูกต้องของมโน ทัศน์	4	3	5	5	5	22	4.4
ความสอดคล้องระหว่าง ภาพวาดกับคำอธิบาย	4	3	5	5	5	22	4.4
การระบอบุคประกอบ ของแบบจำลอง	4	3	5	5	5	22	4.4
เฉลี่ย	4.00	3.00	5	5	5	22	4.40
	4.40						
ระดับความเหมาะสม	มาก						

ตารางที่ 32 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อเกณฑ์การประเมินกระบวนการ
สร้างแบบจำลอง

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การสร้างแบบจำลอง	4	3	5	5	5	22	4.4
การใช้แบบจำลอง	4	3	5	5	5	22	4.4
การประเมิน แบบจำลอง	4	3	5	5	5	22	4.4
การปรับปรุง แบบจำลอง	4	3	5	5	5	22	4.4
เฉลี่ย	4.00	3.00	5	5	5	22	4.40
	4.40						
ระดับความเหมาะสม	มาก						







บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว266 วันที่ 26 มกราคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์รี วงษ์สะพาน

ด้วย นางสาวกุลสตรี มะณี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

มณู สก๊ ๒๕



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว266 วันที่ 26 มกราคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ์

ด้วย นางสาวกุลสตรี มะณี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสพท หนองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสืออ่น)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุบัน ปณ จกโต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว266 วันที่ 26 มกราคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.วุฒิศักดิ์ บุญแน่น

ด้วย นางสาวกุลสตรี มะณี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว266 วันที่ 26 มกราคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ณิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ

ด้วย นางสาวกุลสตรี มะณี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

บ ษ ป ณ ุ ส ก ิ ๓ ๓



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว266 วันที่ 26 มกราคม 2566

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ทิพวรรณ พิล่า

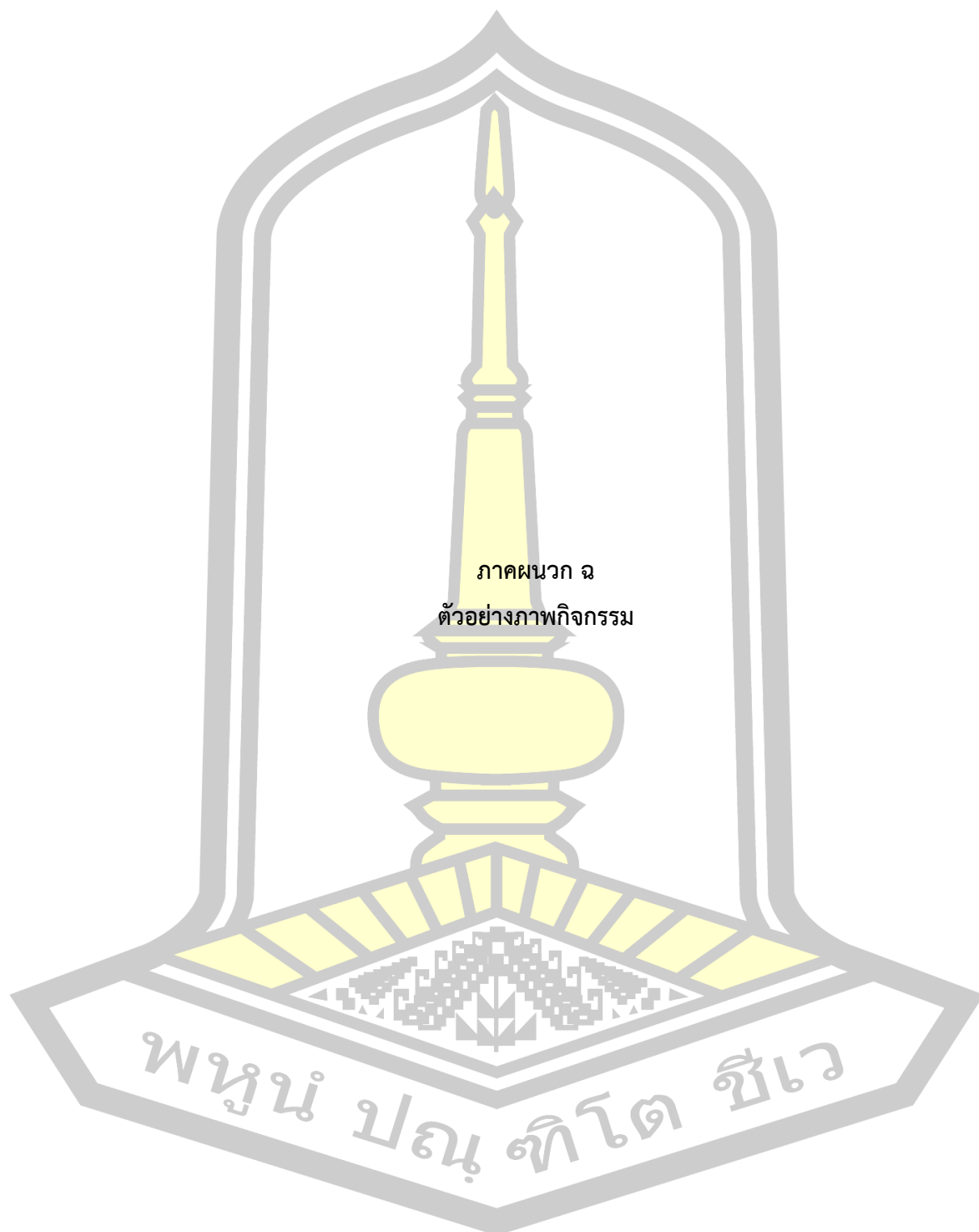
ด้วย นางสาวกุลสตรี มะณี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลอง ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสออ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ชน ปณ จิตโต

