

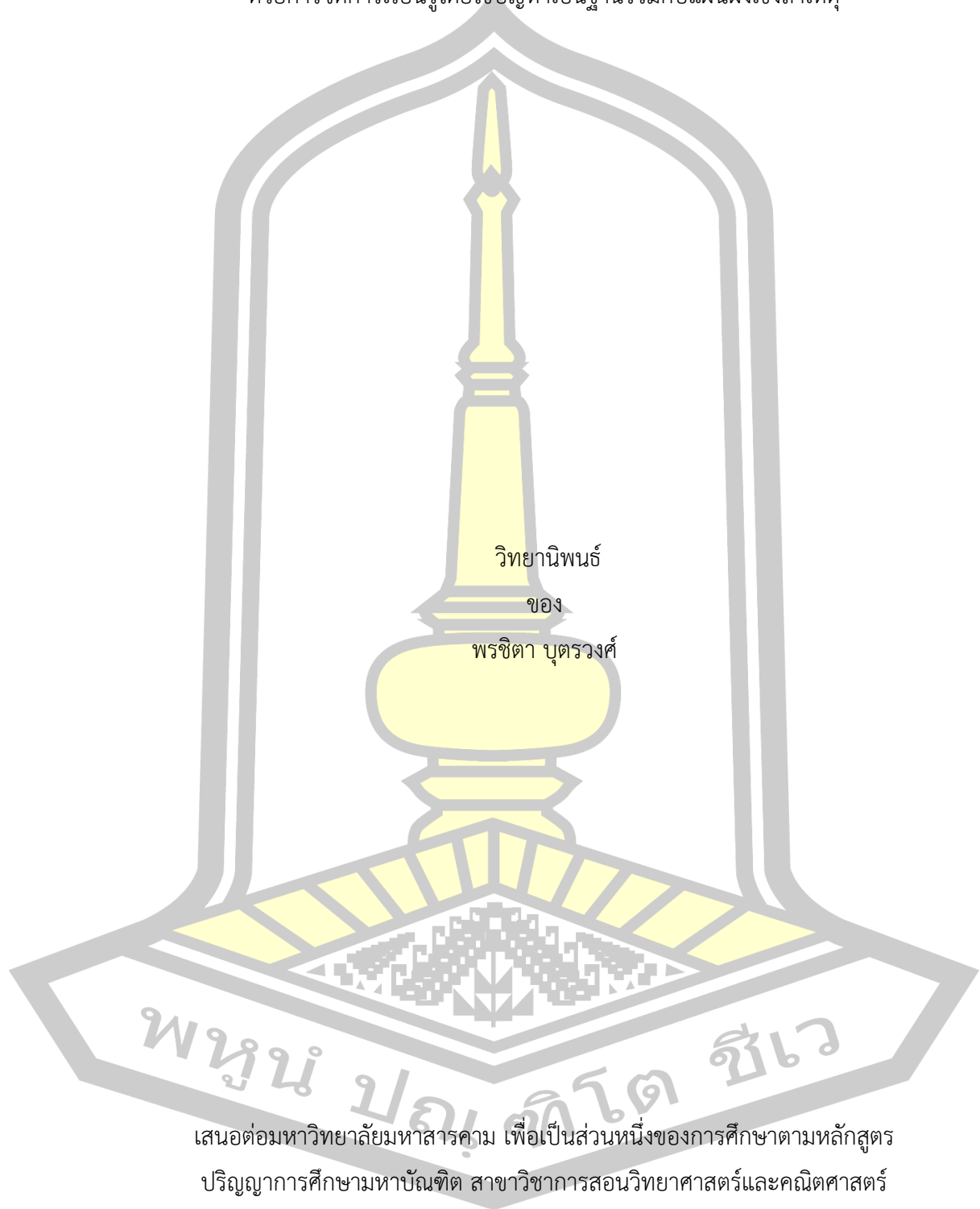
การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

วิทยานิพนธ์
ของ
พรชิตา บุตรวงศ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
กันยายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน
ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ



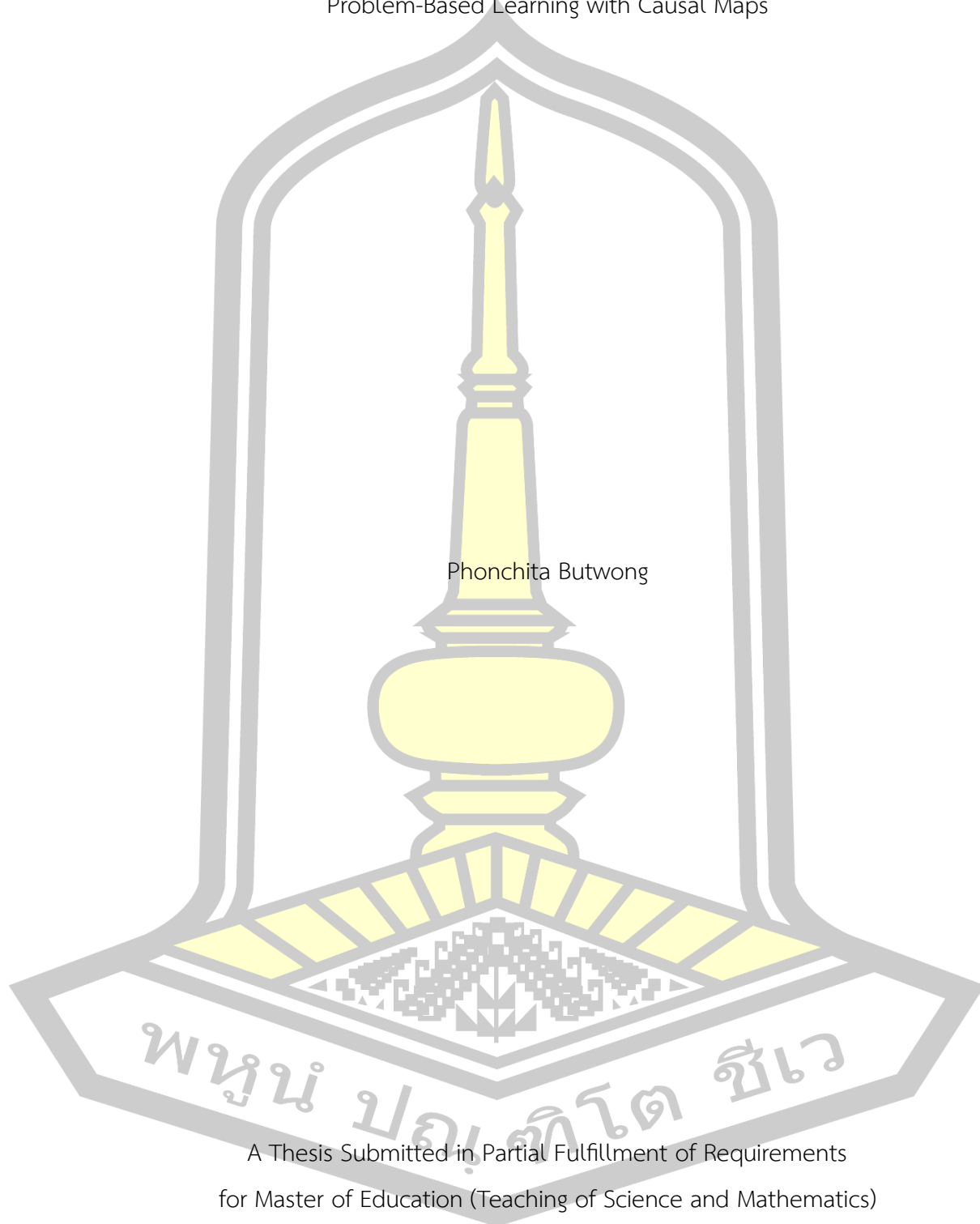
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

กันยายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Developing Systems Thinking of Grade 10 Students in Biology on Immune System by
Problem-Based Learning with Causal Maps

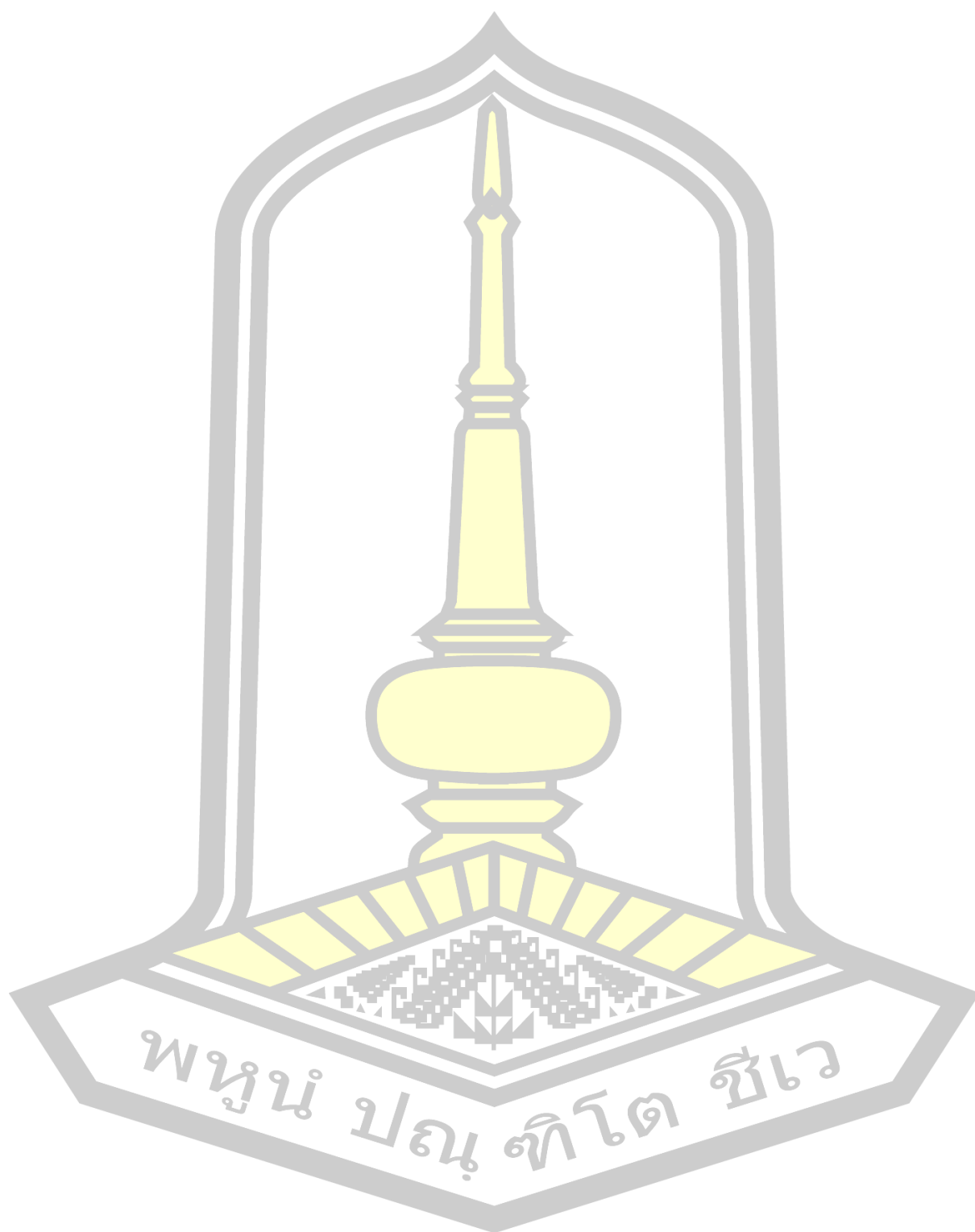
Phonchita Butwong



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

September 2024

Copyright of Mahasarakham University





คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพรชิตา บุตรวงศ์
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. สุมาลี ชุกกำแพง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. จิตติวรดา พลเยี่ยม)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมทรง สิริธี)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชุกกำแพง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ		
ผู้วิจัย	พรชิตา บุตรวงศ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 19 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล ได้แก่ แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดำเนินการวิจัย 3 วงจรปฏิบัติการ

ผลการวิจัยพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 จากคะแนนเต็ม 16 คิดเป็นร้อยละ 45.39 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไปจำนวน 8 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 11 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน และสอดแทรกคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน รวมถึงตั้งคำถามเพื่อให้ นักเรียนคิดวิเคราะห์มากขึ้นและเป็นแนวทางให้นักเรียนได้นำไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ตลอดจนสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยใช้ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 10.42 จากคะแนนเต็ม 16 คิดเป็นร้อยละ 65.13 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไปจำนวน 16 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 3 คน ในวงจร

ปฏิบัติการที่ 3 ทำการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ตนเองสืบค้นมา รวมถึงแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่มมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 จากคะแนนเต็ม 16 คิดเป็นร้อยละ 86.51 นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไปทั้งหมด 19 คน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุสามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้

คำสำคัญ : การคิดเชิงระบบ, ระบบภูมิคุ้มกัน, การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน, แผนผังเชิงสาเหตุ



TITLE	Developing Systems Thinking of Grade 10 Students in Biology on Immune System by Problem-Based Learning with Causal Maps		
AUTHOR	Phonchita Butwong		
ADVISORS	Associate Professor Prasart Nuangchalerms , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

This action research aims to develop the systems thinking of grade 10 students to pass the good level up using problem-based learning with causal maps in biology on the topic immune system. The target group consisted of 19 students in grade 10 at Maharakham University Demonstration School (Secondary). The research instrument was: plan of instrument using problem-based learning with causal maps. The instruments used to reflect the results were: systems thinking test, student behavior observation / traces of systems thinking and student journal. The data were analyzed by percentage, average, and standard deviation. Action research is completed in three cycles.

The results showed in the first cycle, students received an average systems thinking score of 7.26 out of a total of 16 points, representing 45.39 percent, 8 students score did pass the good level, 11 students score did not pass the good level. In the second cycle, develop and improve problems from the first cycle, adapting problem situations to be relevant or likely to occur in students' lives. and insert video clips or illustrations related to the problem to stimulate students' interest. Including asking questions to make students think more analytically and provide guidelines for students to search for additional information. As well as creating a clear understanding of the relationship between variables that must be represented by plus or minus (+ or -) by using examples of problem situations close

to students' lives, students received an average systems thinking score of 10.42 out of a total of 16 points, representing 65.13 percent, 16 students score did pass the good level, 3 students score did not pass the good level. In the third cycle, develop and improve problems from the second cycle, encouraging students to share the information they have researched. including exchanging opinions with members within the group more than ever, students received an average systems thinking score of 13.84 out of a total of 16 points, representing 86.51 percent, 19 students score did pass the good level.

Keyword : systems thinking, immune system, problem-based learning, causal maps



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจากคำแนะนำ และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมทั้งสร้างแรงบันดาลใจและเป็นแบบอย่างที่ดีให้กับผู้วิจัยในหลาย ๆ ด้าน ตลอดจนให้ความช่วยเหลืออื่น ๆ เป็นอย่างดีจึงจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

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

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิทยา วรพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ อาจารย์ ดร.วุฒิสักดิ์ บุญแน่น อาจารย์นิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ และอาจารย์ปวีตร ภูมิสูง ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ สิทธิเวช ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)ทุกท่าน และนักเรียนที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนสำคัญทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอบคุณตัวผู้วิจัยเองที่พยายามฝ่าฟันอุปสรรค และเชื่อมั่นในศักยภาพของตนเองจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

พรชิตา บุตรวงศ์

พูน ปณ จิต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	3
ความสำคัญของงานวิจัย.....	3
ขอบเขตงานวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2.....	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ฉบับปรับปรุงปี การศึกษา 2563 (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับ ปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560).....	9
บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.....	15
การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking).....	17
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning).....	38
แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal Maps).....	55

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	61
วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	67
1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ.....	67
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ.....	69
บทที่ 3	72
วิธีดำเนินการวิจัย	72
กลุ่มเป้าหมาย.....	72
รูปแบบการวิจัย	75
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	77
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	78
การเก็บรวบรวมข้อมูล	103
การวิเคราะห์ข้อมูล	106
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	107
บทที่ 4	109
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	109
ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	109
ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ.....	111
ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ.....	168
บทที่ 5	170
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	170
สรุปผลการวิจัย.....	170
อภิปรายผลการวิจัย	171
วงจรปฏิบัติการที่ 1	171

วงจรปฏิบัติการที่ 2	175
วงจรปฏิบัติการที่ 3	180
ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย	185
บรรณานุกรม.....	187
ภาคผนวก.....	193
ภาคผนวก ก.....	194
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	194
เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	194
ภาคผนวก ข	210
เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการวิจัย.....	210
ภาคผนวก ค.....	228
การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้.....	228
ภาคผนวก ง.....	238
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการวิจัย	238
ภาคผนวก จ.....	247
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	247
ภาคผนวก ฉ.....	253
ตัวอย่างผลงานนักเรียน.....	253
ภาคผนวก ช.....	262
ตัวอย่างภาพการจัดกิจกรรม.....	262
ประวัติผู้เขียน	267

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดสาระการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	14
ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ, 2560).....	26
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ, 2560).....	27
ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบ (วรรณละออ ตั้งสุข, 2565)	29
ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566)	31
ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ปรับจาก ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566).....	32
ตารางที่ 7 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ, 2560)..	33
ตารางที่ 8 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ, 2560)	33
ตารางที่ 9 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) (วรรณละออ ตั้งสุข, 2565).....	34
ตารางที่ 10 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ , 2566)	34
ตารางที่ 11 สรุปเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ปรับจาก วรรณละออ ตั้งสุข, 2565).....	35
ตารางที่ 12 พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงกระบวนการคิดเชิงระบบ (นิยม กิमानุวัฒน์, 2559).....	36
ตารางที่ 13 พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงการคิดเชิงระบบ (ภัทรพงษ์ สุขเกิด และคณะ, 2564)	37
ตารางที่ 14 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	62
ตารางที่ 15 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้	73
ตารางที่ 16 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 5 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน	79

ตารางที่ 17 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	84
ตารางที่ 18 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้	89
ตารางที่ 19 จำนวนแบบทดสอบที่สร้างและจำนวนแบบทดสอบที่ใช้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ	90
ตารางที่ 20 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบปรับจาก (ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566).....	93
ตารางที่ 21 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบปรับจาก (วรรณละออ ดังสุข, 2565) .	94
ตารางที่ 22 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	96
ตารางที่ 23 เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	99
ตารางที่ 24 ประเด็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในบันทึกสะท้อนความคิด.....	102
ตารางที่ 25 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	109
ตารางที่ 26 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	114
ตารางที่ 27 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน).....	116
ตารางที่ 28 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน).....	119
ตารางที่ 29 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน).....	123
ตารางที่ 30 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	124
ตารางที่ 31 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	130
ตารางที่ 32 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน).....	134
ตารางที่ 33 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน).....	136

ตารางที่ 34 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	140
ตารางที่ 35 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	143
ตารางที่ 36 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2	144
ตารางที่ 37 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และแนวทางการแก้ไขปัญหา.....	149
ตารางที่ 38 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	153
ตารางที่ 39 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	155
ตารางที่ 40 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	159
ตารางที่ 41 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)	162
ตารางที่ 42 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 3	163
ตารางที่ 43 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และแนวทางการแก้ไขปัญหาในโอกาสต่อไป	168
ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ.....	169
ตารางที่ 45 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 1	232
ตารางที่ 46 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 2	233

ตารางที่ 47 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 3.....	234
ตารางที่ 48 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 4.....	235
ตารางที่ 49 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 5.....	236
ตารางที่ 50 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 6.....	237
ตารางที่ 51 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิง ระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	239
ตารางที่ 52 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิง ระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	240
ตารางที่ 53 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิง ระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	241
ตารางที่ 54 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ.....	242
ตารางที่ 55 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ	242
ตารางที่ 56 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างประเด็นที่สังเกตและพฤติกรรมหรือร่องรอยการคิด เชิงระบบที่นักเรียนแสดง	243
ตารางที่ 57 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ กับระดับ การให้คะแนน	245
ตารางที่ 58 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างหัวข้อในการบันทึกกับประเด็นคำถามในอนุทิน สะท้อนความคิด	246

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนผังเชิงสาเหตุของ (Institute of Play, 2020).....	59
ภาพที่ 2 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1	113
ภาพที่ 3 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1	116
ภาพที่ 4 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 1	119
ภาพที่ 5 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 1	122
ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1	126
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1	126
ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1	127
ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1	127
ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1	128
ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1	129
ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วงจรปฏิบัติการที่ 1	129

ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 1	129
ภาพที่ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลใน การกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2	133
ภาพที่ 15 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลใน การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	136
ภาพที่ 16 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลใน การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	139
ภาพที่ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลใน การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 2	142
ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้าน การกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	145
ภาพที่ 19 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้าน การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	146
ภาพที่ 20 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้าน การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	146
ภาพที่ 21 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้าน การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	147
ภาพที่ 22 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจร ปฏิบัติการที่ 2	148
ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัย เกี่ยวเนื่องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	148
ภาพที่ 24 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัว แปร วงจรปฏิบัติการที่ 2	149
ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 2	149

ภาพที่ 26 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3	152
ภาพที่ 27 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3	155
ภาพที่ 28 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 3	158
ภาพที่ 29 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 3	161
ภาพที่ 30 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3	164
ภาพที่ 31 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3	164
ภาพที่ 32 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3	165
ภาพที่ 33 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3	165
ภาพที่ 34 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3	166
ภาพที่ 35 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3	167
ภาพที่ 36 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วงจรปฏิบัติการที่ 3	167
ภาพที่ 37 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 3	167

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เป้าหมายสำคัญของแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 คือ การพัฒนาสมรรถนะหลัก 6 ด้าน โดยหนึ่งในสมรรถนะที่สำคัญ คือ สมรรถนะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking: HOT) ซึ่งเป็นการคิดที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณบนหลักเหตุผลอย่างรอบด้าน โดยใช้คุณธรรมกำกับการตัดสินใจได้อย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยความเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของสรรพสิ่งที่อยู่ร่วมกันอย่างเป็นระบบ ใช้จินตนาการและความรู้สร้างทางเลือกใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีเป้าหมาย หนึ่งในองค์ประกอบของการคิดขั้นสูง คือ การคิดเชิงระบบ (System Thinking) และเป้าหมายสำคัญที่โรงเรียนมุ่งพัฒนา คือ การพัฒนาสมรรถนะด้านการคิด โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนคิดอย่างเป็นระบบเพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้ และใช้องค์ความรู้จัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม), 2563)

การคิดเชิงระบบเป็นการมองแบบองค์รวม ให้เห็นถึงองค์ประกอบของระบบที่มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน (Senge, 2014; Orgill et al, 2019) ตลอดจนเห็นถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ส่งผลกระทบซึ่งกันและกันภายในระบบหนึ่ง ๆ ซึ่งเป็นการคิดในลักษณะของภาพรวมสามารถย้อนกลับไปได้ ช่วยให้บุคคลสามารถเข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง (ฤทัยรัตนจิตมงคล และสมยศ จิตมงคล, 2560) นอกจากนี้การคิดเชิงระบบยังมีส่วนสำคัญในการช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง ตลอดจนช่วยให้นักเรียนสามารถจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริง และเตรียมความพร้อมในการรับมือและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Hurst, 2020; ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ, 2560)

จากการที่ผู้วิจัยได้ปฏิบัติหน้าที่รับผิดชอบสอนในรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พบว่า นักเรียนสามารถระบุและบอกถึงหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ แต่นักเรียนยังไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าแต่ละออร์แกเนลล์มีการทำงานที่สัมพันธ์และเชื่อมโยงกันอย่างไร รวมถึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าหากออร์แกเนลล์ชนิดใดชนิดหนึ่งทำงานผิดปกติไป จะส่งผลกระทบต่อออร์แกเนลล์อื่นหรือไม่อย่างไร ซึ่งการเชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันเป็น

ลักษณะสำคัญขององค์ประกอบในการคิดเชิงระบบ (System Thinking) ดังนั้นนักเรียนจึงควรได้รับการพัฒนาการคิดเชิงระบบ เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาการคิดเชิงระบบของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำแบบวัดการคิดเชิงระบบของ ศิริพร ฤยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ซึ่งเป็นแบบอัตนัยให้นักเรียนเขียนตอบ จากการอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 38 คน พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมากจำนวน 5 คน อยู่ในระดับดีจำนวน 14 คน อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 11 คน และอยู่ในระดับปรับปรุงจำนวน 8 คน ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้และระดับปรับปรุง รวมจำนวน 19 คนเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ต้องได้รับการพัฒนาการคิดเชิงระบบ

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวทางการจัดการเรียนรู้รวมถึงเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาหรือส่งเสริมการคิดเชิงระบบ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตัวอย่างเช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ (วรรณละออ ดังสุข, 2565) การส่งเสริมการคิดเชิงระบบโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Nagarajan and Overton, 2019) การส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน (Amaral et al, 2021)

นอกจากนี้ยังพบว่าหนึ่งในเครื่องมือสำคัญที่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบ คือ แผนผังเชิงสาเหตุ ตัวอย่างเช่น การใช้แผนผังเชิงสาเหตุเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบในวิชาภูมิศาสตร์ (Cox et al, 2018; Cox et al, 2019) การใช้แผนผังเชิงสาเหตุเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Ke et al, 2020) การสร้างแบบจำลองโดยใช้แผนผังเชิงสาเหตุ ที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการเรียนและการคิดเชิงระบบ (Sabel et al, 2023)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่มีโอกาสพบได้ในชีวิตจริงของนักเรียน มาเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก (Tan, 2021; วรรณละออ ดังสุข, 2565) โดยเน้นให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (กาญจนา ก้าวสิทธิ์ และธนศ พงศ์ธีรรัตน์, 2562) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่

มีความซับซ้อน ตลอดจนช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ช่วยให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน (Nagarajan and Overton, 2019; Amaral et al, 2021; Deniz-Çeliker and Dere, 2022) อย่างไรก็ตามปัญหาที่นำมาใช้ควรเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน คลุมเครือ หรือทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยอยากเรียนรู้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550)

แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal maps) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ที่มุ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมโยงเหตุและผล (Hanish and Eirdosh, 2021) ซึ่งเป็นแผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายประการในระบบ โดยถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ (Cox et al, 2018; Cox et al, 2019) เนื่องจากมีศักยภาพในการช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนของระบบปัญหา โดยการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างองค์ประกอบของระบบที่ฝังปัญหาไว้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา และเห็นถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ (Ke et al, 2020) ตลอดจนช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ (Sabel et al, 2023)

จากสภาพปัญหาและหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้น ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) เป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ของผู้ที่ปฏิบัติงาน เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงานและงานที่กำลังดำเนินการอยู่ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (บุญชม ศรีสะอาด, 2543) โดยการวิจัยปฏิบัติการมี 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต ขั้นสะท้อนผล ซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะเป็นพื้นฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้น

ความสำคัญของงานวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

2. เป็นแนวทางในการพัฒนานักเรียนให้มีการคิดเชิงระบบในรายวิชาชีววิทยาสูงขึ้น

ขอบเขตงานวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 19 คน

2. ระยะเวลา

งานวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีโอกาสพบได้ในชีวิตจริงของนักเรียน มากระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาสรุปเป็นความรู้ใหม่ผ่านการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม และนำความรู้ที่ได้อธิบายสาเหตุหรือกลไกของการเกิดปัญหาในงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ตามแนวคิดของ Amaral et al. (2021) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) หมายถึง ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยและนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-direct learning) หมายถึง นักเรียนร่วมกันระดมสมองภายในกลุ่มของตนเอง และร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าหาความรู้ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมา

ขั้นที่ 3 การรายงาน (Reporting) หมายถึง นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน โดยครูอำนวยความสะดวกในการนำเสนอและคอยตรวจสอบความถูกต้อง และเมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ได้มาซึ่งคำตอบภายในกลุ่มของตนเอง และนักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาจากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ และการเฉลยใบกิจกรรมร่วมกับครู

2. แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal maps) หมายถึง แผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผลในรูปของแผนผังวงจรสาเหตุ โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะถูกแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกันจะแทนด้วยเครื่องหมายบวก (+) หรือหากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกันจะแทนด้วยเครื่องหมายลบ (-) ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ตามแนวคิดของ Institute of Play (2020) โดยมีขั้นตอนการเขียนดังนี้

2.1 ระบุปัญหา

2.2 ระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.3 พิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าวด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมี 2 แบบ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (เครื่องหมายบวก +) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง

ตัวแปรเหตุ $\xrightarrow{+}$ ตัวแปรผล

2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (เครื่องหมายลบ -) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น

ตัวแปรเหตุ $\xrightarrow{-}$ ตัวแปรผล

2.4 นำตัวแปรแต่ละคู่ที่ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้น ให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และให้นักเรียนทำความเข้าใจถึงสาเหตุหรือกลไกของการเกิดปัญหา ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) หมายถึง ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยและนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-direct learning) หมายถึง ครูอธิบายวิธีการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา จากประเด็นปัญหาที่ระบุในขั้นที่ 1 ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุแล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าหาความรู้ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมาใช้ในการเขียนเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ

ขั้นที่ 3 การรายงาน (Reporting) หมายถึง นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียน โดยครูอำนวยความสะดวกในการนำเสนอและคอยตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ ในแผนผังเชิงสาเหตุที่นักเรียนนำเสนอ และเมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น

เกี่ยวกับกระบวนการคิดให้ได้มาซึ่งคำตอบภายในกลุ่มของตนเอง และนักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหา จากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้และการแลกเปลี่ยนกิจกรรมร่วมกับครู

4. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) หมายถึง การคิดที่นักเรียนสามารถพิจารณาปัญหาแบบองค์รวมให้เห็นถึงความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการเกิดปัญหา ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แนวคิดของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ซึ่งมี 4 องค์ประกอบดังนี้

4.1 การกำหนดประเด็นปัญหา คือ การระบุประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหา

4.2 การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา คือ การระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกันกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา

4.3 การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร คือ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างคู่ตัวแปร โดยระบุเครื่องหมายบวก (+) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หรือระบุเครื่องหมายลบ (-) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน

4.4 การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ คือ การนำคู่ของตัวแปรเหตุและตัวแปรผลที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือมีการเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล

ในงานวิจัยครั้งนี้ วัดการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนทำการทดสอบทำวงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ โดยมี 3 วงจรปฏิบัติการ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบrubrikที่ปรับมาจาก ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ครอบคลุมทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ คือ 0 1 และ 2 ตามลำดับ ทำให้คะแนนที่ได้อยู่ระหว่าง 0-16 จากนั้นนำคะแนนของนักเรียนมาแปลผลเป็นระดับการคิดเชิงระบบทั้งหมด 4 ระดับ คือ ระดับปรับปรุง (0-4) ระดับพอใช้ (5-8) ระดับดี (9-12) และดีมาก (13-16) ตามเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ที่ปรับมาจาก วรณละออ ตั้งสุข (2565)

5. วิจัยปฏิบัติการ เป็นงานวิจัยประเภทหนึ่งซึ่งมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน โดยแบ่งการปฏิบัติออกเป็นวงจร โดยในงานวิจัยครั้งนี้ใช้แนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งแต่ละวงจรแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

5.1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยจะทำการสำรวจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาเพื่อที่จะเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยทำการศึกษา ตำรา ทฤษฎี แนวคิด เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหาดังกล่าว

5.2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1

5.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการไปพร้อมๆ กับขั้นตอนการปฏิบัติ คือในระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

5.4 ขั้นสะท้อนผลปฏิบัติ (Reflect) เป็นการสะท้อนคิดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนการสังเกต ว่าได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยเป็นการส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้หรือเข้าใจจุดอ่อนและจุดแข็งของแผน เพื่อนำไปสู่การปรับแผนการดำเนินงาน ก่อนการเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ฉบับปรับปรุงปีการศึกษา 2563 (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560)
2. บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
3. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)
4. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)
5. แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal Maps)
6. การจัดการการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ
7. วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ฉบับปรับปรุงปีการศึกษา 2563 (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560)

1. หลักการ

หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบ มีจุดเด่นที่เน้นการพัฒนาผู้เรียนตามความถนัดและตามศักยภาพตอบสนองความต้องการในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและการประกอบอาชีพในอนาคตครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนและประสบการณ์สร้างเจตคติที่ดีต่อการใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ นวัตกรรม ส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถถึง

ศักยภาพของผู้เรียนตามความสนใจและความถนัด ปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรมและถ่ายทอดวัฒนธรรม เอกลักษณ์สู่มาตรฐานสากล

2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

- 2.1 เป็นหลักสูตรที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- 2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเจริญงอกงามด้านสติปัญญา ร่างกาย จิตใจ และสังคม
- 2.3 พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลายหลักสูตรและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัด
- 2.4 พัฒนาศักยภาพผู้เรียนในหลักสูตรที่หลากหลายในระดับชั้น ม.ปลาย และมีการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนตามความสนใจและความถนัดอย่างต่อเนื่อง โดยในสายวิทยาศาสตร์มีหลักสูตร วิทยาศาสตร์สุขภาพ หลักสูตรวิทยาศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตร SCIENCE – MATHEMATICS GIFTED หลักสูตรโครงการ รวมว. และสายศิลป์มีหลักสูตร ENGLISH GIFTED หลักสูตรศิลป์ภาษา ซึ่งเน้นภาษาที่หลากหลาย มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัด มีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
- 2.5 สามารถให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบ มีวินัยในตนเอง กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น และมีสภาวะความเป็นผู้นำเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นประชาธิปไตย
- 2.6 มีคุณธรรมจริยธรรมในด้านความกตัญญู ความเมตตากรุณา ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ความซื่อสัตย์ รู้จักประหยัด รักษาวินัยธรรมไทยและความสามัคคี และมีค่านิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
- 2.7 มีความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดกับตนเองและสังคม
- 2.8 มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการ เพื่อการส่งค้นข้อมูลและนำเสนอ
- 2.9 มีสุนทรียภาพในด้านศิลปะ ดนตรีและกีฬา
- 2.10 มีวิจรณ์ญาณในการแก้ปัญหาสามารถปรับตัวและเผชิญกับปัญหาได้อย่างชาญฉลาด

3. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเองสังคมและสิ่งแวดล้อม

4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคม ด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการ เรียนรู้การสื่อสารการทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

4. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ มัธยมศึกษาตอนปลาย

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์โครงสร้างและ หน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและ แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความ หลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การ ลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการ ตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการ ตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาสมดุลภาพ และ พฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการ หมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตใน ระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์และแนวทางการแก้ไขปัญหา

การสอนในรายวิชาชีววิทยา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ได้จัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรสถานศึกษา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง ตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2563) โดยมีคำอธิบายรายวิชา และโครงสร้างรายวิชา ดังต่อไปนี้

1. คำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

รหัสวิชา ว31241

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิชาชีววิทยา 1

เวลา 80 ชั่วโมง จำนวน 2 หน่วยกิต

ศึกษาและอธิบายการศึกษาชีววิทยา และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การรักษาดุลยภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิต การหมุนเวียนเลือดและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ความหลากหลายทางชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและอนุกรมวิธาน รวมถึงมนุษย์กับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การทดลอง สืบค้นข้อมูล การอภิปราย และอธิบาย เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิดสร้างสรรค์ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจ หรือนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาระดับที่สูงขึ้น หรือตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้

เห็นคุณค่าและความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

รวม 32 ผลการเรียนรู้

2. โครงสร้างรายวิชา

โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว31241 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโครงสร้างรายวิชาตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตาม

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุงตัวชี้วัด พุทธศักราช 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 2 หน่วยกิต ใช้เวลา 80 ชั่วโมง/ภาคเรียน โดยหน่วยการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เนื่องจากเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับระบบกลไกการทำงานของร่างกายมนุษย์ รวมถึงมีปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยอาจเป็นปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่เคยเกิดขึ้นกับนักเรียนหรืออาจมีโอกาสดูพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งหน่วยการเรียนรู้ดังกล่าวมีรายละเอียดของสาระการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมง ดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดสาระการเรียนรู้และจำนวนชั่วโมงของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
ระบบภูมิคุ้มกัน	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ	กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ	2
		กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ	2
	2. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา	การสร้างภูมิคุ้มกัน	2
	3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	โรคภูมิแพ้	2
		ภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	2
		ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV	2
รวม 12 ชั่วโมง			

บริบทโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สภาพทั่วไป

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เขตพื้นที่ขามเรียง ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม โดยโรงเรียนมุ่งเน้นในการพัฒนานักเรียนตามความถนัดและ ตามศักยภาพ ตอบสนองความต้องการในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา และการประกอบอาชีพในอนาคต ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย มีการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อการใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ นวัตกรรม ส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถดึงศักยภาพของผู้เรียนตามความสนใจและความถนัด ปลุกฝังคุณธรรม จริยธรรมและถ่ายทอดวัฒนธรรม เอกลักษณ์สู่มาตรฐานสากล และนอกจากนี้ทางโรงเรียนยังมุ่งพัฒนาโรงเรียนให้เป็นโรงเรียนต้นแบบการจัดการเรียนการสอนอย่างมีคุณภาพ และได้มาตรฐานตามการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพ กล้าคิด กล้าทำ กล้านำ มีคุณธรรมและจิตอาสา เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้สู่สากล ดังปรัชญาโรงเรียน “วิชาการที่เต็มที อยู่ในคนที่เต็มคน” มีการเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 แบ่งได้ ดังนี้

1. ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีทั้งหมด 7 ห้องเรียน ประกอบด้วย
 - 1.1 หลักสูตรห้องเรียนปกติ จำนวน 5 ห้องเรียน
 - 1.2 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และภาษาอังกฤษ (Gifted Program: SEM) จำนวน 2 ห้องเรียน
2. ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีทั้งหมด 9 ห้องเรียน ประกอบด้วย
 - 2.1 หลักสูตรห้องเรียนปกติ จำนวน 4 ห้องเรียน
 - 2.2 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพของนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้าน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (Gifted Program: Science - Mathematics) จำนวน 2 ห้องเรียน
 - 2.3 หลักสูตรโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในการกำกับดูแลของมหาวิทยาลัย (โครงการ วมว.) จำนวน 1 ห้องเรียน

2.4 หลักสูตรห้องเรียนปกติแผนการเรียนภาษาอังกฤษ – ภาษาจีน/ญี่ปุ่น/ฝรั่งเศส
จำนวน 1 ห้องเรียน

2.5 หลักสูตรโครงการส่งเสริมศักยภาพนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้าน
ภาษาอังกฤษ-ภาษาต่างประเทศ (Gifted Program: EG) จำนวน 1 ห้องเรียน

นอกจากนี้ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 จะมีการเลือกสายเฉพาะตามที่นักเรียนสนใจ หรือ
ตามความถนัดของนักเรียนเอง ซึ่งประกอบด้วย

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

ในการแบ่งห้องเรียนของนักเรียนแต่ละหลักสูตรนั้น จะให้นักเรียนเลือกความต้องการเรียน
หลักสูตรใด จากนั้นจะมีการสอบเข้าแข่งขันเพื่อคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อ ซึ่งในแต่ละหลักสูตรจะ
ทำการจัดเรียงห้องเรียนจากลำดับการสอบเข้า (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม),
2563)

สภาพแวดล้อมและสิ่งอำนวยความสะดวก

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เป็นโรงเรียนที่สามารถจัดการเรียน
การสอนได้ค่อนข้างเต็มศักยภาพ โดยห้องเรียนมีโต๊ะและเก้าอี้เพียงพอในการจัดการเรียนรู้ และทุก
ห้องมีจอโปรเจกเตอร์ เครื่องขยายเสียง และเครื่องปรับอากาศในการอำนวยความสะดวกสบาย มี
สัญญาณไฟฟ้า ทุกห้องเรียนและครอบคลุมในทุกพื้นที่ของโรงเรียน มีอุปกรณ์ปฏิบัติการทาง
วิทยาศาสตร์เพียงพอสำหรับนักเรียนในการทำปฏิบัติการ รวมถึงบรรยากาศภายในโรงเรียนที่สงบร่ม
รื่น มีพื้นที่ภายในบริเวณโรงเรียนสะอาด และนักเรียนได้รับประทานอาหารกลางวันตามหลัก
โภชนาการขั้นพื้นฐานที่เหมาะสมทุกวัน

สภาพปัญหาที่พบในชั้นเรียน

จากการสอบถามครูผู้สอนเกี่ยวกับการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนสาธิต
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พบว่า โรงเรียนมุ่งพัฒนาความรู้ให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียน
สามารถนำความรู้ไปใช้แก้ไขปัญหา หรือแสวงหาคำตอบของปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างมี