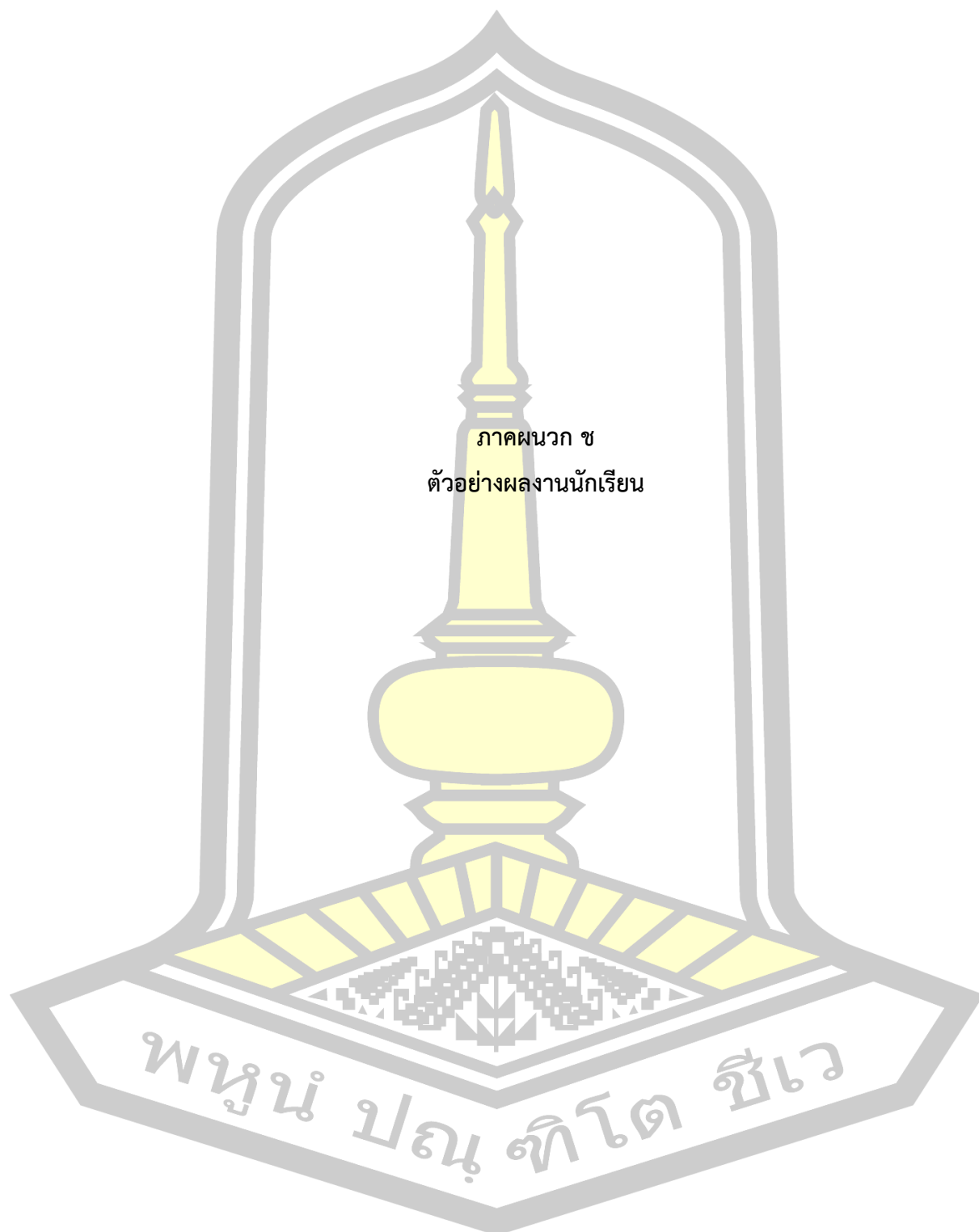




พุ่ม ปณ จิต ไขว

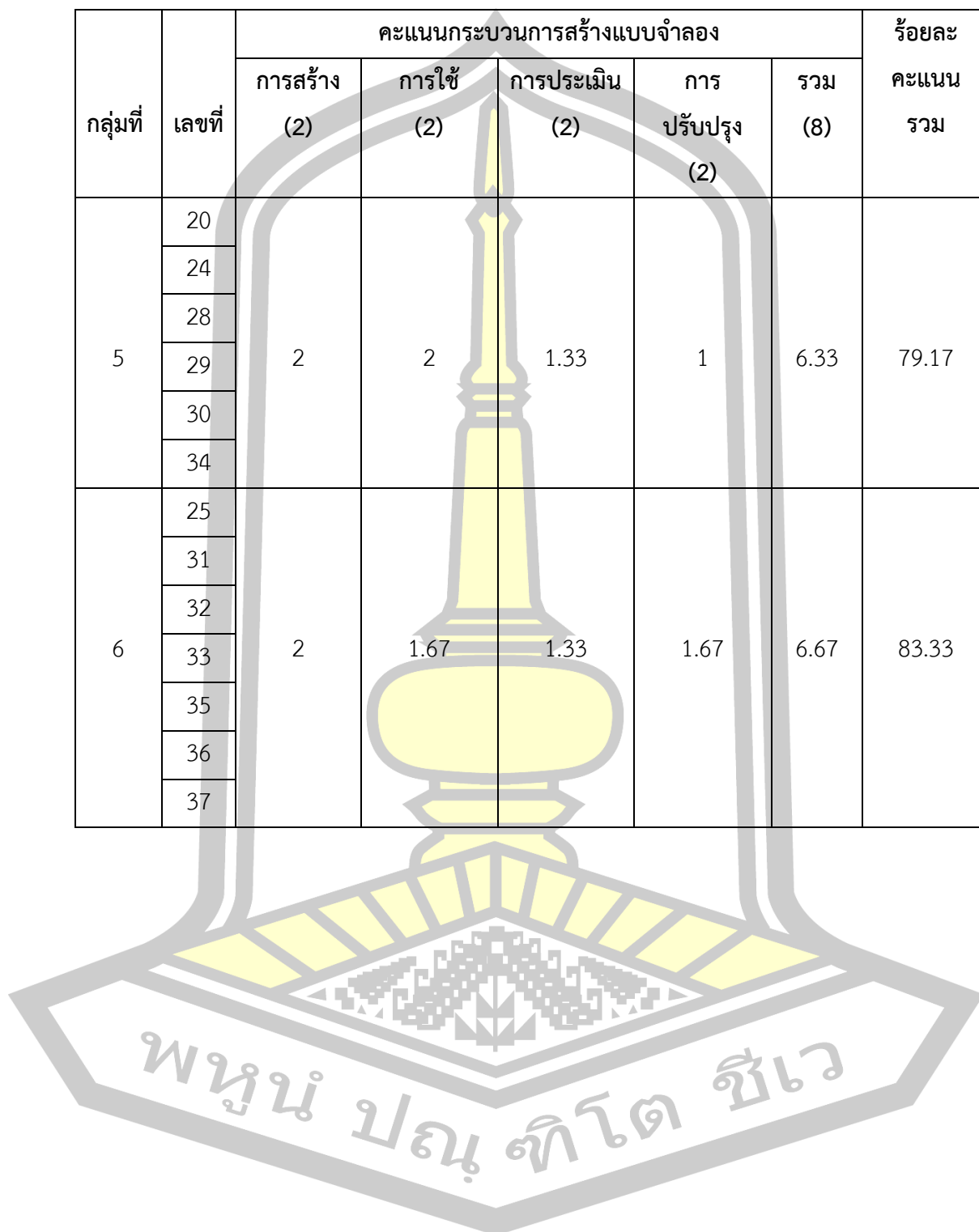


พุ่ม ปณ จิต ชีวะ