เหตุผล ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นได้ นอกจากนี้โรงเรียนยังมีเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะด้านการคิด โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้ และนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้จัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตาม จากการที่ผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่รับผิดชอบสอนในรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พบว่านักเรียนบางคนสามารถระบุและบอกถึงหน้าที่ของออร์แกเนลล์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าแต่ละออร์แกเนลล์มีกลไกการทำงานที่สัมพันธ์และเชื่อมโยงกันอย่างไร รวมถึงไม่สามารถอธิบายได้ว่าหากออร์แกเนลล์ชนิดใดชนิดหนึ่งทำงานผิดปกติไปจะส่งผลกับออร์แกเนลล์อื่นหรือไม่อย่างไร ซึ่งการเชื่อมโยงแต่ละองค์ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันเป็นลักษณะสำคัญขององค์ประกอบในการคิดเชิงระบบ (System Thinking) ที่นักเรียนควรได้รับการพัฒนา เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาการคิดเชิงระบบของนักเรียน ผู้วิจัยได้นำแบบวัดการคิดเชิงระบบของศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ซึ่งเป็นแบบวัดนี้ให้นักเรียนเขียนตอบ จากการอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน โดยนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 จำนวน 38 คน พบว่า นักเรียนมีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมากจำนวน 5 คน อยู่ในระดับดีจำนวน 14 คน อยู่ในระดับพอใช้จำนวน 11 คน และอยู่ในระดับปรับปรุงจำนวน 8 คน ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับพอใช้และระดับปรับปรุงรวมจำนวน 19 คนเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ต้องได้รับการพัฒนาการคิดเชิงระบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

1. ความหมายของการคิดเชิงระบบ

Senge (2014) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง แขนงวิชาที่มุ่งเน้นในการมองสิ่งต่าง ๆ แบบองค์รวม เป็นการพิจารณาระบบทั้งระบบที่มีส่วนประกอบย่อยซ้อนกันอยู่ เพื่อให้เห็นถึงระดับในแนวลึกของระบบ

Orgill et al. (2019) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง ความสามารถในการเห็นถึงภาพ ความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบ

Sabel et al. (2023) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การทำความเข้าใจว่าระบบมีการ ทำงานและเปลี่ยนแปลงอย่างไรในระบบ รวมถึงส่งผลกระทบต่อส่วนอื่นๆ ของระบบอย่างไร

นิยม กิমানุวัฒน์ (2559) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือ สถานการณ์ต่าง ๆ ในลักษณะของความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบย่อย และเป็นการคิดใน ลักษณะภาพรวม

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่เป็นการ มองอย่างองค์รวมและเข้าใจภาพรวมทั้งระบบ โดยทุกส่วนมีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันอย่างเป็น ขั้นตอนตามความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลกันของส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การพิจารณา ปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอน และทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ โดยคำนึงถึง องค์ประกอบทั้งหมด อย่างมีลำดับขั้นตอนเป็นเหตุเป็นผล

ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การ พิจารณาปัญหาแบบองค์รวม โดยการมองภาพรวมของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ เชื่อมโยงกันขององค์ประกอบต่าง ๆ

อิทธิศักดิ์ ศรีจันทร์ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดในการทำความเข้าใจ กระบวนการที่ซับซ้อน โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย แล้วระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ เหล่านั้น ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในรูปของกรอบปฏิสัมพันธ์ได้

พัฒนัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์ และสลา สามิภักดิ์ (2562) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การทำความเข้าใจระบบที่มีความซับซ้อน โดยอาศัยการวิเคราะห์องค์ประกอบ และความสัมพันธ์ เชื่อมโยงภายในระบบ ตลอดจนสามารถสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ เพื่อแสดงถึงการเชื่อมโยงของ องค์ประกอบภายในระบบ

กฤติกรณ์ แกมใบ และคณะ (2564) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดเชื่อมโยง สาเหตุของปัญหาในมิติรอบด้าน และเป็นการคิดในลักษณะของการคิดแบบองค์รวม

ปิยะพรรณ ปลาโสม และสมสงวน ปัสสาโก (2564) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การจัดองค์ประกอบให้เห็นภาพโดยรวมทั้งหมดขององค์ประกอบย่อย ๆ ให้เห็นถึงกรอบของความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นขั้นตอน

ณัฐารส ภูคา และน้ำทิพย์ ่องอาจาณิษฐ์ (2565) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่สามารถพิจารณาปัญหาแบบองค์รวม ที่มุ่งเน้นการเชื่อมโยงและสังเคราะห์ข้อมูลทั้งระบบ โดยคำนึงถึงข้อมูลย่อย ๆ ที่สัมพันธ์กันอย่างเป็นขั้นตอน

รุ่งทิวา จันทรสุข และสุมาลี ชูกำแพง (2565) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่มองแบบองค์รวมเกี่ยวกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ในลักษณะของความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบย่อย

วรรณลออ ตั้งสุข (2565) กล่าวว่า การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) หมายถึง การคิดที่สามารถแยกองค์ประกอบหลักออกเป็นสาเหตุและผลลัพธ์ และเชื่อมโยงให้เกิดเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ของระบบทั้งหมด

จุฑาทิพย์ หาญกุดตุ้ม และคณะ (2566) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดเป็นภาพรวมเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกัน เพื่อให้มองเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในส่วนประกอบนั้น ๆ

วรรณนก เปรมบุญ และคณะ (2566) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบภายในระบบใดระบบหนึ่ง เพื่อระบุความสัมพันธ์ภายในระบบอย่างเป็นขั้นตอน และเชื่อมโยงความสัมพันธ์เพื่อนำไปอธิบายปรากฏการณ์

ศิริพร ภูยอดดา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การพิจารณาปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ของสถานการณ์อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นเหตุเป็นผล โดยคำนึงถึงองค์ประกอบย่อย ที่มีความสัมพันธ์และมีหน้าที่เชื่อมโยงเป็นปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของความหมายของการคิดเชิงระบบ พบว่า มีการให้ความหมายที่หลากหลายตามบริบทที่นักการศึกษาแต่ละท่านได้ทำการศึกษา ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการคิดเชิงระบบ ได้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดที่นักเรียนสามารถพิจารณาปัญหาแบบองค์รวมให้เห็นถึงความสัมพันธ์ และความเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการเกิดปัญหา

2. ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

Hurst (2020) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง และช่วยให้นักเรียนจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริง

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบช่วยให้บุคคลสามารถควบคุมสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และเตรียมพร้อมรับมือเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการคิดเชิงระบบจะช่วยให้บุคคลสามารถทำงานได้อย่างเป็นขั้นตอน

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบสามารถช่วยให้การออกแบบการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุเป้าหมายอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังช่วยให้นักบุคคลสามารถตัดสินใจกับสิ่งต่าง ๆ อย่างมีสติ รอบคอบ และทำงานได้อย่างเป็นขั้นตอน

ฤทัยรัตน์ ชิตมงคล และสมยศ ชิตมงคล (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบทำให้เห็นถึงรากเหง้าของปัญหาและปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ซึ่งจะทำให้บุคคลเกิดความเข้าใจในปัญหาของระบบนั้นได้อย่างลึกซึ้ง นำไปสู่การแก้ปัญหาที่รากเหง้าของปัญหานั้นได้

รุ่งทิพา จันทร์สุข และสุมาลี ชูกำแพง (2565) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบช่วยให้มองเห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบภายในองค์กรได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้บุคคลสามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วรรณชนก เปรมบุญ และคณะ (2566) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบมีส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ตลอดจนมีทักษะในการค้นคว้า สร้างความรู้ และสามารถแก้ปัญหาที่หลากหลายได้

จากการศึกษาความสำคัญของการคิดเชิงระบบ สามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงระบบมีส่วนสำคัญในการช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิด โดยช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ตลอดจนช่วยให้นักเรียนจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อเตรียมพร้อมในการรับมือกับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงจุดและมีประสิทธิภาพ

3. องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ

Senge (1994) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบเป็นกระบวนการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก ประกอบด้วยองค์ประกอบที่เป็นระดับการคิด 4 ระดับ ดังนี้

1) ระดับสถานการณ์ (Events) คือ การคิดตามเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2) ระดับแบบแผน (Patterns) คือ การคิดที่สื่อให้เห็นภาพนิ่งของเหตุการณ์รวมถึงแนวโน้มของเหตุการณ์นั้น ๆ

3) ระดับโครงสร้าง (Structure) คือ การคิดที่ทำให้ได้คำตอบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับแบบแผนที่เกิดขึ้น

4) ระดับภาพจำลองความคิด (Mental model) คือ การคิดที่ทำให้เห็นภาพจำลองของความคิดที่เกิดจากการเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ ของระบบ

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1) การคิดแบบองค์รวม (Holistic Thinking) คือ การคิดที่มองภาพรวมทั้งหมด เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ปรากฏการณ์

1.2 การระบุสาเหตุของปัญหา

2) การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง (Cycle Thinking) คือ การคิดที่มองเห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อย ๆ ที่มีการเชื่อมโยงกัน ประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

2.1 การระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา

2.2 การเขียนความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแบบภาพ

3) การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) คือ การคิดที่เห็นทุกส่วนมีการเชื่อมต่อกันสะท้อนให้เห็นถึงวงจรย้อนกลับ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด ดังนี้

3.1 การอธิบายแผนภาพวงจรที่เกิดขึ้น

3.2 การเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1) กระบวนการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก คือ การพิจารณาระบบที่มีส่วนประกอบของระบบย่อยซ้อนกันอยู่ ให้เห็นถึงระดับในแนวลึกของระบบ

2) กระบวนการคิดที่เชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกัน

3) การป้อนกลับของเรื่องราว คือ การตอบสนองจากผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยเป็นการเชื่อมต่อ 2 ทางในลักษณะเป็นวงจร

ณัฐารส ภูคา และน้ำทิพย์ ่องอาจวณิชย์ (2565) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบประกอบด้วยองค์ประกอบที่เป็นระดับการคิด 4 ระดับ ดังนี้

1) ระดับสถานการณ์ (Events) คือ การกำหนดหรือระบุประเด็นปัญหาของเหตุการณ์หรือสถานการณ์

2) ระดับแบบแผน (Patterns) คือ การค้นหาสาเหตุ และแยกแยะองค์ประกอบของปัญหา จากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ เพื่อระบุเป็นปัจจัยสาเหตุของปัญหา

3) ระดับโครงสร้าง (Structure) คือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสาเหตุแต่ละตัว และเชื่อมโยงปัจจัยสาเหตุกับประเด็นปัญหา เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์จากเหตุการณ์หรือสถานการณ์

4) ระดับภาพจำลองของความคิด (Mental modal) คือ การเขียนวงจรความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นปัญหากับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยง

รุ่งทิพา จันทรสุข และสุมาลี ชูกำแพง (2565) กล่าวว่า การคิดเชิงระบบมีองค์ประกอบที่เป็นทักษะสำคัญ 4 อย่าง ดังนี้

1) กำหนดประเด็นปัญหา คือ การกำหนดประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

2) วิเคราะห์ปัจจัยย่อย คือ การระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

3) หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย คือ การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยที่เป็นเหตุเป็นผลและเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน

4) สังเคราะห์วงจรปัญหา คือ การออกแบบวงจรของปัญหา โดยการเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยย่อยแต่ละตัวในลักษณะของวงจรความสัมพันธ์

วรรณละออ ดังสุข (2565) กล่าวว่า การคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) มีองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้ 5 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) ระบุปัญหา คือ การระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ได้ชัดเจน และมีความสมเหตุสมผล
- 2) ระบุสาเหตุและผลลัพธ์ คือ การสาเหตุและผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา
- 3) ระบุสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อย คือ การระบุสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อยได้ชัดเจน มีความสมเหตุสมผล และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา
- 4) ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ คือ การระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ มีความชัดเจนและเหมาะสม
- 5) สร้างแผนภาพรวมของสถานการณ์ปัญหา คือ การลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของสาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไขได้ครบถ้วน มีความชัดเจนและสมเหตุสมผล

ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) กล่าวว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

- 1) การกำหนดประเด็นปัญหา คือ การระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
- 2) การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา คือ การระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา
- 3) การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร คือ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรที่เป็นเหตุเป็นผลกันในลักษณะของคู่ตัวแปร และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวก (+) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หรือแทนด้วยเครื่องหมายลบ (-) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน โดยระบุเครื่องหมายบนลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างคู่ตัวแปรนั้น ๆ

4) การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ คือ การนำคู่ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงให้เกิดเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุ หรือมีการเพิ่มเติมได้อย่างสมเหตุสมผล

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบตามแนวคิดของศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้ที่เลือกทำการวิจัยในครั้งนี้ กล่าวคือ ระบบภูมิคุ้มกันเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวของนักเรียน ซึ่งมีประเด็นปัญหาที่นักเรียนมีโอกาสได้เผชิญ หรือสามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ ในร่างกายที่ทำงานเชื่อมโยงและสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งมีทั้งการทำงานที่มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันหรือทิศทางตรงข้ามกัน อย่างไรก็ตามระบบภูมิคุ้มกันเป็นกลไกการทำงานของร่างกายที่มีความซับซ้อน ดังนั้นหากนักเรียนมีการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในลักษณะของแผนผังที่เชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในลักษณะของภาพรวม จะช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกของการเกิดปัญหานั้น ๆ ได้ ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) การกำหนดประเด็นปัญหา คือ การระบุประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหา

2) การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา คือ การระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา

3) การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร คือ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างคู่ตัวแปร โดยระบุเครื่องหมายบวก (+) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หรือระบุเครื่องหมายลบ (-) เมื่อความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน

4) การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ คือ การนำคู่ของตัวแปรเหตุและตัวแปรผลที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือมีการเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล

4. การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แนวทางการวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบจะเป็นการประเมินโดยการใช้แบบทดสอบความเรียง โดยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ลักษณะของแบบวัด เกณฑ์การให้คะแนน และเกณฑ์การแปลผลคะแนน

4.1 ลักษณะของแบบวัดการคิดเชิงระบบ

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) สร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในลักษณะแบบวัดอัตนัยที่เป็นสถานการณ์ปัญหา 1 สถานการณ์ จำนวน 6 ข้อ โดยให้นักเรียนเขียนตอบใน 3 ประเด็น ได้แก่ กำหนดปัญหาจากสถานการณ์ ระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา และระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหาในรูปแบบแผนภาพวงจร ซึ่งครอบคลุมการคิดเชิงระบบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ การคิดแบบองค์รวม การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง และการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) สร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในลักษณะแบบวัดที่เป็นสถานการณ์ 3 สถานการณ์ ประกอบด้วย 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นคำถามชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก 9 ข้อ และส่วนที่ 2 เป็นคำถามชนิดอัตนัยให้เขียนตอบ เพื่ออธิบายเหตุผล จำนวน 9 ข้อ ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก ด้านการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล และด้านการป้อนกลับเรื่องราว

วรรณละออ ดังสุข (2565) สร้างแบบวัดการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในลักษณะแบบวัดอัตนัยที่เป็นสถานการณ์ 1 สถานการณ์ โดยให้นักเรียนเขียนตอบ ประกอบด้วย 5 ข้อย่อย ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดอย่างเป็นระบบที่เป็นตัวบ่งชี้ 5 องค์ประกอบ คือ การระบุปัญหา การระบุสาเหตุและผลลัพธ์ การระบุสาเหตุย่อยและผลลัพธ์ย่อย ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ และสร้างแผนภาพรวมของสถานการณ์ปัญหา

ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) สร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในลักษณะแบบวัดอัตนัยที่เป็นสถานการณ์ 1 สถานการณ์ โดยให้นักเรียนเขียนตอบ ประกอบด้วย 4 ข้อย่อย ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ

จากการวิเคราะห์ลักษณะของแบบวัดการคิดเชิงระบบ พบว่า แบบวัดมีลักษณะเป็นสถานการณ์ โดยให้นักเรียนเขียนตอบตามองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ ซึ่งจำนวนข้อสอบในแบบวัดและระยะเวลาในการทำขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบและระดับความสามารถของนักเรียน

4.2 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ เพื่อประเมินการคิดเชิงระบบ พบว่า มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) สร้างเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงระบบ โดยมี เกณฑ์ประเมินตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ 3 องค์ประกอบ และแต่ละองค์ประกอบมี 2 ตัวชี้วัด ซึ่งในแต่ละตัวชี้วัดมีระดับคะแนน 3 ระดับ คือ 0-2 โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปริก ดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ, 2560)

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้แต่ละองค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
1. การคิดแบบองค์รวม	1.1 การวิเคราะห์ปรากฏการณ์	วิเคราะห์โดยบอกปัญหาได้ถูกต้อง	บอกปัญหาได้แต่ไม่ตรงประเด็น	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
	1.2 การระบุสาเหตุของปัญหา	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 3 ประเด็นขึ้นไป	ระบุสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 1-2 ประเด็น	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
2. การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง	2.1 ระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหา	ระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 3 คู่ขึ้นไป	ระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง 1-2 คู่	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ
	2.2 เขียนความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปแบบแผนภาพ	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์โดยใช้ปัญหาที่ระบุได้ 3 ตัวขึ้นไป	เขียนแผนภาพความสัมพันธ์โดยใช้ปัญหาที่ระบุได้ 1-2 ตัว	ตอบไม่ถูกหรือไม่เขียนตอบ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ตัวบ่งชี้แต่ละองค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
3. การคิด แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์	3.1 อธิบาย แผนภาพวงจรที่ เกิดขึ้น	อธิบายแผนภาพ ได้อย่าง ครอบคลุม สมเหตุสมผล	อธิบายแผนภาพ ได้ยังไม่ ครอบคลุม สมเหตุสมผล	ตอบไม่ถูก หรือไม่เขียน ตอบ
	3.2 เสนอ แนวทางการ แก้ปัญหาอย่าง สร้างสรรค์	เสนอแนวทางใน การแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ ได้ชัดเจน 3 ประเด็นขึ้นไป	เสนอแนวทางใน การแก้ปัญหา อย่างสร้างสรรค์ ได้ชัดเจน 1-2 ประเด็น	ตอบไม่ถูก หรือไม่เขียน ตอบ

ภาณพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) สร้างเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงระบบ โดยมีเกณฑ์ประเมินตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ 3 องค์ประกอบ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีระดับคะแนน 3 ระดับ คือ 0-2 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปrik ดังปรากฏในตารางที่ 3 ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ภาณพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ, 2560)

องค์ประกอบการคิด เชิงระบบด้าน	คะแนน		
	2	1	0
1. กระบวนการ วิเคราะห์ระบบใน แนวคิด	เขียนอธิบายได้ชัดเจนชี้ให้เห็น ความสำคัญของปัญหา มี ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง เข้าใจ ในระบบปัญหาที่เกิดขึ้น และ สามารถอธิบายเพิ่มเติม เกี่ยวกับความซับซ้อนของ ปัญหาที่เกิดขึ้น	เขียนอธิบายแต่ยังไม่ได้ ชี้ประเด็นปัญหา หรือมี แต่ปัญหารองที่ไม่ใช่ ปัญหาหลัก และยังไม่ สามารถมองระบบ ของปัญหา เพื่อทำ ความเข้าใจได้	ไม่เขียน คำตอบ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

องค์ประกอบการคิด เชิงระบบด้าน	คะแนน		
	2	1	0
2. กระบวนการคิด เชื่อมโยงเรื่องเหตุ และผล	เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ การเชื่อมโยงขั้นตอนของ ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการ แก้ปัญหา และผลกระทบที่ เกิดขึ้น รวมถึงตอบปัจจัยที่ทำให้ เกิดสาเหตุและผลลัพธ์ที่ เกิดขึ้น ให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจ ในกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย	เขียนอธิบายขั้นตอน กระบวนการ แต่ยัง ขาดความเชื่อมโยงของ ความเป็นเหตุและผล หรือขาดรายละเอียด หลักในการให้เหตุผล ระหว่างการเชื่อมโยง	ไม่เขียน คำตอบ
3. การป้อนกลับ ของเรื่องราว	เขียนอธิบายการให้ผลสะท้อน ตั้งแต่แบบ 2 ด้านขึ้นไปได้ รวมถึงการสะท้อนแบบ วงกลมให้เห็นถึงวงจรการ แก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้นได้อย่าง เป็นระบบ และเข้าใจง่าย	เขียนอธิบายการ สะท้อนปัญหาได้เพียง 1 ด้าน หรือได้ทั้ง 2 ด้าน แต่ไม่แสดงให้เห็น ถึงกระบวนการ และ ผลลัพธ์ในการสะท้อน ปัญหาที่เกิดขึ้น	การป้อนกลับ ของเรื่องราว