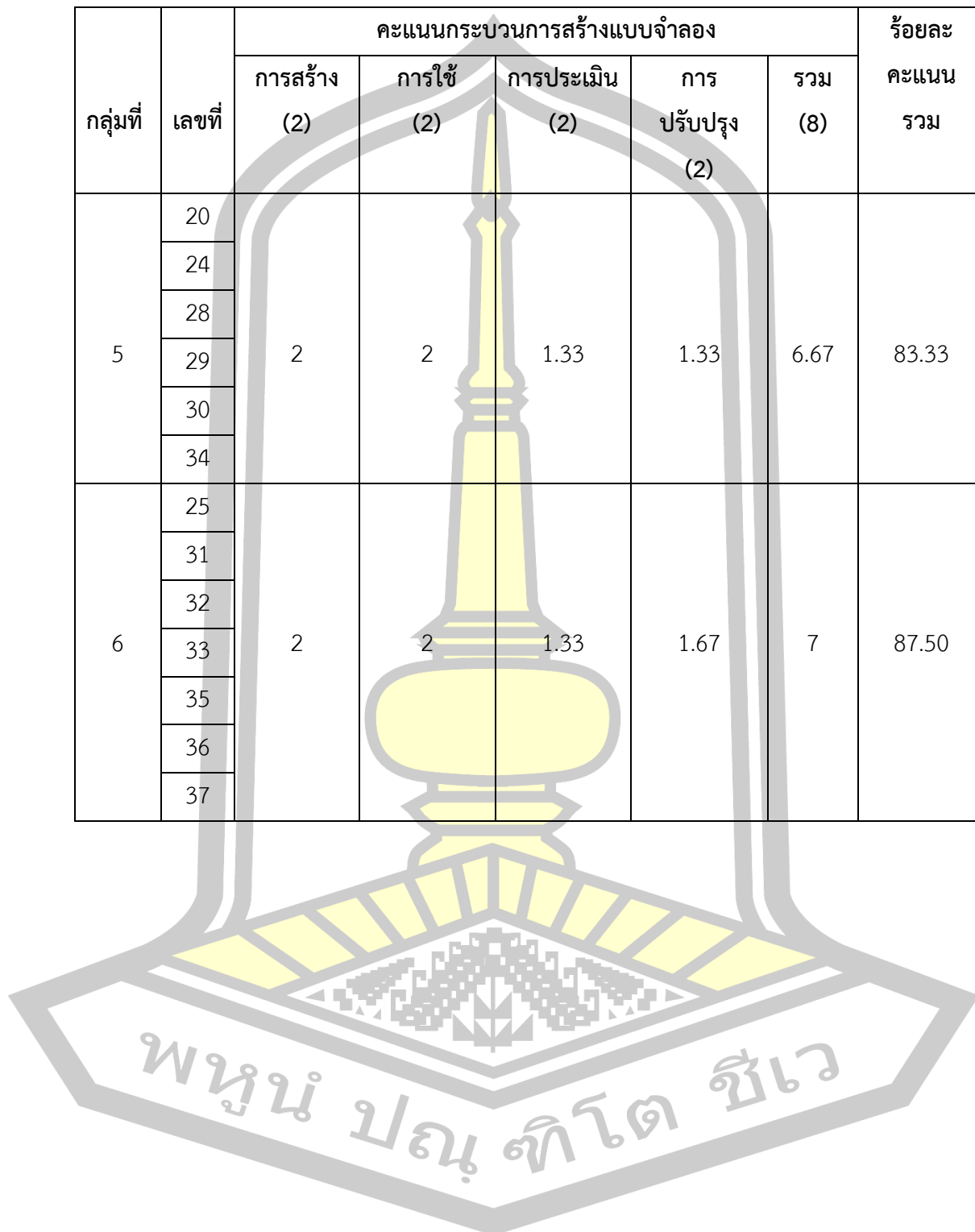
ตารางที่ 35 (ต่อ)

กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง					ร้อยละ คะแนน รวม
		การสร้าง (2)	การใช้ (2)	การประเมิน (2)	การ ปรับปรุง (2)	รวม (8)	
5	20	2	2	1.33	1	6.33	79.17
	24						
	28						
	29						
	30						
	34						
6	25	2	1.67	1.33	1.67	6.67	83.33
	31						
	32						
	33						
	35						
	36						
	37						



ตารางที่ 36 (ต่อ)

กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนกระบวนการสร้างแบบจำลอง					ร้อยละ คะแนน รวม
		การสร้าง (2)	การใช้ (2)	การประเมิน (2)	การ ปรับปรุง (2)	รวม (8)	
5	20	2	2	1.33	1.33	6.67	83.33
	24						
	28						
	29						
	30						
	34						
6	25	2	2	1.33	1.67	7	87.50
	31						
	32						
	33						
	35						
	36						
	37						



ตารางที่ 35 คะแนนรวมความสามารถในการสร้างแบบจำลอง วงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2

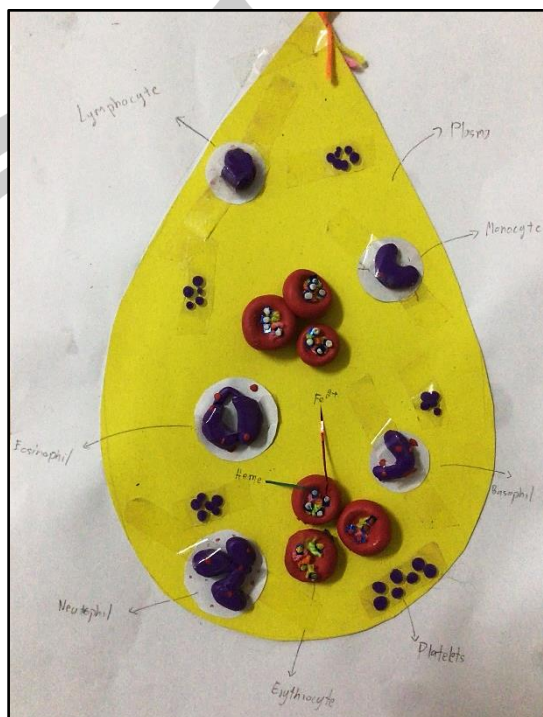
กลุ่ม ที่	เลขที่	วงจรปฏิบัติการ					
		1			2		
		คะแนนด้าน กระบวนการ (รายกลุ่ม)	คะแนน แบบทดสอบ (รายบุคคล)	คะแนน รวม (ร้อยละ)	คะแนนด้าน กระบวนการ (รายกลุ่ม)	คะแนน แบบทดสอบ (รายบุคคล)	คะแนน รวม (ร้อยละ)
1	1	5.67	12	73.63	7	14	87.50
	2	5.67	13	77.79	7	13	83.33
	3	5.67	15	86.13	7	14	87.50
	4	5.67	14	81.96	7	15	91.67
	5	5.67	10	65.29*	7	11	75.00
	7	5.67	12	73.63	7	12	79.17
2	6	6	13	79.17	6.63	14	85.96
	8	6	13	79.17	6.63	13	81.79
	9	6	10	66.67*	6.63	13	81.79
	10	6	13	79.17	6.63	13	81.79
	12	6	8	58.33*	6.63	12	77.63
	14	6	9	62.50*	6.63	13	81.79
3	11	5.67	14	81.96	6	14	83.33
	13	5.67	12	73.63	6	13	79.17
	15	5.67	12	73.63	6	12	75.00
	17	5.67	10	65.29*	6	13	79.17
	19	5.67	12	73.63	6	13	79.17
	21	5.67	8	56.96*	6	12	75.00
4	16	6	15	87.50	6.67	15	90.29
	18	6	14	83.33	6.67	14	86.13
	22	6	13	79.17	6.67	13	81.96
	23	6	10	66.67*	6.67	13	81.96
	26	6	13	79.17	6.67	13	81.96
	27	6	12	75.00	6.67	14	86.13

ตารางที่ 37 (ต่อ)

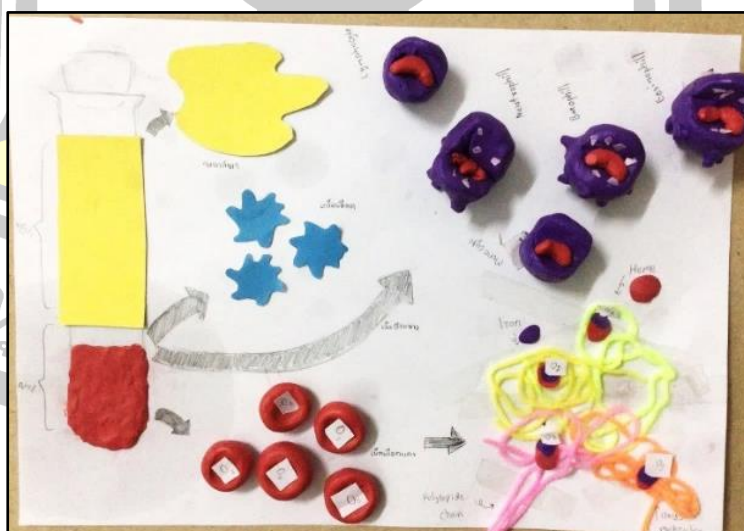
กลุ่ม ที่	เลขที่	วงจรปฏิบัติการ					
		1			2		
		คะแนนด้าน กระบวนการ (รายกลุ่ม)	คะแนน แบบทดสอบ (รายบุคคล)	คะแนน รวม (ร้อยละ)	คะแนนด้าน กระบวนการ (รายกลุ่ม)	คะแนน แบบทดสอบ (รายบุคคล)	คะแนน รวม (ร้อยละ)
5	20	6.33	13	80.54	6.67	14	86.13
	24	6.33	13	80.54	6.67	14	86.13
	28	6.33	9	63.88*	6.67	12	77.79
	29	6.33	13	80.54	6.67	13	81.96
	30	6.33	12	76.38	6.67	14	86.13
	34	6.33	13	80.54	6.67	14	86.13
6	25	6.67	13	81.96	7	13	83.33
	31	6.67	14	86.13	7	14	87.50
	32	6.67	12	77.79	7	14	87.50
	33	6.67	15	90.29	7	15	91.67
	35	6.67	13	81.96	7	13	83.33
	36	6.67	12	77.79	7	13	83.33
	37	6.67	10	69.46*	7	12	79.17