วรรณละออ ดังสุข (2565) สร้างเกณฑ์การประเมินการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) โดยมีเกณฑ์ประเมินตามองค์ประกอบที่เป็นตัวบ่งชี้ของการคิดเป็นระบบ 5 องค์ประกอบ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีระดับคะแนน 4 ระดับ คือ 0-3 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปrik ดังปรากฏในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดอย่างเป็นระบบ (วรรณละออ ดังสุข, 2565)

การคิดอย่าง เป็นระบบ	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
1. ระบุและ พิจารณา ปัญหา	ระบุและพิจารณา ปัญหาจาก สถานการณ์ได้ อย่างชัดเจน มี ความสมเหตุสมผล	ระบุและพิจารณา ปัญหาจาก สถานการณ์ไม่ ชัดเจน มีความ สมเหตุสมผล บางส่วน	ระบุและพิจารณา ปัญหาจาก สถานการณ์ได้ บ้าง แต่ไม่มีความ สมเหตุสมผล	ไม่สามารถระบุ และพิจารณา ปัญหาจาก สถานการณ์
2. ระบุ สาเหตุ และผลลัพธ์	ระบุสาเหตุ และผลลัพธ์ได้ ชัดเจน สอดคล้อง กับสถานการณ์ ปัญหา	ระบุสาเหตุ และผลลัพธ์ไม่ ชัดเจน สอดคล้อง กับสถานการณ์ ปัญหาบางส่วน	ระบุสาเหตุ และผลลัพธ์ได้ บ้าง แต่ไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ ปัญหา	ไม่ระบุสาเหตุ และผลลัพธ์ หรือระบุไม่ ถูกต้อง
3. สาเหตุ ย่อยและ ผลลัพธ์ย่อย	ระบุสาเหตุย่อย และผลลัพธ์ย่อย ได้ชัดเจน มีความ สมเหตุ สมผล และจัดหมวดหมู่ ได้สอดคล้องกับ สาเหตุและ ผลลัพธ์ของ สถานการณ์ได้ ชัดเจน	ระบุสาเหตุย่อยและ ผลลัพธ์ย่อยได้ ชัดเจน มีความสม เหตุ สมผลบางส่วน และจัดหมวดหมู่ได้ ไม่ชัดเจนสอดคล้อง กับสาเหตุและ ผลลัพธ์ของ สถานการณ์ บางส่วน	ระบุสาเหตุย่อย และผลลัพธ์ย่อย ได้บ้าง แต่ขาด ความ สมเหตุสมผล บางส่วน และจัด หมวดหมู่ได้บ้าง แต่ไม่สอดคล้อง กับสาเหตุและ ผลลัพธ์	ไม่ระบุสาเหตุ ย่อยและผลลัพธ์ หรือระบุไม่ ถูกต้อง

ตารางที่ 4 (ต่อ)

การคิดอย่างเป็นระบบ	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
4. ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบ	ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ครบถ้วนสมบูรณ์ชัดเจนและเหมาะสม	ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์และเหมาะสมบางส่วน	ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้บ้าง แต่ขาดความเหมาะสม	ไม่ระบุบทบาท/หน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบและขาดความเหมาะสม
5. สร้างแผนภาพรวมของสถานการณ์ปัญหา	โครงสร้างและกระบวนการภายใน ลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของสาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไข ครบถ้วน มีความสมเหตุสมผล ชัดเจน อ่านง่าย	โครงสร้างและกระบวนการภายใน ลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของสาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไข ครบถ้วน มีความสมเหตุสมผล แต่ไม่ชัดเจน	โครงสร้างและกระบวนการภายใน ลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไข ได้บ้าง แต่ไม่สมเหตุสมผล	โครงสร้างและกระบวนการภายใน ผิด ลากเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของสาเหตุ ผลลัพธ์ และแนวทางแก้ไข ไม่ได้

ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) สร้างเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงระบบ โดยมีเกณฑ์ประเมินตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ 4 องค์ประกอบ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีระดับคะแนน 3 ระดับ คือ 1-3 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปrik ดังปรากฏในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566)

องค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	ระบุประเด็นปัญหาได้สัมพันธ์กับตัวแปรมากที่สุด	ระบุประเด็นปัญหาได้สัมพันธ์กับตัวแปรเล็กน้อย	ระบุประเด็นปัญหาไม่สัมพันธ์กับตัวแปร
2. การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา	ระบุตัวแปรได้ถูกต้องครบทุกตัวแปร	ระบุตัวแปรได้ถูกต้องมากกว่าครึ่ง	ระบุตัวแปรไม่ถูกต้องเลยหรือผิดเป็นส่วนใหญ่
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นบางส่วน	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนใหญ่
4. การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรได้ครบถ้วน หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรได้ไม่ครบถ้วน หรือเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล	สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยไม่ใช้ตัวแปรที่ระบุไว้ หรือใช้น้อยมาก

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนในการคิดเชิงระบบของนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ของศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา โดยหากนักเรียนไม่เขียนคำตอบใดเลยหรือเขียนคำตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือเขียนคำตอบที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด หรือเขียนคำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา หรือเขียนเครื่องหมายเพื่อระบุความสัมพันธ์ไม่ครบ หรือเขียนแผนผังวงจรสาเหตุโดยมีบางคู่ตัวแปรที่ไม่ได้ระบุความสัมพันธ์หรือมีการเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล จึงมีการเพิ่มระดับ 0 คะแนนเข้ามาในเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ และปรับระดับคะแนนสูงสุดเป็น 2 คะแนน เพื่อให้ระดับในการให้คะแนนยังคงเป็น 3 ระดับ ซึ่งจากเดิมเป็นระดับคะแนน 1, 2 และ 3 เปลี่ยนเป็นระดับคะแนน 0, 1 และ 2 โดยสามารถสรุปได้ดังปรากฏในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ (ปรับจาก ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566)

องค์ประกอบ การคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและ ครอบคลุมสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนด แต่ครอบคลุม สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนดเพียงบางส่วน	ไม่เขียนประเด็นปัญหา หรือเขียนประเด็น ปัญหาไม่สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่กำหนด
2. การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหา	เขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัย เกี่ยวข้องกับปัญหาจาก สถานการณ์ปัญหาได้ ถูกต้องและครบทุกตัว แปร	เขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัย เกี่ยวข้องกับปัญหาจาก สถานการณ์ปัญหาได้ ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุก ตัวแปร	ไม่เขียนตัวแปร หรือ เขียนตัวแปรที่ไม่ เกี่ยวข้องกับปัญหาจาก สถานการณ์ปัญหา
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือลบ ระหว่างตัวแปรเหตุและ ตัวแปรผลทุกคู่ และ ความสัมพันธ์ถูกต้อง ทั้งหมด	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือลบ ระหว่างตัวแปรเหตุและ ตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบาง ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนความสัมพันธ์ หรือเขียนความสัมพันธ์ ด้วยเครื่องหมายบวก หรือลบระหว่างตัวแปร เหตุและตัวแปรผล ไม่ครบ
4. การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และ ถูกต้องทุกความสัมพันธ์	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล แต่มีบาง ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนแผนผังวงจร สาเหตุ หรือนำบางคู่ตัว แปรที่ไม่ได้ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล

4.3 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ พบว่า มีเกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้

ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ (2560) สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยให้นักเรียนทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ ที่เป็นสถานการณ์ 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 12 คะแนน โดยแบ่งช่วงคะแนนและแปลผลคะแนน ดังปรากฏในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ปารมี ศรีบุญทิพย์ และคณะ, 2560)

ช่วงคะแนน	ระดับการคิดเชิงระบบ
10-12	สูง
6-9	ปานกลาง
0-5	ต่ำ

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ (2560) สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบเพื่อวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งคะแนนออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 9 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ส่วนที่ 2 เป็นแบบอัตนัย 9 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0-2 คะแนน รวมคะแนน 18 คะแนน ซึ่งคะแนนทั้ง 2 ส่วน รวมคะแนนเต็ม 27 คะแนน โดยแบ่งช่วงคะแนนเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม และแปลผลคะแนน ดังปรากฏในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ และคณะ, 2560)

ช่วงคะแนน (ร้อยละของคะแนนเต็ม)	ระดับการคิดเชิงระบบ
มากกว่า 70	สูง
50-70	ปานกลาง
น้อยกว่า 50	ต่ำ

วรรณละออ ดังสุข (2565) สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ของตัวบ่งชี้ทั้ง 5 องค์ประกอบ ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก

ระดับดี ระดับ ระดับพอใช้ และระดับปรับปรุง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างเป็นระบบแบบอัตรัยที่เป็นสถานการณ์ 1 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 5 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 0-3 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 15 คะแนน โดยแบ่งเป็นร้อยละของคะแนน ช่วงคะแนน และแปลผลคะแนน โดยกำหนดเกณฑ์ตัดสินให้ผ่านในระดับดีขึ้นไป ดังปรากฏในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) (วรรณละออ ดังสุข, 2565)

ร้อยละของคะแนน	ช่วงคะแนน	ระดับการคิดอย่างเป็นระบบ
80 ขึ้นไป	12-15	ดีมาก
55-79	8-11	ดี
30-54	4-7	พอใช้
ต่ำกว่า 30	3	ปรับปรุง

ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับมาก ระดับปานกลาง และระดับน้อย โดยให้นักเรียนทำแบบวัดการคิดเชิงระบบแบบอัตรัยที่เป็นสถานการณ์ 1 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 4 ข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนเป็น 1-3 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 12 คะแนน โดยแบ่งช่วงคะแนนและแปลผลคะแนน ดังปรากฏในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ , 2566)

ช่วงคะแนน	ระดับการคิดเชิงระบบ
9-12	มาก
5-8	ปานกลาง
1-4	น้อย

จากการศึกษาเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ พบว่า มีทั้งแบ่งเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบเป็น 3 ระดับ และ 4 ระดับ ซึ่งมีทั้งที่เหมือนและแตกต่างกัน โดยงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ ที่ปรับจากงานวิจัยของ วรรณละออ ดังสุข (2565) โดยผู้วิจัยได้ปรับให้เหมาะสมกับจำนวนข้อสอบที่ใช้ทดสอบหลัง

สิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ รวมถึงปรับเกณฑ์การให้คะแนนและช่วงคะแนนให้เหมาะสมกับองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ซึ่งมี 3 วงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ ข้อละ 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ องค์ประกอบละ 2 คะแนนเต็ม รวมคะแนนเต็ม 16 คะแนนต่อ 2 ข้อ เนื่องจากองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบมี 4 องค์ประกอบ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบเป็น 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2 คะแนน สรุปคะแนนที่ได้ในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง 0-8 คะแนน ดังนั้น 2 ข้อ จึงอยู่ระหว่าง 0-16 (คะแนนเต็ม 16 คะแนน) โดยมีเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ 4 ระดับ คือ ระดับปรับปรุง (0-4) ระดับพอใช้ (5-8) ระดับดี (9-12) และดีมาก (13-16) ซึ่งมีการแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 4 ช่วง ดังปรากฏในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบ (ปรับจาก วรรณละออ ดังสุข, 2565)

ร้อยละของคะแนน	ช่วงคะแนน	ระดับการคิดเชิงระบบ
80 ขึ้นไป	13-16	ดีมาก
55-79	9-12	ดี
30-54	5-8	พอใช้
ต่ำกว่า 30	0-4	ปรับปรุง

5. พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงการคิดเชิงระบบ

นิยม กิমানุวัฒน์ (2559) กล่าวว่า พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงกระบวนการคิดเชิงระบบสามารถวัดจากพฤติกรรม/ร่องรอยกระบวนการคิดที่นักเรียนเขียนแสดงผ่านใบกิจกรรมหรือผลงานของนักเรียน โดยกำหนดระดับการให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ซึ่ง 3 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้ในระดับมาก ระดับดี 2 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้ในระดับปานกลาง และระดับ 1 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้เล็กน้อยหรือไม่ได้เลย โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ดังปรากฏในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงกระบวนการคิดเชิงระบบ (นิยม กิมาณูวัฒน์, 2559)

พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงกระบวนการคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	3	2	1
บอกปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา	เขียนบอกปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้นได้ถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล	เขียนบอกปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้นได้มากกว่าครึ่งแต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล	เขียนบอกปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้นได้แต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล
การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา	เขียนระบุตัวแปรถูกต้องครบทุกตัวแปร	เขียนระบุตัวแปรถูกต้องมากกว่าครึ่งมีบางตัวที่กำหนดผิด	เขียนระบุตัวแปรไม่ถูกต้องเลย หรือผิดเป็นส่วนมาก
การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรสาเหตุ	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรถูกต้องทั้งหมด	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนใหญ่
การใช้ตัวแปรสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (Causal Loop Diagram: CLD)	เขียนแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ครบถ้วนอย่างสมเหตุสมผล	เขียนแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ไม่ครบถ้วนอย่างไม่สมเหตุสมผล	เขียนแผนภาพวงจรสาเหตุโดยไม่ใช้ตัวแปรที่ระบุไว้เลย หรือใช้น้อยมาก

ภัทรพงษ์ สุขเกิด และคณะ (2564) กล่าวว่า พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงการคิดเชิงระบบเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยเขียนแสดงผ่านคำตอบใบกิจกรรมของนักเรียน โดยกำหนดระดับการให้คะแนนเป็น 3 ระดับโดยกำหนดระดับการให้คะแนนเป็น 3 ระดับ ซึ่ง 3 หมายถึง ปฏิบัติได้ดีเป็นประจำ ระดับดี 2 หมายถึง ปฏิบัติได้ดีบางครั้ง และระดับ 1 หมายถึง ปฏิบัติได้ดีบ้าง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด ดังปรากฏในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงการคิดเชิงระบบ (ภัทรพงษ์ สุขเกิด และคณะ, 2564)

พฤติกรรม/ร่องรอยที่ แสดงการคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	3	2	1
กำหนดประเด็นปัญหา	เขียนบอกปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล	เขียนบอกปัญหาที่เกิดขึ้นได้มากกว่าครึ่ง แต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล	เขียนบอกปัญหาที่เกิดขึ้นได้ แต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล
วิเคราะห์ปัจจัยย่อย	เขียนระบุปัจจัยย่อยของปัญหาได้อย่างถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล	เขียนระบุปัจจัยย่อยของปัญหาได้มากกว่าครึ่ง แต่บางปัจจัยผิด	เขียนระบุปัจจัยย่อยของปัญหาไม่ถูกต้อง และผิดเป็นส่วนมาก
หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยได้ถูกต้องทั้งหมด	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยผิดพลาดเป็นบางส่วน	เขียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อยผิดพลาดเป็นส่วนใหญ่
สังเคราะห์วงจรปัญหา	เขียนแผนภาพวงจรปัญหาและความสัมพันธ์กับปัจจัยย่อยได้ถูกต้องทั้งหมด	เขียนแผนภาพวงจรปัญหาและความสัมพันธ์กับปัจจัยย่อยผิดเป็นบางส่วน	เขียนแผนภาพวงจรปัญหาและความสัมพันธ์กับปัจจัยย่อยผิดเป็นส่วนใหญ่

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงการคิดเชิงระบบ เป็นพฤติกรรม/ร่องรอยที่นักเรียนเขียนแสดงคำตอบผ่านใบกิจกรรมของนักเรียน และเพื่อเป็นการอธิบายถึงพฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงถึงการคิดเชิงระบบของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงมีการเพิ่มเติมในประเด็นการพูดคุยกันของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีวิธีการคิดให้ได้มาซึ่งคำตอบในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบอย่างไร รวมถึงพิจารณาจากร่องรอยการเขียนแสดง

คำตอบในใบกิจกรรมของนักเรียน ตามองค์ประกอบการคิดเชิงระบบทั้ง 4 องค์ประกอบ เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการสอน ซึ่งแสดงรายละเอียดดังปรากฏในตารางที่ 23

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Nagarajan and Overton (2019) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยนักเรียนจะได้รับความรู้และข้อมูลใหม่ผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้เป็นกลุ่ม

Tan (2021) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเพื่อขับเคลื่อนและกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น โดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันและสำคัญกับการเรียน

ทิศนา ขัมมณี (2556) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยครูผู้สอนอาจนำนักเรียนไปเผชิญกับสถานการณ์ปัญหานั้นโดยตรง หรืออาจจัดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร และคณะ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นลักษณะการสอนที่ใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันและนักเรียนที่มีโอกาสได้พบเจอ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้และค้นคว้าจนพบคำตอบด้วยตนเอง โดยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและครูมีส่วนร่วมในกิจกรรมน้อยที่สุด

ประพนธ์ สุดตา (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนมาเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมน้อยที่สุด

กาญจนา ก้วสิทธิ์ และธนศ พงศ์ธีรรัตน์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการนำสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงและมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย มาเป็น

จุดตั้งต้นและสร้างแรงกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และอยู่บนพื้นฐานความต้องการของนักเรียนที่จะเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ปัญหานั้นให้เข้าใจอย่างชัดเจน

ยวงแก้ว สีพาชา (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้โดยอาศัยปัญหาเป็นหลักเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ในการแก้ปัญหา ซึ่งต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหานั้น ๆ โดยกระบวนการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

เนตรนพิธ คำอ่อนสา (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนตั้งสมมุติฐานถึงสาเหตุและกลไกของการเกิดปัญหานั้น และค้นคว้าความรู้ในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา เพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาต่อไป

วรรณละออ ดังสุข (2565) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้โดยการนำปัญหาหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีโอกาสพบได้ในชีวิตจริงมากระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยเน้นที่การกำหนดสิ่งที่จะเรียนรู้และกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ใหม่ เพื่ออธิบายปัญหาหรือสถานการณ์นั้น

นภาพร สายผัน และสุมาลี ชูกำแพง (2566) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนโดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาที่เรียน มากระตุ้นให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดขั้นสูง ทั้งยังได้ฝึกทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ และเกิดทักษะการทำงานร่วมกัน โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และสนับสนุนการเรียนรู้

ปัทมาวรรณ โสตก และสังธรรม พรทวีกุล (2566) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนฝึกการคิด การตัดสินใจ เพื่อหาคำตอบของปัญหานั้น

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่มีโอกาสพบได้ในชีวิตจริงของนักเรียนมากระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ โดยเน้นให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาสรุปเป็นความรู้ใหม่ผ่านการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม และนำความรู้นั้นมาอธิบายสาเหตุหรือกลไกของการเกิดปัญหา

2. ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Nagarajan and Overton (2019) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะเฉพาะที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ในการเรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกันภายในกลุ่มเล็ก ๆ โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก และเสนอปัญหาเพื่อสร้างความท้าทายและกระตุ้นความสนใจ โดยนักเรียนจะได้รับความรู้และข้อมูลใหม่ผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้เป็นกลุ่ม

Tan (2021) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วยลักษณะดังนี้

- 1) ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้
- 2) เป็นการเรียนรู้ด้วยตัวของนักเรียนเป็นหลัก โดยนักเรียนเป็นผู้สืบค้นข้อมูลและรวบรวมความรู้ จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย
- 3) เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้นักเรียนสร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันภายในกลุ่ม
- 4) เป็นการเรียนรู้ที่ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกในระหว่างการเรียนรู้
- 5) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย การสังเคราะห์และการบูรณาการของการเรียนรู้
- 6) เป็นการเรียนรู้ที่ต้องมีการประเมินผลและทบทวนประสบการณ์ของนักเรียน รวมถึงกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วยลักษณะสำคัญ ดังนี้

- 1) ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและเริ่มต้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
- 2) ปัญหาที่นำมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและสามารถพบเห็นได้ในชีวิตจริงของนักเรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง
- 3) นักเรียนเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-Directed Learning) ค้นหาและแสวงหาความรู้ และคำตอบด้วยตนเอง

4) นักเรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้และข้อมูลร่วมกัน เป็นการทำงานร่วมกันเป็นทีม ความรู้และคำตอบที่ได้มีความหลากหลาย ซึ่งองค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยนักเรียนมีการสังเคราะห์และตัดสินใจร่วมกัน

5) การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้ และบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ นักเรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด

6) ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาหลังจากผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น

7) การประเมินผลเป็นการประเมินผลจากสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงาน ความก้าวหน้าของนักเรียน

ทิสนา เขมมณี (2556) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

- 1) ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจและตามความต้องการของนักเรียน
- 2) ครูผู้สอนและนักเรียนออกไปเผชิญสถานการณ์ปัญหา หรือครูผู้สอนจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา
- 3) ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหา
- 4) นักเรียนมีการวางแผนในการแก้ปัญหาาร่วมกัน
- 5) ครูผู้สอนให้คำปรึกษา รวมถึงคำแนะนำ และช่วยอำนวยความสะดวกในการค้นหาแหล่งข้อมูล การศึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูล
- 6) ครูผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และพิจารณาเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม
- 7) นักเรียนศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
- 8) นักเรียนลงมือแก้ปัญหารวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และประเมินผล
- 9) ครูผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของนักเรียน และให้คำปรึกษา
- 10) ครูผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ทั้งด้านผลงานและกระบวนการ

ประพนธ์ สุดตา (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยปัญหาต้องเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่ม อีกทั้งยังเป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการทักษะกระบวนการต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบของปัญหานั้น โดยความรู้ที่นักเรียนได้รับจะเกิดขึ้นจากการค้นหาคำตอบของปัญหานั้น

กาญจนา กัวสิทธิ์ และธนศ พงศ์ธีรรัตน์ (2562) กล่าวว่า รูปแบบของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

- 1) ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้อย่างแท้จริง (student-centered learning)
- 2) ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ ให้มีจำนวนกลุ่มละประมาณ 5-8 คน
- 3) ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก หรือผู้ให้คำแนะนำในระหว่างการเรียนรู้
- 4) ใช้ปัญหาเพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
- 5) ปัญหาที่นำมาใช้ต้องมีลักษณะคลุมเครือไม่ชัดเจน มีวิธีแก้ไขปัญหได้อย่างหลากหลาย และอาจมีคำตอบได้หลายคำตอบ
- 6) นักเรียนเป็นผู้แก้ปัญหาโดยการแสวงหาข้อมูลใหม่ ๆ ด้วยตนเอง (self-directed learning)
- 7) การประเมินผลใช้การประเมินผลจากสถานการณ์จริง และความสามารถในการปฏิบัติของนักเรียนในขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ และพิจารณาจากผลงานที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

ยวงแก้ว สีพสา (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะต้องเริ่มต้นด้วยสถานการณ์ปัญหา เพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยปัญหาที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ต้องเป็นปัญหาที่พบเห็นได้จริง ซึ่งผู้เรียนจะต้องค้นคว้าหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้วยตัวเองหรือช่วยกันภายในกลุ่ม

เนตรนพิธ คำอ่อนสา (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาในชีวิตประจำวันของนักเรียนเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ และเป็นตัวกระตุ้นในการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาด้วยเหตุผล โดยเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหาความรู้และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยการทำงานเป็นกลุ่มและครูผู้สอนมีบทบาทน้อยที่สุด

วรรณละออ ดังสุข (2565) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ จำแนก แยกแยะ องค์ประกอบของปัญหาอย่างเป็นระบบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง รวมถึงเผชิญหน้ากับปัญหาหรือความขัดแย้ง เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกฝนการค้นคว้าหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูลมาประกอบในการตัดสินใจ การแก้ปัญหา และใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สืบค้นข้อมูลและรวบรวมความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหา รวมถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการเกิดปัญหานั้นอย่างเป็นระบบ

3. ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Tan (2021) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะ ดังนี้

- 1) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริง เป็นปัญหาที่ดูไม่มีโครงสร้าง และหากเป็นปัญหาจำลอง ควรเป็นปัญหาที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงและสามารถเป็นไปได้
- 2) เป็นปัญหาที่มีมุมมองในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
- 3) เป็นปัญหาที่ทำทลายความรู้ความสามารถของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนระบุนความต้องการในการเรียนรู้และขอบเขตของการเรียนรู้ใหม่ ๆ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น สิ่งสำคัญที่สุดคือปัญหาหรือสถานการณ์ ที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะสำคัญของปัญหามีดังนี้

- 1) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและเกิดจากประสบการณ์ของนักเรียน หรือนักเรียนอาจมีโอกาสเผชิญกับปัญหานั้น

- 2) เป็นปัญหาที่พบบ่อย มีความสำคัญ มีข้อมูลประกอบเพียงพอสำหรับการค้นคว้า
 - 3) เป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบชัดเจนตายตัว มีความซับซ้อน คลุมเครือ หรือทำให้นักเรียนเกิดความสงสัย
 - 4) เป็นปัญหาที่เป็นประเด็นขัดแย้ง และเป็นข้อถกเถียงในสังคมยังไม่มีข้อยุติ
 - 5) เป็นปัญหาที่อยู่ในความสนใจ เป็นสิ่งที่อยากรู้ แต่ยังไม่รู้
 - 6) เป็นปัญหาที่สร้างความเดือดร้อน เสียหาย เกิดโทษภัยและเป็นสิ่งที่ไม่ดี หากใช้ข้อมูลโดยลำพังคนเดียวอาจทำให้ตอบปัญหาผิดพลาด
 - 7) เป็นปัญหาที่มีการยอมรับว่าจริง ถูกต้อง แต่นักเรียนไม่เชื่อว่าจริง ไม่สอดคล้องกับความคิดของนักเรียน
 - 8) เป็นปัญหาที่อาจมีคำตอบหรือแนวทางในการแสวงหาคำตอบได้หลายทาง ครอบคลุมการเรียนรู้ที่กว้างขวางหลากหลายเนื้อหา
 - 9) เป็นปัญหาที่มีความยากความง่ายที่เหมาะสมกับพื้นฐานของนักเรียน
 - 10) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องการการสำรวจค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูลหรือทดลองดูก่อน จึงจะได้มาซึ่งคำตอบ ไม่สามารถคาดเดาหรือทำนายได้ง่ายๆ
 - 11) เป็นปัญหาที่ส่งเสริมความรู้ด้านเนื้อหาทักษะ และสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษา
- วรรณละออ ดังสุข (2565) กล่าวว่า ลักษณะของปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะ ดังนี้
- 1) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน
 - 2) เป็นปัญหาที่นักเรียนเกิดความสงสัยหรือให้ความสนใจ และต้องการที่จะหาคำตอบ
 - 3) เป็นปัญหาที่มีคำตอบไม่ตายตัว โดยสามารถหาคำตอบได้หลายวิธี
 - 4) เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ในการหาคำตอบของปัญหานั้น
 - 5) ปัญหาที่มีความเหมาะสมกับพื้นฐานของตัวนักเรียน

6) เป็นปัญหาที่นักเรียนสามารถหาคำตอบได้โดยใช้กระบวนการกลุ่ม

จากการศึกษาลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีลักษณะ ดังนี้

- 1) เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนและเกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน
- 2) เป็นปัญหาที่มีคำตอบไม่ตายตัวและมีมุมมองในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
- 3) เป็นปัญหาที่มีความท้าทายและเหมาะสมกับพื้นฐานความสามารถของนักเรียน
- 4) เป็นปัญหาที่กระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดความสงสัยและต้องการหาคำตอบ
- 5) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน คลุมเครือ ไม่สามารถคาดเดาหรือหาคำตอบได้ทันที ต้องอาศัยการสำรวจค้นคว้าและการรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหานั้น

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Amaral et al. (2021) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนเสนอสถานการณ์ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยครูจะคอยตั้งคำถามให้นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-direct learning) เป็นขั้นที่นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ร่วมกันระดมสมอง และแลกเปลี่ยนความคิด เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่ครูผู้สอนกำหนด โดยการร่วมกันสร้างผลงานภายในกลุ่มของตนเอง

ขั้นที่ 3 การรายงาน (Reporting) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย และนำเสนอสิ่งที่ค้นพบเกี่ยวกับข้อมูลเชิงลึกที่ได้จากการทำความเข้าใจปัญหา ผ่านการนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยครูผู้สอนคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอ

Tan (2021) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 พบกับปัญหา (Meeting the Problem) เป็นขั้นที่ใช้สถานการณ์จำลองของปัญหา เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสนับสนุน และขยายบริบทที่สมจริงที่นักเรียนอาจเผชิญในอนาคต เพื่อให้นักเรียนระดมความคิดและระบุถึงประเด็นที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดประเด็นการเรียนรู้ (Problem analysis and learning issues) เป็นขั้นที่ความรู้เดิมของนักเรียนถูกกระตุ้น เพื่อให้เกิดการสร้างแนวคิดที่ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม ซึ่งนักเรียนต้องเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการค้นหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

ขั้นที่ 3 การค้นพบและการรายงาน (Discovery and reporting) เป็นขั้นที่นักเรียนรายงานการค้นพบการเรียนรู้กับกลุ่มของตนเอง เพื่อร่วมกันแบ่งปันข้อมูลใหม่ที่แต่ละคนค้นพบ โดยมีครูช่วยตรวจสอบเกี่ยวกับประเด็นสำคัญที่นักเรียนอาจมองข้าม รวมถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่นักเรียนได้รับ

ขั้นที่ 4 การนำเสนอวิธีแก้ปัญหาและการสะท้อนกลับ (Solution presentation and reflection) เป็นขั้นที่นักเรียนนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา โดยครูช่วยแนะนำเพื่อให้นักเรียนแก้ไขในส่วนที่ยังเข้าใจคลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 5 การบูรณาการและการประเมินผล (Integration and evaluation) เป็นขั้นที่นักเรียนสะท้อนความรู้ใหม่ที่ได้เรียนรู้จากปัญหา โดยครูช่วยสรุปและบูรณาหลักการและแนวคิดหลักที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นๆ

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 6 ขั้น โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่ปัญหาที่นักเรียนอยากรู้อยากเรียน และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการศึกษา ค้นคว้าทำความเข้าใจอภิปรายปัญหายภายในกลุ่ม ระดมสมองคิดวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการหาคำตอบ โดยครูคอยช่วยเหลือและกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายภายในกลุ่ม ให้นักเรียนเข้าใจวิเคราะห์ปัญหาจากแหล่งข้อมูล

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียนรู้ และดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้ค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผล และสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ และทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย โดยนักเรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

วรรณละออ ดังสุข (2565) กล่าวว่า ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้น โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่ม เป็นขั้นที่นักเรียนแบ่งกลุ่มและกำหนดบทบาทของสมาชิกภายในกลุ่ม โดยครูเป็นผู้นำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจร่วมกันภายในกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่สมาชิกในกลุ่มใช้ความรู้และประสบการณ์พูดคุยโต้แย้งร่วมกันว่าอะไรคือสิ่งที่รู้ อะไรคือสิ่งที่ไม่รู้ จากสถานการณ์ปัญหา และร่วมกันระดมความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นที่ 3 ระดมสมอง เป็นขั้นที่นักเรียนอ่านบทวนสถานการณ์อีกครั้ง และร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปประเด็นปัญหาให้ชัดเจนและตรงกับความเข้าใจของกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 4 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มรวบรวมความรู้ตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และนำข้อมูลที่รวบรวมมารายงานพร้อมกันสรุปประเด็นสำคัญ และบันทึกรายละเอียดลงในใบกิจกรรม และนำมาสร้างแผนภาพรวมของปัญหาทั้งหมด

ขั้นที่ 5 รายงานผล เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน โดยครูและนักเรียนร่วมอภิปรายเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา รวมถึงนักเรียนสามารถกำหนดคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาได้

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานข้างต้น ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ตามแนวคิดของ Amaral et al. (2021) เนื่องจากเป็นแนวคิดที่เน้นให้นักเรียนใช้เวลาการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก และผู้วิจัยมีการปรับให้มีความเหมาะสมกับเวลาในการจัดการเรียนรู้ บริบทของเนื้อหาวิชา รวมถึงบริบทของนักเรียน และในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจะคอยตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์รวมถึงตรวจสอบความเข้าใจที่ชัดเจน และเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) หมายถึง ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยและนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-direct learning) หมายถึง นักเรียนร่วมกันระดมสมองภายในกลุ่มของตนเอง และร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าหาความรู้ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมา

ขั้นที่ 3 การรายงาน (Reporting) หมายถึง นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน โดยครูอำนวยความสะดวกในการนำเสนอและคอยตรวจสอบความถูกต้อง และเมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ได้มาซึ่งคำตอบภายในกลุ่มของตนเอง และนักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาจากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ และการเฉลยใบกิจกรรมร่วมกับครู

5. ประโยชน์ของสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Nagarajan and Overton (2019) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้นักเรียนสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตลอดจนสามารถระบุถึงปัญหาและแนวทางการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริงในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบหลายอย่างของวิธีการคิดเชิงระบบ รวมถึงช่วยให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้

Amaral et al. (2021) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงความซับซ้อนของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ดียิ่งขึ้น และยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงของตนเอง และเพิ่มแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

Deniş-Çeliker and Dere (2022) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้โดยใช้พื้นฐานความรู้ของตนเอง และพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงที่จำเป็นในปัจจุบัน

จากการศึกษาประโยชน์ของสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบแนวทางในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อน ตลอดจนช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ช่วยให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน

6. ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ประพนธ์ สุดตา (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมให้เกิดการตัดสินใจแบบองค์รวม พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา การติดต่อสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่น การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง การคิดวิเคราะห์และการสังเคราะห์ที่ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

กาญจนา ก้าวสิทธิ์ และธเนศ พงศ์ธีรรัตน์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทำให้นักเรียนมีทักษะในการตั้งสมมติฐานและการให้เหตุผลดีขึ้น สามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ครูผู้สอนนำเสนอ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการทำงานเป็นกลุ่มและสื่อสารกับผู้อื่นได้ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพ ความคงอยู่ของความรู้มากกว่าการเรียนรู้แบบบรรยาย และยังสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ให้นักเรียนอยากเรียนรู้มากขึ้น

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร และคณะ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สนับสนุนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และส่งเสริมให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของสิ่งที่เรียน ตลอดจนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้และสามารถจดจำได้ดีขึ้น อีกทั้งช่วยสนับสนุนให้นักเรียนมีการทำงานเป็นทีม เพื่อเสริมสร้างทักษะการสื่อสาร การแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดอย่างมีเหตุผล และการหาข้อสรุปเมื่อมีความขัดแย้ง

จากการศึกษาข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า ข้อดีของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการตัดสินใจแบบองค์รวม ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ รวมถึงเกิดการพัฒนาศักยภาพการทำงานร่วมกับผู้อื่น เกิดทักษะการตั้งสมมติฐานและการให้เหตุผลที่ดีขึ้น ตลอดจนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดอย่างมีเหตุผล

7. ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ประพนธ์ สุตตา (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนที่ใช้เวลานาน และครูต้องมีความชำนาญในการสอนแบบนี้ อีกทั้งต้องลดบทบาทของตนเองในชั้นเรียนลง และต้องมีการจัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้หรือสื่อต่างๆ ที่หลากหลาย

กาญจนา ก้าวสิทธิ์ และธเนศ พงศ์ธีรตัน (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ยังเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันเกี่ยวกับความกังวลว่านักเรียนจะมีความรู้ที่น้อยลง ความรู้ที่ได้รับจะไม่เป็นระบบ ความถูกต้องของเนื้อหาหรือข้อมูลที่นักเรียนไปค้นคว้าศึกษามาจะไม่ถูกต้อง ตลอดจนครูต้องมีทักษะที่หลากหลายมากกว่าการสอนแบบบรรยาย ในส่วนของนักเรียนยังมีความกังวลเกี่ยวกับความถูกต้องของเนื้อหา โดยไม่มั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองไปเรียนรู้มาถูกต้องหรือไม่ และขอบเขตของการเรียนรู้ต้องเรียนรู้มากน้อยเพียงไร นอกจากนี้อาจยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับงบประมาณหรือสิ่งสนับสนุนที่ใช้

จากการศึกษาข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุปได้ว่า ข้อจำกัดของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นวิธีการสอนที่ใช้เวลานาน และใช้งบประมาณในการจัดการเรียนการสอนที่สูง และหากครูไม่มีความชำนาญในการสอนแบบนี้ อาจทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียนลดลง

8. บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550) กล่าวว่า ครูมีบทบาทโดยตรงต่อการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น ลักษณะของครูที่เอื้อต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รวมถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ควรมีลักษณะดังนี้

บทบาทของครู

- 1) ครูต้องมุ่งมั่น ตั้งใจสูงรู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอยู่เสมอ

2) ครูต้องรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล เข้าใจศักยภาพของนักเรียน เพื่อสามารถให้คำแนะนำ และคอยช่วยเหลือนักเรียนได้ตลอดเวลา

3) ครูต้องเข้าใจขั้นตอนของแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้ทุก ขั้นตอน เพื่อจะได้แนะนำและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนได้ถูกต้อง

4) ครูต้องมีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผลการพัฒนา ของนักเรียน

5) ครูต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวกด้วยการจัดหา สนับสนุนสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ให้ เหมาะสมเพียงพอ จัดเตรียมแหล่งเรียนรู้ จัดเตรียมห้องสมุด อินเทอร์เน็ต ฯลฯ

6) ครูต้องมีจิตวิทยาในการสร้างแรงจูงใจแก่นักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวใน การเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

7) ครูสอนต้องชี้แจงและปรับทัศนคติของนักเรียนให้เข้าใจ และเห็นถึงคุณค่าของการเรียนรู้ แบบนี้

8) ครูต้องมีความรู้ ความสามารถด้านการวัด และประเมินผลนักเรียนตามสภาพจริง ให้ครบ ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้

บทบาทของนักเรียน

1) นักเรียนต้องปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง

2) นักเรียนต้องมีคุณลักษณะด้านการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความรับผิดชอบสูง รู้จักการทำงาน ร่วมกันอย่างมีระบบ

3) นักเรียนต้องได้รับการวางพื้นฐาน และฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการ เรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

4) นักเรียนต้องมีทักษะการสื่อสารที่ดีพอ

ประสาธ เนืองเฉลิม (2566) กล่าวว่า บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ควรมีลักษณะดังนี้

บทบาทของครู

ครูคือผู้ที่มีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อการออกแบบและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน รวมไปถึงการประเมินผลการเรียนรู้ที่นำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการศึกษา ดังนั้นครูจึงควรมีลักษณะดังนี้

- 1) มุ่งมั่นและรู้จักแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง
- 2) รู้จักนักเรียนและเข้าใจศักยภาพของนักเรียนเป็นรายบุคคล
- 3) เข้าใจขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างถ่องแท้
- 4) มีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผลการพัฒนาของนักเรียน
- 5) อำนวยความสะดวกในการจัดหาและสนับสนุนสื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสมและเพียงพอ
- 6) มีจิตใจสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา
- 7) ปรับทัศนคติของนักเรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
- 8) มีความรู้ ความสามารถด้านการวัดประเมินผลตามสภาพจริง

บทบาทของนักเรียน

นักเรียนต้องเป็นผู้รู้จักการเรียนรู้นำตนเองและสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านปัญหาที่เป็นตัวกระตุ้นสำคัญให้เกิดความงอกงามทางปัญญา ดังนั้นนักเรียนควรมีลักษณะดังนี้

- 1) ปรับทัศนคติต่อบทบาทและหน้าที่ในการเรียนรู้ของตนเอง
- 2) ต้องพัฒนาพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้
- 3) มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม
- 4) พัฒนาทักษะการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถสรุป บทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ได้ดังนี้

บทบาทของครู

- 
- 1) มีความมุ่งมั่นในการแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างสม่ำเสมอ
 - 2) ต้องรู้จักนักเรียนเป็นรายบุคคล และเข้าใจศักยภาพของนักเรียน เพื่อให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือนักเรียน
 - 3) มีความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างถ่องแท้
 - 4) มีทักษะและศักยภาพสูงในการจัดการเรียนรู้ และติดตามประเมินผลการพัฒนาของนักเรียน
 - 5) อำนวยความสะดวกในการจัดหาและสนับสนุนสื่อ/อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้ให้เหมาะสมและเพียงพอ
 - 6) มีจิตวิทยาในการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการตื่นตัวที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา
 - 7) ปรับทัศนคติของนักเรียนให้เข้าใจและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 8) มีความรู้ ความสามารถด้านการวัด และประเมินผลนักเรียนตามสภาพจริง ให้ครบทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้
- บทบาทของนักเรียน
- 1) ต้องปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของตนเอง
 - 2) ต้องพัฒนาพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้
 - 3) มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม และรู้จักการทำงานร่วมกันอย่างมีระบบ
 - 4) พัฒนาทักษะการสื่อสารให้มีประสิทธิภาพ

9. การประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Deliste (1997) กล่าวว่า การประเมินผลการเรียนรู้จะต้องบูรณาการตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างปัญหา ขั้นตอนการเรียนรู้ รวมถึงความสามารถและผลงานที่นักเรียนแสดงออกมาเข้าด้วยกัน โดยได้เสนอการประเมินไว้ 3 ส่วน ได้แก่ การประเมินผลของนักเรียน การประเมินผลตนเองของครู และการประเมินผลปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งทุกส่วนของการประเมินนักเรียนจะมีส่วนร่วมด้วย และการประเมินผลจะดำเนินไปตลอดระยะเวลาของการเรียนรู้ โดยการประเมินในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. การประเมินผลของนักเรียน โดยการประเมินผลความสามารถนักเรียนจะเริ่มตั้งแต่วันแรกของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จนกระทั่งวันสุดท้ายที่ได้เสนอผลงานออกมา ซึ่งครูจะใช้ขั้นตอนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือในการติดตามความสามารถของนักเรียน โดยพิจารณาทั้งในด้านความรู้ ทักษะและการทำงานภายในกลุ่ม และนักเรียนยังมีบทบาทในการประเมินตนเอง เพื่อประเมินความสามารถของตนเองที่มีต่อการทำงานภายในกลุ่ม

2. การประเมินผลตนเองของครู โดยเป็นการประเมินตนเองของครูผู้สอนในขณะที่นักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้และความสามารถออกมา เพื่อพิจารณาตนเองถึงทักษะและบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งการประเมินตนเองของครูมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่เขียนบรรยาย และรูปแบบที่เลือกระดับความสามารถ เช่น ดีมาก ดี พอใช้

3. การประเมินผลปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ โดยเป็นการประเมินในขณะที่นักเรียนประเมินผลตนเอง และครูประเมินผลนักเรียนและประเมินผลตนเอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปัญหาในการจัดการเรียนการสอน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554) กล่าวว่า การประเมินสมรรถภาพผู้เรียน จากเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานควรดำเนินการ ดังนี้

1. การประเมินความรู้ เป็นการประเมินความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เป็นพื้นฐาน ในการประกอบอาชีพ ซึ่งได้จากการศึกษาค้นคว้า และการขึ้นำการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน ประเมินจากการให้นักเรียนตอบคำถาม เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2. การประเมินสมรรถภาพในการใช้กระบวนการค้นคว้าหาความรู้ เป็นการประเมินความสามารถในการค้นคว้าด้วยตนเองของนักเรียน โดยวิธีการประเมินทำได้ทั้งการให้ผู้เรียนประเมินตนเอง หรือให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการเรียนของผู้เรียนร่วมประเมินด้วย

3. การประเมินสมรรถภาพในการขึ้นำด้วยตนเอง เป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยยอมรับตนเองและประเมินตามความเป็นจริง

4. การประเมินสมรรถภาพในการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการประเมินความสามารถของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมภายในกลุ่ม โดยเป็นการเรียนรู้ภายในกลุ่มไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งสมาชิกจะช่วยกันทำงานและค้นคว้าหาความรู้

จากการศึกษาการประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า การประเมินผลการเรียนรู้นั้นจะดำเนินไปตลอดระยะเวลาของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งทั้งครูผู้สอนและนักเรียนล้วนมีบทบาทสำคัญในการประเมิน โดยครูผู้สอนสามารถประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากการตอบคำถาม การทำกิจกรรมภายในกลุ่มรวมทั้งผลงานของนักเรียน และผู้สอนต้องมีการประเมินตนเอง เพื่อพิจารณาตนเองถึงทักษะและบทบาทในการส่งเสริมการเรียนรู้ ของนักเรียนได้หรือไม่อย่างไร และนักเรียนสามารถประเมินตนเอง เพื่อประเมินผลการเรียนและความสามารถที่มีต่อการทำงานภายในกลุ่มของตนเอง

แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal Maps)

1. ความหมายของแผนผังเชิงสาเหตุ

Cox et al. (2018) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนภาพเชิงสาเหตุ (causal diagrams) หรือแผนภาพวงจรสาเหตุ (causal loop diagrams)

Cox et al. (2019) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนผังที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในระบบด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยง และแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยความสัมพันธ์เป็นบวก (+) เมื่อการเพิ่มขึ้นของตัวแปร A ส่งผลให้ตัวแปร B เพิ่มขึ้น หรือการลดลงของตัวแปร A ส่งผลให้ตัวแปร B ลดลง และความสัมพันธ์เป็นลบ (-) เมื่อการเพิ่มขึ้นของตัวแปร A ส่งผลให้ตัวแปร B ลดลง หรือการลดลงของตัวแปร A นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของตัวแปร B

Institute of Play (2020) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลายประการในระบบ โดยแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยความสัมพันธ์จะเป็นบวก (+) เมื่อตัวแปรทั้งสองเพิ่มขึ้นหรือลดลงพร้อมกัน หรือความสัมพันธ์จะเป็นลบ (-) เมื่อตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรลดลงหรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น

Ke et al. (2020) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนผังที่เป็นเครื่องมือสำหรับการคิดเชิงระบบ

Hanisch and Eirdosh (2021) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนภาพเชิงสาเหตุ (causal diagrams) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับทำความเข้าใจความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ โดยมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมโยงเหตุและผล

Sabel et al. (2023) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง เครื่องมือในการให้เหตุผลและประเมินความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมของระบบ ด้วยการเขียนเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ซึ่งความสัมพันธ์เป็นบวก (+) เมื่อระหว่างตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หรือความสัมพันธ์เป็นลบ (-) เมื่อระหว่างตัวแปรนั้นมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน แทนการเขียนคำเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิด

จากการศึกษาความหมายของแผนที่เชิงสาเหตุ สามารถสรุปได้ว่า แผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง แผนผังที่ใช้แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรภายในระบบ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผลในรูปของแผนผังวงจรสาเหตุ โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจะถูกแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกันจะแทนด้วยเครื่องหมายบวก (+) หรือหากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกันจะแทนด้วยเครื่องหมายลบ (-)

2. ความสำคัญของแผนผังเชิงสาเหตุ

Cox et al. (2018) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุถูกใช้เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ เช่นเดียวกับการแสดงภาพและจัดโครงสร้างข้อมูล และยังมีศักยภาพในการช่วยให้บุคคลจัดระเบียบข้อมูลด้วยสายตา ซึ่งส่งเสริมกระบวนการรับรู้ขั้นสูง

Ke et al. (2020) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุช่วยให้นักเรียนทำงานผ่านความซับซ้อนของระบบปัญหา โดยการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างองค์ประกอบของระบบที่ฝังปัญหาไว้ เพื่อให้นักเรียนพิจารณาว่าวิธีแก้ปัญหานั้นจะส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมอย่างไร โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ และใช้แผนผังเชิงสาเหตุเพื่อช่วยคิดผ่านผลลัพธ์ของแนวทางแก้ไขนั้น

Hanisch and Eirdosh (2021) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุสามารถช่วยให้นักเรียนและครูมองเห็นและแสดงถึงความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ซึ่งความแตกต่างนี้ยังช่วยให้เห็นภาพแนวคิดที่สำคัญทางชีววิทยา

Sabel et al. (2023) กล่าวว่า แผนผังเชิงสาเหตุมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ เนื่องจากนักเรียนจะต้องพิจารณาว่าแต่ละองค์ประกอบนั้นเชื่อมโยงเชิงสาเหตุกับปรากฏการณ์อย่างไร

จากการศึกษาความสำคัญของแผนผังเชิงสาเหตุ สามารถสรุปได้ว่า แผนผังเชิงสาเหตุเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยมีศักยภาพในการช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนของระบบปัญหา ด้วยการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างองค์ประกอบของระบบที่ฝังปัญหาไว้ เพื่อให้นักเรียนเห็นถึงแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ ตลอดจนช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ

3. ขั้นตอนการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ

Institute of Play (2020) กล่าวว่า การเขียนแผนผังเชิงสาเหตุประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ระบุปัญหา
- 2) ระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ระบุไว้ เช่น ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ ตัวแปร A ตัวแปร B ตัวแปร C และตัวแปร D
- 3) พิจารณาว่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ระบุไว้มีความสัมพันธ์เป็นเหตุเป็นผลกันอย่างไร ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงในลักษณะของคู่ตัวแปรเหตุและตัวแปรผล จากนั้นแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าวด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยเครื่องหมายบวก (+) หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก หรือเครื่องหมายลบ (-) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ ซึ่งแต่ละความสัมพันธ์มีรายละเอียด ดังนี้
 1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง
 2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น

ซึ่งหากพิจารณาแล้วว่าตัวแปร A ตัวแปร B ตัวแปร C และตัวแปร D มีความสัมพันธ์เป็นเหตุเป็นผลกัน ให้ทำการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวผล และระบุความสัมพันธ์ระหว่างคู่ของตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ตัวอย่างเช่น

ตัวแปร A $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B หมายถึง ตัวแปร A ส่งผลให้เกิดตัวแปร B โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หากตัวแปร A เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวแปร B เพิ่มขึ้นด้วย หรือตัวแปร A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลงด้วยเช่นกัน

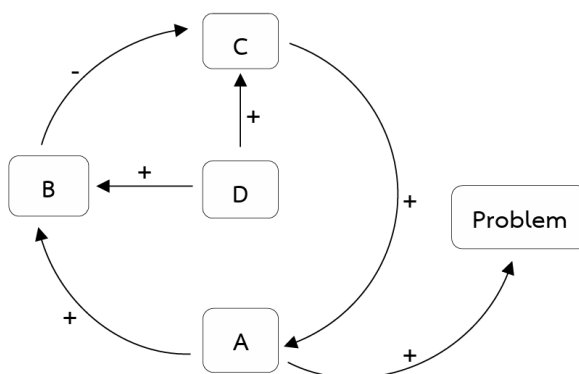
ตัวแปร B $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร C หมายถึง ตัวแปร B ส่งผลให้เกิดตัวแปร C โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงข้ามกัน หากตัวแปร B เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวแปร C ลดลง หรือตัวแปร B ลดลง ส่งผลให้ตัวแปร C เพิ่มขึ้น

ตัวแปร C $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร A หมายถึง ตัวแปร C ส่งผลให้เกิดตัวแปร A โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หากตัวแปร C เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวแปร A เพิ่มขึ้นด้วย หรือตัวแปร C ลดลง ส่งผลให้ A ลดลงด้วยเช่นกัน

ตัวแปร D $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B หมายถึง ตัวแปร D ส่งผลให้เกิดตัวแปร B โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หากตัวแปร D เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวแปร B เพิ่มขึ้นด้วย หรือตัวแปร D ลดลง ส่งผลให้ B ลดลงด้วยเช่นกัน

ตัวแปร D $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร C หมายถึง ตัวแปร D ส่งผลให้เกิด ตัวแปร C โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หากตัวแปร D เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ตัวแปร C เพิ่มขึ้นด้วย หรือตัวแปร D ลดลง ส่งผลให้ C ลดลงด้วยเช่นกัน

4) นำแต่ละคู่ของตัวแปรเหตุและตัวแปรผลที่ระบุความสัมพันธ์แล้ว มาเขียนเชื่อมโยงให้เกิดเป็นแผนผังเชิงสาเหตุในรูปแบบของวงจรปัญหา และหากนักเรียนพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นให้ทำสัญลักษณ์ไว้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะพบรากเหง้าของปัญหา ตัวอย่าง เช่น ภาพ 2.1 ตัวแปร A ส่งผลให้เกิดปัญหา (problem) โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน หากตัวแปร A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกิดปัญหาเพิ่มขึ้น หรือหากตัวแปร A จะส่งผลให้เกิดปัญหาลดลงด้วย



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนผังเชิงสาเหตุของ (Institute of Play, 2020)

ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) กล่าวว่า วิธีการเขียนแผนภาพวงจรเหตุและผล (Causal Loop Diagram: CLD) ดังนี้

- 1) ระบุประเด็นปัญหา
- 2) ระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา
- 3) นำตัวแปรต่างๆ มาระบุความสัมพันธ์ในรูปแบบของเหตุและผล โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมี 2 ชนิดดังนี้

1. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทิศทางเดียวกัน ให้เขียนหัวลูกศรชี้จากเหตุไปยังผลและใช้สัญลักษณ์ + หรือ S (same หรือ similar)



2. ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน ให้เขียนหัวลูกศรชี้จากเหตุไปยังผลและใช้สัญลักษณ์ - หรือ O (opposite)



- 4) นำตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์แล้วมาสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยเมื่อเขียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจนได้วงจรเหตุและผล (loop) แล้วทำการระบุชนิดของวงจรรอบเหตุและผลที่ได้ ดังนี้

1. หากลูกศรทั้งหมดเป็น + หรือมีจำนวนของลูกศรที่เป็น - เป็นเลขคู่ จะเป็นวงจรเหตุและผลชนิดวงจรเสริมแรง (reinforcing loop)

2. หากมีจำนวนของลูกศรที่เป็น - เป็นเลขคี่ (ไม่ต้องพิจารณาจำนวนของลูกศร +) จะเป็นวงจรเหตุและผลชนิดวงจรสมดุล (balancing loop)

จากการศึกษาขั้นตอนการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ สามารถสรุปได้ว่า การเขียนแผนผังเชิงสาเหตุเริ่มต้นด้วยการระบุปัญหา แล้วระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องปัญหา จากนั้นระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผล แล้วระบุความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนลูกศรที่เชื่อมโยง และนำแต่ละคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงให้เกิดเป็นแผนผังเชิงสาเหตุในรูปแบบของวงจรปัญหา ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยปรับตามแนวคิดของ Institute of Play (2020) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) ระบุปัญหา

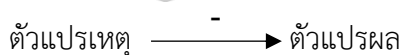
2) ระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

3) พิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) โดยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมี 2 แบบ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (เครื่องหมายบวก +) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง



2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (เครื่องหมายลบ -) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น



4) นำตัวแปรแต่ละคู่ที่ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้น ให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และให้นักเรียนทำความเข้าใจถึงสาเหตุหรือกลไกของการเกิดปัญหา ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis) หมายถึง ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยและนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน

ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-direct learning) หมายถึง ครูอธิบายวิธีการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองและสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา จากประเด็นปัญหาที่ระบุในขั้นที่ 1 ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุแล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าหาความรู้ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมาใช้ในการเขียนเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ

ขั้นที่ 3 การรายงาน (Reporting) หมายถึง นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียน โดยครูอำนวยความสะดวกในการนำเสนอและคอยตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ ในแผนผังเชิงสาเหตุที่นักเรียนนำเสนอ และเมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ได้มาซึ่งคำตอบภายในกลุ่มของตนเอง และนักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหา จากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้และการเฉลยใบกิจกรรมร่วมกับครู

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุข้างต้น สามารถสรุปบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ แผนผังเชิงสาเหตุ	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นที่ 1 ขั้นการวิเคราะห์ปัญหา	ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยและนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น และบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน	- แบ่งกลุ่มนักเรียน - นำเสนอสถานการณ์ปัญหาดังคำถามเพื่อตรวจสอบความชัดเจนในการระบุปัญหา เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนระบุประเด็นปัญหาที่ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียน	- ร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ - นำข้อมูลมาประกอบในการตัดสินใจระบุประเด็นปัญหาให้ชัดเจนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่จะเรียนแล้วบันทึกประเด็นปัญหานั้นลงในใบกิจกรรมของตนเอง

ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง	ครูอธิบายวิธีการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมอง และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา จากประเด็นปัญหาที่ระบุในขั้นที่ 1 ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง โดยครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าความรู้ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการเขียนเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ	- อธิบายวิธีการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ - ให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมในการค้นคว้าความรู้ - ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมาใช้ในการเขียนเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ	- ร่วมกันระดมสมอง และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา - เขียนแผนผังเชิงสาเหตุ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมของตนเอง

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ขั้นตอนของการเรียนรู้โดย ใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ แผนผังเชิงสาเหตุ	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ขั้นที่ 3 ขั้นการรายงาน	นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมา นำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้น เรียน โดยครูอำนวยความสะดวกในการ นำเสนอและคอยตรวจสอบความถูกต้อง ของการเชื่อมโยงของตัวแปรต่าง ๆ ใน แผนผังเชิงสาเหตุที่นักเรียนนำเสนอ และ เมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความ คิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ได้มาซึ่ง คำตอบภายในกลุ่มของตนเอง และนักเรียน ตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหาจากการ สรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ และการเฉลยใบ กิจกรรมร่วมกับครู	- อำนวยความสะดวกในการ นำเสนอของนักเรียน - ตรวจสอบความถูกต้องของการ เชื่อมโยงตัวแปรต่าง ๆ ในแผนผัง เชิงสาเหตุที่นักเรียนนำเสนอ - ตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดง ความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการ คิดที่ได้มาซึ่งคำตอบ - สรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้และ เฉลยใบกิจกรรมร่วมกับนักเรียน จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดไว้ ในขั้นที่ 1	- แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมา นำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้าง ขึ้นหน้าชั้นเรียน - แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ กระบวนการคิดที่ได้มาซึ่ง คำตอบภายในกลุ่มของตนเอง - ร่วมสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ และเฉลยใบกิจกรรมกับครู และ แก้ไขแผนผังเชิงสาเหตุในใบ กิจกรรมของตนให้ถูกต้อง

วิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. ความหมายของวิจัยปฏิบัติการ

Lewin (1946) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ เป็นการวิจัยที่ใช้กระบวนการศึกษาในลักษณะกลุ่มร่วมกันทำงานและตัดสินใจ เพื่อมุ่งมั่นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น มี 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกต (Observe)

Kemmis and McTaggart (1988) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิค แต่แตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (Planning) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observing) และการสะท้อนกลับ (Reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการพัฒนาและปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

บุญชม ศรีสะอาด (2543) กล่าวว่า วิจัยปฏิบัติการ เป็นการศึกษาค้นคว้าเพื่อที่จะแก้ไขปัญหาที่พบในขณะที่ปฏิบัติงานของตน เป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะจุด โดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ และเป็นการวิจัยที่ไม่มีความซับซ้อนเหมือนกับงานวิจัยประยุกต์

ประสาธน์ เนืองเฉลิม (2561) กล่าวว่า วิจัยปฏิบัติการ เป็นการดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือ และเป็นระบบในการแสวงหาคำตอบในสถานการณ์หรือบริบทในชั้นเรียน

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของวิจัยปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า วิจัยปฏิบัติการ (Action Research) หมายถึง งานวิจัยที่มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่ปฏิบัติงาน จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนา และปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

2. ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ

กระบวนการขั้นตอนในการดำเนินการทำวิจัยปฏิบัติการมีอยู่อย่างแพร่หลาย โดยมีนักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิจัยปฏิบัติการ ดังนี้

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

1. กำหนดแนวคิด (Idea) การหาแนวคิดอาจมาจากความต้องการที่จะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงาน โดยพิจารณาส่วนที่ต้องการที่จะแก้ไข หว่าสิ่งใดเป็นสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง ซึ่งอาจจะได้มาจากการสำรวจเบื้องต้น และผลที่ได้จากการสำรวจจะนำไปวางแผนการจัดการเพื่อที่จะทำการแก้ไขต่อไป

2. การวางแผนทั่วไป (General plan) กลุ่มผู้วิจัยทำการกำหนดจุดเริ่มต้นที่จะทำการเปลี่ยนแปลง แล้วจะใช้วิธีใดในการแก้ไขปรับปรุงซึ่งจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ และต้องเป็นที่สนใจร่วมกัน

3. กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติ (Action steps) เป็นขั้นตอนที่กลุ่มผู้วิจัยจะต้องวิเคราะห์และกำหนดแผนออกเป็นย่อย ๆ ก่อน ซึ่งจะต้องดูจากผลที่คาดว่าจะได้รับก่อนที่จะลงมือทำ แล้ววางแผนตามผลที่จะเกิดขึ้นตามมา จากการประเมินว่าวิธีดังกล่าวจะสามารถปฏิบัติได้จริงมากน้อยเพียงใด แล้วจะต้องมีการสะท้อนผลอย่างชัดเจน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนในครั้งต่อไป