หมายเหตุ * นักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

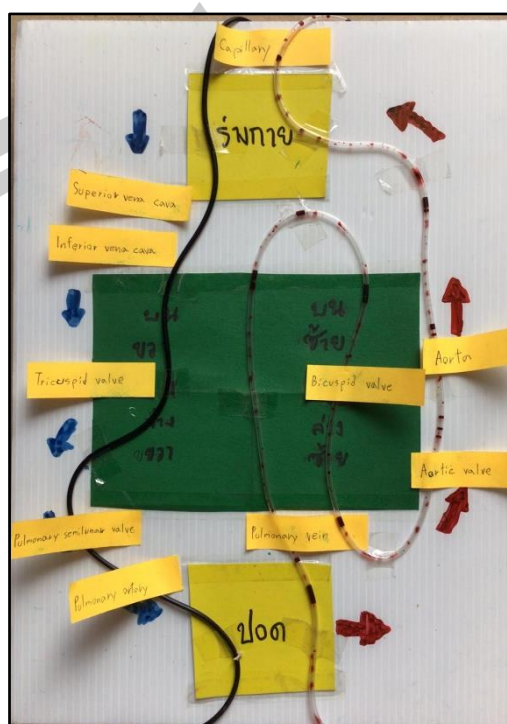
พหุ ประถมศึกษา



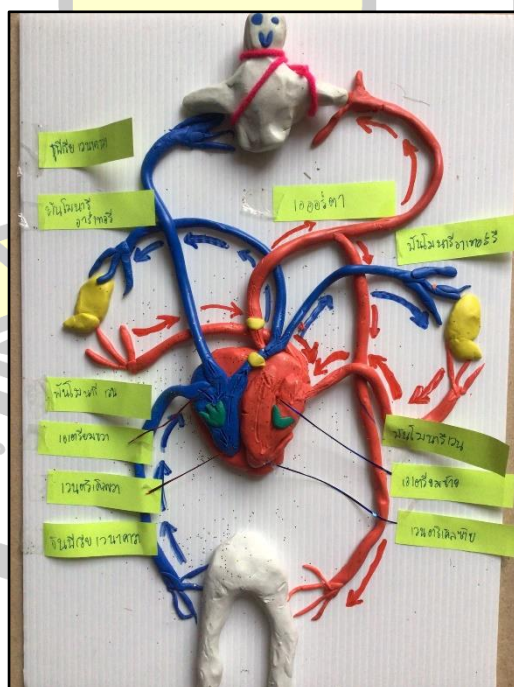
ตัวอย่างแบบจำลองส่วนประกอบของเลือด



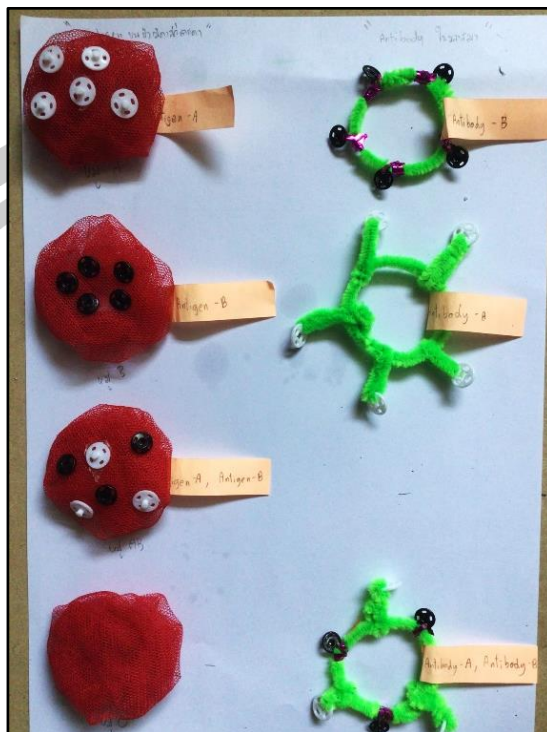
ตัวอย่างแบบจำลองส่วนประกอบของเลือด



ตัวอย่างแบบจำลองวงจรไหลเวียนของเลือด



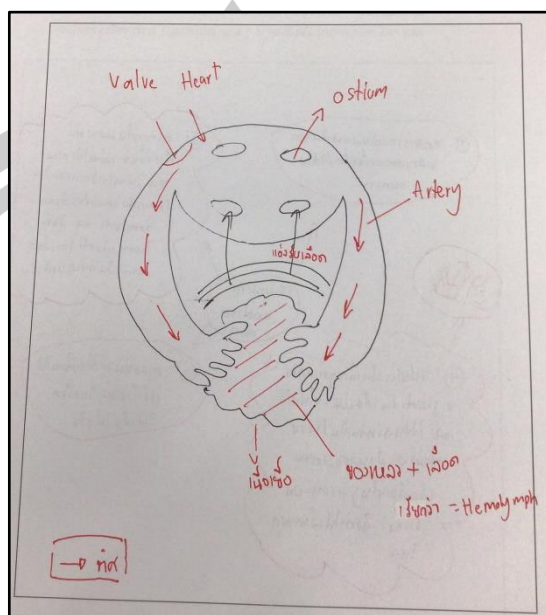
ตัวอย่างแบบจำลองวงจรการไหลเวียนของเลือด



ตัวอย่างแบบจำลองระบบหมู่เลือด ABO

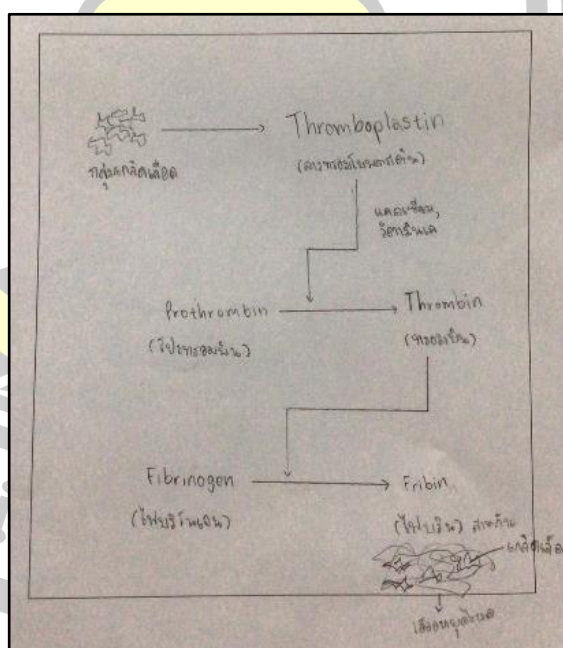


ตัวอย่างแบบจำลองระบบหมู่เลือด ABO



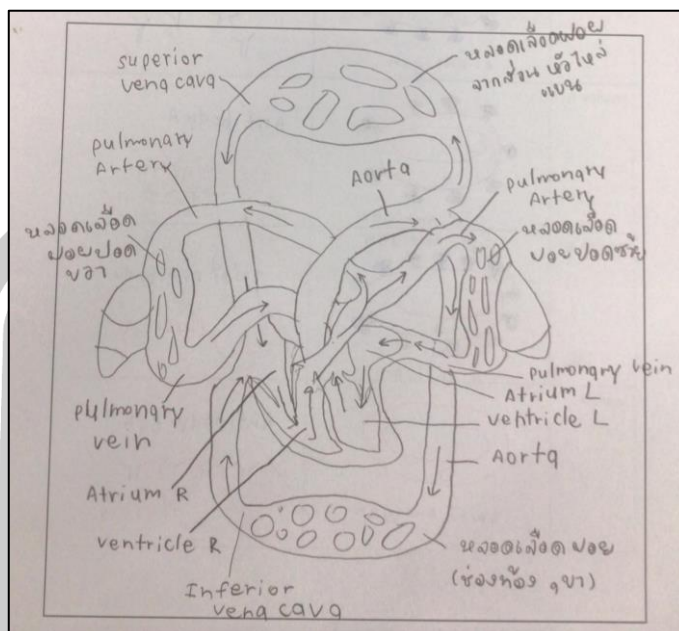
ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ข้อที่ 1



ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ข้อที่ 2



ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อที่ 1

หมู่เลือด	แบบจำลองเชิงภาพของเม็ดเลือดแดง	แบบจำลองเชิงภาพในน้ำเลือด
หมู่เลือด A	 A-Antigen	Antibody B plasma
หมู่เลือด B	 B-Antigen	Antibody A plasma
หมู่เลือด AB	 A-Antigen B-Antigen	ไม่มี Antibody plasma
หมู่เลือด O	 ไม่มี Antigen	Antibody B & A plasma

ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อที่ 2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	กุลสตรี มะณี
วันเกิด	24 กันยายน 2541
สถานที่เกิด	อ. ยางสีสุราช จ. มหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	52/14 บ้านดงจาน ต.แวงดง อ.ยางสีสุราช จ. มหาสารคาม 44210
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนาฏพิทยาคม พ.ศ. 2560 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพยุภุมิวิทยาการ พ.ศ. 2564 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	Phanchamlong, K., Manee, K., Watwiset, N., Nuangchalerm, P., & Prachagool, V. (2022). Learning Anxiety of Undergraduate Students during COVID-19 Pandemic. Journal of Educational Issues, 8(1), 30-38.

พณฺ์ ปณฺ์ จิตฺ ชีเว