Kemmis and Mc Taggart (1988) ได้เสนอขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ มีขั้นตอนปฏิบัติ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การพัฒนาแผนการปฏิบัติงานเพื่อที่จะปรับปรุงสิ่งที่เป็นปัญหา (Plan) เป็นขั้นที่มีการวางแผน มีกรอบแนวทางในการดำเนินงานที่ชัดเจน แต่ยังมีคามยืดหยุ่น เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งอาจจะส่งผลต่อแผนงานที่กำหนดไว้

2. การปฏิบัติตามแผน (Act) เป็นการดำเนินงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้อย่างรอบคอบ

3. การสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe) เป็นการบันทึกข้อมูลหลักฐานหรือร่องรอยที่เป็นผลมาจากการปฏิบัติงาน โดยอาจใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปสู่การสะท้อนผลและปรับปรุงการปฏิบัติงานในทิศทางที่ดียิ่งขึ้น

4. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการทบทวนการปฏิบัติงานจากข้อมูลที่ได้จากการบันทึก โดยสังเกตว่าได้ผลอย่างไร มีปัญหาอย่างไร เพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านี้มาประกอบในการวางแผนในวงรอบถัดไป

จากการศึกษาขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดกรอบการทำวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) มีขั้นปฏิบัติ 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์โดยจะทำการสำรวจปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เพื่อที่จะเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหาโดยทำการศึกษาคำรา ทฤษฎี แนวคิด เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหาดังกล่าว
2. ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1
3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการไปพร้อม ๆ กับขั้นตอนการปฏิบัติ คือในระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น
4. ขั้นสะท้อนผลปฏิบัติ (Reflect) เป็นการสะท้อนคิดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนการสังเกต ว่าได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เป็นการส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้หรือเข้าใจจุดอ่อนและจุดแข็งของแผน เพื่อนำไปสู่การปรับแผนการดำเนินงานเพื่อที่จะเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

พัฒนภัทร เวทย์วิทยานวัฒน์ และสลา สามิภักดี (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive

Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินการคิดเชิงระบบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง การประยุกต์รวมระบบ ร่างกายมนุษย์ อยู่ในระดับปานกลาง ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับสูง คือ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับปานกลาง คือ ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย และระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับต่ำ คือ ระบบประสาท

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและระบบประสาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวาปีปทุม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 49 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.94 (S.D. = 1.86) คิดเป็นร้อยละ 87.76 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กฤติกรณ์ แกมใบ และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้สุขศึกษาโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามขั้นสูง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 60 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดการคิดเชิงระบบ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดเชิงระบบของกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามขั้นสูงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ปิยะพรรณ ปลาโสม และสมสงวน ปัสสาโก (2564) ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังโน้ตสน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 39 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดการคิดเชิงระบบ ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

วรรณละออ ตั้งสุข (2565) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในระดับดีมาก

นภาพร สายผัน และสุมาลี ชูกำแพง (2566) ได้ทำการศึกษาการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาชีววิทยาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชื่อมโยงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนผดุงนารี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 37 คน ซึ่งได้มาโดยสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชื่อมโยง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องระบบภูมิคุ้มกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชื่อมโยงสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Cox et al. (2019) ทำวิจัยกึ่งทดลอง เพื่อศึกษาผลของการใช้แผนผังเชิงสาเหตุในบทเรียนภูมิศาสตร์ต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน และศึกษาผลของการใช้แผนผังเชิงสาเหตุในบทเรียนภูมิศาสตร์ต่อความรู้ในเนื้อหาที่ได้รับในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อายุ 16-18 ปี จำนวน 616 คน โดยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบก่อนเรียนและหลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง 448 คน ที่ทำกิจกรรมร่วมกับการใช้แผนผังเชิงสาเหตุ และนักเรียนกลุ่มควบคุม 168 คน ที่ไม่ได้ทำ

กิจกรรมร่วมกับการใช้แผนผังเชิงสาเหตุ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นแบบอัตนัย โดยมีการกำหนดบทความเพื่อให้นักเรียนอ่านทำความเข้าใจเพื่อเขียนตอบประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) สร้างแผนภาพเชิงสาเหตุโดยยึดตามข้อมูลของแหล่งข้อมูลที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อย 3 ส่วน คือ ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องในข้อมูล การรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ และการกำหนดลักษณะของความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) 2) การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยคำพูด และ 3) การอธิบายอิทธิพลภายในระบบหากมีการรบกวน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลงานดีกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม

Nagarajan and Overton (2019) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เนื่องด้วยความท้าทายระดับโลกที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม น้ำ สาธารณสุข และพลังงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสอนเคมีในบริบทของความเชื่อมโยงระหว่างระบบกับระบบอื่นๆ การเรียนรู้โดยใช้โครงงานและปัญหาเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักการศึกษามีส่วนร่วมกับนักเรียนในการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงที่ซับซ้อน ด้วยการเลือกโครงการหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทั่วโลก และกำหนดให้นักเรียนใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา อีกทั้งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้ด้วยโครงงานยังเป็นกลยุทธ์ที่ยอดเยี่ยม สำหรับนักการศึกษาในการสอนเคมีโดยใช้วิธีการคิดเชิงระบบ บทวิจารณ์นี้สรุปการศึกษาวิจัยที่สำคัญซึ่งใช้การเรียนรู้แบบโครงงานและปัญหาเป็นฐานในบริบทของการทำให้นักเรียนสามารถเผชิญหน้ากับปัญหาระดับโลก และการนำแนวทางเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการคิดเชิงระบบ

Ke et al. (2020) ทำการศึกษารับรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการจัดสรรเครื่องมือเพื่อการคิดเชิงระบบ คือ แผนภูมิรูปดาว (Star Chart) และแผนผังเชิงสาเหตุ (Causal Map) ของนักเรียน ประชากรที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงบวกต่อประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และยังพบว่า เครื่องมือสำหรับการคิดเชิงระบบที่นักเรียนเลือกนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาที่ครูกำหนดให้มากที่สุด คือ แผนผังเชิงสาเหตุ

Amaral et al. (2021) ทำการศึกษาการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยผสมผสานระหว่าง การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน เพื่อให้ นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยการเขียนแผนภาพวงจรสาเหตุผ่านคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน การศึกษาเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสอบถาม แบบคำถามปลายเปิด และแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน โดยให้นักเรียนสร้าง แผนภาพวงจรสาเหตุซึ่งแบบจำลองผ่านคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพอย่างมากต่อการส่งเสริมการคิด เชิงระบบ

Sabel et al. (2023) ทำการตรวจสอบการมีส่วนร่วมของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในการ คิดเชิงระบบและการสร้างแบบจำลองโดยใช้แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal map) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ใน การศึกษาเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาชีววิทยา จำนวน 78 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง และ นักศึกษามีการใช้แผนผังเชิงสาเหตุเพียงเล็กน้อยในการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ ซึ่ง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ปัญหาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบมีตั้งแต่ชั้นเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษา ตอนปลาย และปัญหาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบยังคงอยู่ในนักศึกษาระดับปริญญาตรี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในต่างประเทศ พบว่า การคิดเชิงระบบมักถูกนำมาพัฒนาหรือส่งเสริมโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผ่านสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และคิดเชื่อมโยงที่ สูงขึ้น ซึ่งการคิดเชื่อมโยงเป็นลักษณะสำคัญของการคิดเชิงระบบ นอกจากนี้หนึ่งในเครื่องมือสำคัญที่ ถูกนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาคิดเชิงระบบ คือ แผนผังเชิง สาเหตุ ซึ่งเป็นแผนผังที่ช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนของระบบ ปัญหา ด้วยการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุระหว่างองค์ประกอบของระบบที่ฝังปัญหาไว้ เพื่อให้นักเรียนเห็น ถึงแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ ตลอดจนช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของ ระบบ ซึ่งจากผลการวิจัยที่ได้ศึกษาข้างต้นสามารถสนับสนุนได้ว่า ทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา เป็นฐานและแผนผังเชิงสาเหตุ สามารถนำมาพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

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

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 19 คน ที่มีการคิดเชิงระบบไม่ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

ผู้วิจัยได้เลือกแบบเจาะจงโดยนำแบบวัดการคิดเชิงระบบมาทดสอบก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบทดสอบของ ศิริพร ภูยอดดา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ทดสอบกับนักเรียนทั้งหมด 38 คน โดยผู้วิจัยมีการปรับระดับคะแนนในเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบจาก 1-3 เป็น 0-2 เพื่อให้สอดคล้องกับระดับคะแนนในเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบของแต่ละท่ายวงจรปฏิบัติการ แปลผลออกมาเป็นคะแนนเต็ม 16 คะแนนต่อ 2 ข้อ และใน 2 ข้อนี้แต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน เนื่องจากใน 1 ข้อ มีองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ 4 องค์ประกอบ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ และให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบเป็น 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน สรุปคะแนนที่ได้ในแต่ละข้ออยู่

ระหว่าง 0-8 คะแนน ดังนั้น 2 ข้อ จึงอยู่ระหว่าง 0-16 (คะแนนเต็ม 16 คะแนน) โดยมีเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก (13-16 คะแนน) ระดับดี (9-12 คะแนน) ระดับพอใช้ (5-8 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0-4 คะแนน) โดยคะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 38 คน แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การกำหนดประเด็นปัญหา (4)	การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา (4)	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (4)	การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (4)		
1	4	3	3	3	13	ดีมาก
2	3	3	3	2	11	ดี
3*	3	1	1	1	6	พอใช้
4*	3	1	2	2	8	พอใช้
5*	2	1	1	2	6	พอใช้
6	4	3	3	2	12	ดีมาก
7	4	3	3	3	13	ดีมาก
8*	2	1	2	2	7	พอใช้
9	4	3	3	2	12	ดีมาก
10*	3	1	2	2	8	พอใช้
11	4	3	2	2	11	ดี
12	3	3	2	2	10	ดี
13	3	3	3	1	10	ดี
14	3	2	2	2	9	ดี
15*	2	1	1	1	5	พอใช้
16**	1	1	1	1	4	ปรับปรุง
17**	1	0	1	1	3	ปรับปรุง

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนน (รวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัว แปรที่เป็น ปัจจัย เกี่ยวเนื่อง กับปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัว แปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)		
18*	2	1	1	2	6	พอใช้
19	3	3	2	1	9	ดี
20	2	3	3	2	10	ดี
21	3	2	2	2	9	ดี
22*	2	1	2	2	7	พอใช้
23	3	3	2	1	9	ดี
24	3	3	3	3	12	ดี
25	3	3	2	2	10	ดี
26**	1	1	1	0	3	ปรับปรุง
27	3	3	2	2	10	ดี
28	3	3	3	2	11	ดี
29	3	3	2	2	10	ดี
30**	1	0	1	1	3	ปรับปรุง
31*	2	1	1	1	5	พอใช้
32	4	4	3	2	13	ดีมาก
33**	2	1	1	0	4	ปรับปรุง
34**	1	1	1	1	4	ปรับปรุง
35**	2	0	0	0	2	ปรับปรุง
36*	2	1	1	1	5	พอใช้
37**	1	0	2	1	4	ปรับปรุง
38*	2	0	2	1	5	พอใช้

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนน (รวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัว แปรที่เป็น ปัจจัย เกี่ยวเนื่อง กับปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัว แปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)		
ค่าเฉลี่ย	2.55	1.84	1.89	1.58	7.87	พอใช้
ร้อยละ	63.82	46.05	47.37	39.47	49.18	

หมายถึง: * หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ ** หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุง

จากตารางที่ 15 พบว่า ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ นักเรียนจำนวนทั้งหมด 38 คน มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบเท่ากับ 7 ซึ่งมีนักเรียนจำนวน 5 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนจำนวน 14 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดี นักเรียนจำนวน 11 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ และนักเรียนจำนวน 8 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุง ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในระดับพอใช้และระดับปรับปรุง ซึ่งรวมทั้งสิ้น 19 คน เป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัย เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนให้อยู่ในระดับดีขึ้น

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ รายวิชาชีววิทยา ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) โดยนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ซึ่งแต่ละวงจรปฏิบัติการมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยทำการสำรวจปัญหา วิเคราะห์ปัญหา เพื่อที่จะเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยทำการศึกษา ตำรา ทฤษฎี แนวคิด เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหาดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการไปพร้อม ๆ กับขั้นตอนการปฏิบัติ คือในระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ นั้น ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลปฏิบัติ (Reflect) เป็นการสะท้อนคิดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนการสังเกต ว่าได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เป็นการส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้หรือเข้าใจจุดอ่อนและจุดแข็งของแผน เพื่อนำไปสู่การปรับแผนการดำเนินงาน เพื่อที่จะเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการละ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 6 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง โดยขั้นตอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขึ้นวางแผน (Plan)

1. สำรวจปัญหาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ พร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะทำการสำรวจปัญหาในการคิดเชิงระบบในวงจรปฏิบัติแรก ส่วนในวงจรต่อ ๆ ไป จะเป็นการนำปัญหาที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ได้เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการมาวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

2. ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) และผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) กำหนดเนื้อหาวิชาชีววิทยาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และอนุทินของนักเรียน

3. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ และเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ คือ แบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้

และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำต่าง ๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act)

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะประกอบด้วยเนื้อหาสาระที่แตกต่างกัน ดังปรากฏในตารางที่ 17

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

1. นำแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ สังเกตนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้
2. นำแบบวัดการคิดเชิงระบบไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ
3. อนุทินของนักเรียนเป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนทำยวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนสะท้อนคิดว่าระหว่างการจัดการเรียนการสอน ตนเองมีวิธีการได้มาของคำตอบอย่างไร

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจากการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบโดยการเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และทำการวิเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียนหลังจากสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการแต่ละวงจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น เพื่อให้บรรลุตามความมุ่งหมายของงานวิจัยที่ตั้งไว้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทและลักษณะของเครื่องมือ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผล

2.1 แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ เป็นแบบทดสอบอัตนัย ซึ่งเป็นสถานการณ์ โดยให้นักเรียนทำการทดสอบทำยวจนจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (rubric score) ที่ดัดแปลงมาจาก ศิริพร ญะยอตตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) และมีเกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นระดับการคิดเชิงระบบที่ดัดแปลงมาจาก วรณละออ ดังสุข (2565)

2.2 แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ เป็นแบบมีโครงสร้าง โดยจะสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน ซึ่งสังเกตระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.3 อนุทินของนักเรียนเป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนทำยวจนจรปฏิบัติการ เพื่อให้ นักเรียนสะท้อนคิดว่าระหว่างการจัดการเรียนการสอน ตนเองมีวิธีการได้มาของคำตอบอย่างไร

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจำนวน 6 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้

2. ศึกษาผลการเรียนรู้วิชาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้

3. ศึกษาเนื้อหาในรายวิชาชีววิทยา ในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาชีววิทยา 1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังปรากฏในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้หน่วยที่ 5 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

แผน ที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไก การต่อต้านหรือ ทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะและ แบบจำเพาะ	กลไกการ ทำลายสิ่ง แปลกปลอม แบบ ไม่จำเพาะ	กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ เป็น การตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่เนื้อเยื่อของ ร่างกายผ่านทางบาดแผล โดยการทำงานของเม็ด เลือดขาวกลุ่มฟาโกไซโตร่วมกับการอักเสบ ส่งผลให้ บริเวณเนื้อเยื่อที่มีการอักเสบมีลักษณะ บวม แดง และเกิดหนอง	1. นักเรียนสามารถอธิบายกลไก การทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่ จำเพาะได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิง สาเหตุของกลไกการทำลายสิ่ง แปลกปลอมด้วยการอีกสเปได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อบทบาท ที่ได้รับมอบหมาย	2
2	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไก การต่อต้านหรือ ทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะและ แบบจำเพาะ	กลไกการ ทำลายสิ่ง แปลกปลอม แบบ จำเพาะ	กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ เป็น กลไกการทำลายที่มีความจำเพาะต่อแอนติเจนแต่ละ ชนิด อาศัยการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวกลุ่มลิม โฟไซต์ โดยเซลล์ที่สามารถกระตุ้นเซลล์บีให้พัฒนา เป็นเซลล์พลาสมาเพื่อสร้างแอนติบอดี และเป็นเซลล์ เมมโมรีเพื่อจดจำชนิดของสิ่งแปลกปลอม	1. นักเรียนสามารถอธิบาย กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบจำเพาะได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิง สาเหตุของกลไกการทำลายสิ่ง แปลกปลอมด้วยการทำงานของ	2

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผน ที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
3	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการ สร้างภูมิคุ้มกันก่อน และภูมิคุ้มกันรับมา	การสร้าง ภูมิคุ้มกัน	มนุษย์มีกลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน 2 แบบ คือ ภูมิคุ้มกันรับมา เป็นการให้ภูมิคุ้มกันแก่ร่างกาย โดยตรง เพื่อให้สามารถต่อต้านสิ่งแปลกปลอม ได้ทันที เช่น การฉีดเซรุ่มหรือซีรัม และ ภูมิคุ้มกันก่อนเอง เป็นภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้าง ขึ้นได้เอง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งแปลกปลอม จากภายนอก เช่น การฉีดวัคซีน	เซลล์ที่และเซลล์ที่ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ ได้รับมอบหมาย 1. นักเรียนสามารถอธิบายการสร้าง ภูมิคุ้มกันก่อนเองและภูมิคุ้มกันรับมาได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิง สาเหตุของกลไกการสร้างภูมิคุ้มกันได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องาน ที่ได้รับมอบหมาย	2
4	สืบค้นข้อมูลและ อธิบายเกี่ยวกับความ ผิดปกติของระบบ	โรคภูมิแพ้	โรคภูมิแพ้ เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันตอบสนอง ต่อแอนติเจนบางชนิดรุนแรงเกินไป ทำให้ ร่างกายแสดงอาการต่าง ๆ เช่น จามอย่าง รุนแรง มีผื่นขึ้นและเกิดการอักเสบบริเวณ ผิวหนัง	1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติ ของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรค ภูมิแพ้ได้	2

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผน ที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
	ภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิด โรคได้ ภูมิคุ้มกัน การ สร้างภูมิคุ้มกันต่อ เชื้อเอชไอวี		ซึ่งแอนติเจนที่กระตุ้นให้เกิดการแพ้ คือ สารก่อ ภูมิแพ้ เช่น ไรฝุ่น อาหารทะเล ขนสัตว์ เกสรดอกไม้ เป็นต้น	2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผัง เชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรค ภูมิแพ้ได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับมอบหมาย	
5	สืบค้นข้อมูลและ อธิบายเกี่ยวกับความ ผิดปกติของระบบ ภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิด โรคได้ ภูมิคุ้มกัน การ สร้างภูมิคุ้มกันต่อ เชื้อเอชไอวี	ภูมิคุ้มกัน ต่อเชื้อเอชไอวี ตนเอง	ภูมิคุ้มกันต่อเชื้อเอชไอวี เกิดจากระบบ ภูมิคุ้มกันไม่สามารรถแยกระหว่างเซลล์ของร่างกาย กับเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมได้ ส่งผลให้เกิดการ ต่อต้านและทำลายเซลล์ รวมถึงเนื้อเยื่อในร่างกาย โดยทำให้เกิดอาการอักเสบตามอวัยวะต่าง ๆ เช่น โรคข้ออักเสบ โรคเอสแอลอี (SLE)	1. นักเรียนสามารถอธิบาย ความผิดปกติของระบบ ภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิ คุ้มกันต่อเชื้อเอชไอวีได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผัง เชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรค ภูมิคุ้มกันต่อเชื้อเอชไอวี ได้	2

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผน ที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
	คาดหวัง			3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	
6	สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิคุ้มกันทางตนเองเนื้อเยื่อตนเอง	ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV เกิดจากเชื้อไวรัส HIV เข้าไปเพิ่มจำนวนในเซลล์เจ้าบ้าน (host cell) และเข้าทำลายเซลล์ทีลิมโฟไซต์ชนิด CD4 ให้มีจำนวนลดลง ทำให้การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันลดลงและเกิดโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมา ส่งผลให้กลายเป็นผู้ป่วยโรคเอดส์	ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV เกิดจากเชื้อไวรัส HIV เข้าไปเพิ่มจำนวนในเซลล์เจ้าบ้าน (host cell) และเข้าทำลายเซลล์ทีลิมโฟไซต์ชนิด CD4 ให้มีจำนวนลดลง ทำให้การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันลดลงและเกิดโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมา ส่งผลให้กลายเป็นผู้ป่วยโรคเอดส์	1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคเอดส์ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการเกิดภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV ได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	6

4. ศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

5. ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละแผนประกอบไปด้วย ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ดังปรากฏในตารางที่

17



ตารางที่ 17 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

วงจร ที่	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา (ประกอบการเรียนรู้แผนผังเชิงสาเหตุ)	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	1	กลไกการ ทำลายสิ่ง แปลกปลอม แบบไม่ จำเพาะ	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และ เปรียบเทียบกลไก การต่อต้าน หรือ ทำลายสิ่ง แปลกปลอมแบบไม่ จำเพาะ	ลิซ่าช่วยแม่ตัดดอกกุหลาบ แต่ไม่ทันระวังจึงโดน หนามกุหลาบตำบริเวณนิ้วชี้ 1-2 ชั่วโมงต่อมาลิซ่า รู้สึกปวดบริเวณบริเวณดังกล่าว และยังสังเกตเห็นว่า บริเวณดังกล่าวมีลักษณะบวม แดงเกิดขึ้น วันต่อมา ลิซ่ามีไข้สูง 39-40 องศา 1-2 วันต่อมาลิซ่า สังเกตเห็นว่าแผลบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นตุ่ม ซึ่งภายในมีหนองเกิดขึ้น	1. นักเรียนสามารถอธิบายกลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมด้วยกายวิภาคอีกสไลด์ได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
	2	กลไกการ ทำลายสิ่ง แปลกปลอม แบบ จำเพาะ	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และ เปรียบเทียบกลไก การต่อต้าน หรือ ทำลายสิ่ง แปลกปลอมแบบ จำเพาะ	แพทย์ได้ทำการศึกษาการติดเชื้อไวรัสชนิด A ในผู้ป่วยรายหนึ่ง พบว่า ในการติดเชื้อครั้งแรก ผลการวิเคราะห์ระดับแอนติบอดีในเลือดผู้ป่วยจะเริ่มสร้างแอนติบอดีในวันที่ 7 และอยู่ในระดับสูงสุดในวันที่ 17 จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนอยู่ในระดับต่ำสุด ในวันที่ 28 แต่เป็นที่ยังสังเกตว่า เมื่อผู้ป่วยมีการติดเชื้อชนิดเดิมครั้งที่ 2 จะเริ่มสร้าง	1. นักเรียนสามารถอธิบายกลไกการทำลายแบบจำเพาะ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมด้วยกายวิภาคของเซลล์ที่และเซลล์ได้	2

ตารางที่ 17 (ต่อ)

วงจรที่	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับแผนผังเชิงสาเหตุ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	3	การสร้าง ภูมิคุ้มกัน	สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการ สร้างภูมิคุ้มกันก่อน และภูมิคุ้มกันรับมา	แอนติบอดีในเลือดสูงสุดตั้งแต่วันที่แรกที่เราเริ่มติดเชื้อ จากนั้นจะเริ่มลดลงในวันที่ 7 และในวันที่ 21 ระดับ แอนติบอดีจะคงที่ ในขณะที่ติดเชื้อและลึกลึกลับถึงเล่นที่สนามหญ้าใน สวนสาธารณะแห่งหนึ่ง ด้วยความไม่ระวังทั้งสองจึง เหยียบไม้เสียบลูกชิ้นเข้าไปที่ฝ่าเท้า แม่จึงพาทั้ง สองไปพบแพทย์และจากการซักประวัติพบว่าติดเชื้อ เคยได้รับวัคซีนบาดทะยัก ในขณะที่ติดเชื้อยังไม่เคย ได้รับวัคซีนป้องกันบาดทะยัก แพทย์จึงฉีดวัคซีนโรค บาดทะยักให้กับลิลลี่ และฉีดวัคซีนป้องกัน บาดทะยักให้กับลิลล่า เมื่อทั้งสองกลับบ้านลิลลี่มี อาการแพ้รุนแรงและมีไข้สูง 40-41 องศา ในขณะที่ ลิลล่ามีอาการแพ้และมีไข้เพียง 38-39 องศา	3.นักเรียนมีความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
					1. นักเรียนสามารถอธิบาย การสร้างภูมิคุ้มกันก่อนเองและ ภูมิคุ้มกันรับมาได้ 2. นักเรียนสามารถเขียน แผนผังเชิงสาเหตุของกลไก การสร้างภูมิคุ้มกันได้ 3.นักเรียนมีความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 17 (ต่อ)

วาระ ที่	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหาพร้อมกับแผนผังเชิงสาเหตุ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
4	โรคภูมิแพ้	สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอคส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอคส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	ใน 1 สัปดาห์ ลิซ่าและเพื่อนจะรับประทานหอยกระดะ เฉลี่ย 1-2 วันต่อสัปดาห์ วันหนึ่งในขณะที่ลิซ่ารับประทานหอยแพ้ได้หอยกระดะ ที่รวมอาหารทะเล โดยหลังจากรับประทานไป 15-20 นาที ลิซ่ารู้สึกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับร่างกายของตนเอง โดยพบว่า ตนเองเริ่มมีอาการหายใจไม่สะดวก หน้าและปากเริ่มบวม รู้สึกคันและมีผื่นแดงตามตัว และยังมีอาการคลื่นไส้ร่วมกับอาเจียนโดยเมื่อลิซ่าจึงรับประทานยาแอนติฮิสตามีน (Antihistamine) อาการต่าง ๆ เหล่านี้เริ่มดีขึ้น	1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรคภูมิแพ้ได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2
3	ภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่	สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่	หญิงคนหนึ่งมีอาการปวดตามข้อ ผิวหนังเกิดการอักเสบ โดยสังเกตเห็นว่าบนใบหน้ามีผื่นที่ลักษณะเป็นวงคล้ายปีกผีเสื้อเกิดขึ้นบริเวณเหนือแก้มทั้งสองข้าง และเมื่อโตขึ้นแต่เดิมที่บริเวณดังกล่าว	1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรคภูมิแพ้ได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	2

ตารางที่ 17 (ต่อ)

วงจร ที่	แผน ที่	สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา ร่วมกับแผนผังเชิง สาเหตุ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
			ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้าง ภูมิคุ้มกันต่อ เชื้อเอชไอวี	จะมีลักษณะแดงมากขึ้น หญิงคนนี้จึงไปพบ แพทย์ ซึ่งผลการตรวจเลือดของหญิงคนนี้ พบว่า ค่า ESR มีอัตราที่สูงกว่าปกติ	2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผัง เชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรค ภูมิคุ้มกันต่อเชื้อเอชไอวีได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับมอบหมาย	
	6	ภาวะ ภูมิคุ้มกัน บกพร่องจาก การติดเชื้อ HIV	สืบค้นข้อมูลและ อธิบายเกี่ยวกับ ความผิดปกติของ ระบบภูมิคุ้มกันที่ ทำให้เกิดเอดส์ ภูมิแพ้ การสร้าง ภูมิคุ้มกันต่อ เชื้อเอชไอวี	ชายคนหนึ่งมีอาการไข้ หนาวสั่น เจ็บคอ ปวดเมื่อยตามตัว มีผื่นขึ้นตามตัว บริเวณคอ มีลักษณะบวมโต รวมถึงมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ร่วมกับถ่ายเหลว ชายคนนี้จึงไปพบ แพทย์ ซึ่งผลการตรวจเลือดของชายคนนี้ พบว่าระดับเม็ดเลือดขาวชนิด CD4 มี จำนวนต่ำกว่า 200 เซลล์ต่อลูกบาศก์ มิลลิเมตร และแพทย์ยังระบุว่าชายคนนี้มี ภาวะเสี่ยงที่จะมีโรคแทรกซ้อนเกิดขึ้นได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายความ ผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ ทำให้เกิดเอดส์ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผัง เชิงสาเหตุของกลไกการเกิดภาวะ ภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV ได้ 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อ งานที่ได้รับมอบหมาย	2

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผล และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ดังนี้

- 1) ปรับแก้การใช้ภาษาพูดให้เป็นภาษาทางวิชาการมากขึ้น
- 2) ปรับสาระสำคัญให้มีความยาวไม่เกิน 3 บรรทัด

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1. ผศ. ดร. วิทยา วรพันธุ์ (นวัตกรรมการหลักสูตรและการเรียนรู้) ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

2. ผศ. ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ (การวัดและประเมินผลการศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3. อาจารย์ปวีศร ภูมิสูง (การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์) ตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4. อาจารย์ ดร. วุฒิศักดิ์ บุญแน่น (สิ่งแวดล้อมศึกษา) ตำแหน่งอาจารย์ชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

5. อาจารย์ณิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ (โรคพืชวิทยา) ตำแหน่งอาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

8. ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

9. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) 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 ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดจำนวน 5 ท่าน ปรากฏดังตารางที่ 18 (รายละเอียดปรากฏในตารางที่ 45, 46, 47, 48, 49 และ 50 ในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 18 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	คะแนนเฉลี่ยรวม	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1	4.81	0.16	เหมาะสมมากที่สุด
2	4.89	0.15	เหมาะสมมากที่สุด
3	4.89	0.13	เหมาะสมมากที่สุด
4	4.91	0.10	เหมาะสมมากที่สุด
5	4.94	0.09	เหมาะสมมากที่สุด
6	4.96	0.08	เหมาะสมมากที่สุด

10. ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ปรับแก้รูปแบบการเว้นวรรคของแต่ละประโยค

2) ปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินให้มีความเหมาะสมและชัดเจนมากขึ้น

11. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ประกอบการสอนกับกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ

2.1 แบบวัดการคิดเชิงระบบ

แบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งวัดกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคลหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาจากทฤษฎี หลักการ แนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ ตามแนวคิดของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ครอบคลุม 4 องค์ประกอบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ

2. สร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยเป็นข้อสอบแบบอัตนัยซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหา ให้ผู้เรียนทำการทดสอบทำวงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ ครอบคลุมนิยามปฏิบัติการที่ตั้งไว้ ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการสร้าง 4 ข้อ แต่ใช้จริงวงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ ปรากฏดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนแบบทดสอบที่สร้างและจำนวนแบบทดสอบที่ใช้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

วงจรปฏิบัติการที่	จำนวนแบบทดสอบที่สร้าง (ข้อ)	จำนวนแบบทดสอบที่ใช้ (ข้อ)
1	4	2
2	4	2
3	4	2
รวม	12	6

3. นำแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านเนื้อหา และ นำแบบวัดการคิดเชิงระบบมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ คือ ปรับการใช้ภาษาให้เป็นภาษาเชิงวิชาการ มากขึ้น

4. นำแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ปรับปรุงแก้ไข เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม)

5. ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิงระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน (สมบัติ ห้ายเรือ, 2553) ดังนี้

ให้คะแนน +1 คือ เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 คือ เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 คือ เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดไม่ตรงตามจุดประสงค์

6. นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item objective congruence) โดยการหาค่าเฉลี่ย ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิงระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบมีความสอดคล้อง และสามารถนำไปใช้ได้ (สมบัติ ห้ายเรือ, 2553) ซึ่งข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ เมื่อพิจารณาความสอดคล้องแล้วได้ผลดังนี้ (ดังปรากฏในตารางที่ 51, 52 และ 53 ในภาคผนวก ง)

1) วงจรปฏิบัติการที่ 1

ข้อที่ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

1) วงจรปฏิบัติการที่ 2

ข้อที่ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

1) วงจรปฏิบัติการที่ 3

ข้อที่ 1 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 2 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 3 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

ข้อที่ 4 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

7. จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบ โดยแบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ วงจรละ 2 ข้อคำถาม

2.1.1 เกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ

เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยสร้างตามแนวคิดของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) เกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นระดับการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยสร้างตามแนวคิด วรรณละออ ดังสุข (2565) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์ในการคิดเชิงระบบตามแนวคิดของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) และศึกษาเกี่ยวกับเกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบของ วรรณละออ ดังสุข (2565)

2. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบตามแนวคิดของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ปรากฏดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบปรับจาก (ศิริพร ญะอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566)

องค์ประกอบการ คิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การกำหนด ประเด็นปัญหา	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและ ครอบคลุมสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนด ทั้งหมด	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนด แต่ครอบคลุม สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนดเพียงบางส่วน	ไม่เขียนประเด็นปัญหา หรือเขียนประเด็น ปัญหาไม่สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่กำหนด
2. การระบุตัวแปร ที่เป็นปัจจัย เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	เขียนตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวข้องกับ ปัญหาจากสถานการณ์ ปัญหาได้ถูกต้องและ ครบทุกตัวแปร	เขียนตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวข้องกับ ปัญหาจากสถานการณ์ ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยัง ไม่ครบทุกตัวแปร	ไม่เขียนตัวแปร หรือ เขียนตัวแปรที่ไม่ เกี่ยวข้องกับปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา
3. การระบุความ สัมพันธ์ระหว่างตัว แปร	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ ถูกต้องทั้งหมด	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผลทุกคู่ แต่ มีบางความสัมพันธ์ไม่ ถูกต้อง	ไม่เขียนความสัมพันธ์ หรือเขียน ความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผล ไม่ครบ
4. การสร้าง แผนภาพวงจร สาเหตุ	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง	ไม่เขียนแผนผังวงจร สาเหตุ หรือนำบางคู่ ตัวแปรที่ไม่ได้ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง

ตารางที่ 20 (ต่อ)

องค์ประกอบการ คิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
	สมเหตุสมผลและถูกต้อง ทุกความสัมพันธ์	สมเหตุสมผล แต่มี บางความสัมพันธ์ไม่ ถูกต้อง	วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่างไม่ สมเหตุสมผล

3. สร้างเกณฑ์การแปลผลคะแนนเป็นระดับการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยสร้างตามแนวคิด
วรรณละออ ดังสุข (2565) ซึ่งแบ่งการคิดเชิงระบบออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับ
พอใช้ และระดับปรับปรุง ซึ่งในงานวิจัยนี้มีแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบทั้งหมด 6 ข้อคำถาม โดย
แบ่งให้นักเรียนทำทำยวงจรปฏิบัติการละ 2 ข้อ (มี 3 วงจรปฏิบัติการ) รวมคะแนนเต็มจาก 2 ข้อ อยู่
ระหว่าง 0-16 ดังนั้นจึงทำให้ได้เกณฑ์การแปลผลคะแนน ปรากฏดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 เกณฑ์การแปลผลคะแนนระดับการคิดเชิงระบบปรับจาก (วรรณละออ ดังสุข, 2565)

ช่วงคะแนน	ระดับการคิดเชิงระบบ
13-16	ดีมาก
9-12	ดี
5-8	พอใช้
0-4	ปรับปรุง

4. นำเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิง
ระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมระหว่าง
องค์ประกอบการคิดเชิงระบบกับระดับคะแนน ช่วงคะแนน และระดับการคิดเชิงระบบ

5. นำเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิง
ระบบ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของ
ท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

6. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิด (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคอร์ท (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) 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

โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ซึ่งถือว่าเป็นเกณฑ์การให้คะแนนและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการพิจารณาความเหมาะสม ได้ผลดังนี้ (ดังปรากฏในตารางที่ 54 และ 55 ตามลำดับ ในภาคผนวก ง)

1) ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ

ผลการพิจารณาความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

2) ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ

ผลการพิจารณาความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

7. ดำเนินการปรับแก้ไขเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ อ้างอิงแหล่งที่มาของเกณฑ์การแปลผลคะแนน และเพิ่มเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบที่เป็นร้อยละของคะแนน

8. นำเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัย

2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ

แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน เป็นแบบมีโครงสร้าง ซึ่งใช้สังเกตพฤติกรรมหรือร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคลระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจัดนักเรียนออกเป็น 7 กลุ่ม (กลุ่มละ 5 คน จำนวน 4 กลุ่ม และกลุ่มละ 6 คน จำนวน 3 กลุ่ม รวม 38 คน โดยนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 19 คน กระจายตัวอยู่ในทุกกลุ่ม) และผู้วิจัยให้คะแนนเป็น 3 ระดับ คือ 0, 1 และ 2 เพื่อใช้ประกอบการรายงานผลเฉพาะนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบยังไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดี ซึ่งรายงานในลักษณะการบรรยาย กล่าวคือ เป็นคะแนนที่ไม่ได้นำไปรวมกับคะแนนจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน/ร่องรอยการคิดเชิงระบบมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎี เอกสารต่างๆที่เกี่ยวกับการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียน และวิเคราะห์พฤติกรรมหรือร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน

2. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน มีลักษณะเป็นแบบสังเกตที่มีโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนเป็นรายบุคคลระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ดังปรากฏในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

ประเด็นที่สังเกต	พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
การกำหนดประเด็นปัญหา	นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด			
การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจาก			

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ประเด็นที่สังเกต	พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
	สถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร			
การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด			
การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์			

3. นำแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ คือ ปรับแก้แบบสังเกตพฤติกรรมให้มีความสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. นำแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตและพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบที่นักเรียนแสดง ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) ซึ่งใช้เกณฑ์การให้คะแนน (ปรับจากสมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบสังเกตนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบสังเกตนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าแบบสังเกตนั้นวัดได้ไม่ตรงกับจุดประสงค์

5. นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างประเด็นที่สังเกตกับพฤติกรรม/ร่องรอยที่แสดงถึงการคิดเชิงระบบ โดยใช้สูตร IOC (Index of item objective congruence) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) โดยค่าดัชนีความสอดคล้องต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 - 1.0 จึงถือว่าข้อสอบนั้นมีความสอดคล้องและสามารถนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1 (ดังปรากฏในตารางที่ 56 ในภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยได้

6. นำแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับรูปแบบของการใช้คำ เพื่อให้สื่อความหมายได้ชัดเจนมากขึ้น

7. จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2.1 เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน

1. ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำราบทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ

2. ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ โดยใช้ควบคู่กับแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ ดังปรากฏในตารางที่ 23



ตารางที่ 23 เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุยภายในกลุ่ม และเขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด	นักเรียนมีการพูดคุยภายในกลุ่ม และเขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แต่ครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเพียงบางส่วน	นักเรียนไม่มีการพูดคุยภายในกลุ่ม และไม่เขียนประเด็นปัญหา หรือเขียนประเด็นปัญหาไม่ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
2. การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้ ถูกต้องและครบทุกตัวแปร	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้ ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุกตัวแปร	นักเรียนไม่มีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และไม่เขียนตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบางความสัมพันธ์ที่เขียนไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่มีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และไม่เขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล ไม่ครบทุกคู่

ตารางที่ 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
4. การสร้าง แผนภาพ วงจรสาเหตุ	นักเรียนมีการพูดคุย กันภายในกลุ่ม และ นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และ ถูกต้องทุก ความสัมพันธ์	นักเรียนมีการพูดคุยกัน ภายในกลุ่ม และนำทุก คู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล แต่มีบาง ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่มีการพูดคุย กันภายในกลุ่ม และไม่ เขียนแผนผังวงจรสาเหตุ หรือนำบางคู่ตัวแปรที่ ไม่ได้ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็น แผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างไม่ สมเหตุสมผล

3. นำเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ระหว่างพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบกับระดับการให้คะแนน

4. นำเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมระหว่างพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบกับระดับการให้คะแนน โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

5. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) 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 เหมาะสมน้อยมาก

โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสินซึ่งถือว่าเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ เป็นเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ได้ ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบกับระดับการให้คะแนนมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.91 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด (ดังปรากฏในตารางที่ 57 ในภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย

6. นำเกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลในงานวิจัยต่อไป

2.3 อนุทินของนักเรียน

เป็นบันทึกของนักเรียนที่เขียนท้ายวงจรปฏิบัติการ เพื่อให้นักเรียนสะท้อนคิดว่าระหว่างการจัดการเรียนการสอน ตนเองมีวิธีการได้มาของคำตอบอย่างไร ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นในอนุทินของนักเรียนเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ เพื่อให้ทราบถึงวิธีคิด วิธีศึกษาค้นคว้า ในการที่จะได้คำตอบมาประกอบด้วย 4 ประเด็น ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. กำหนดประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทิน
2. สร้างอนุทินของนักเรียนตามประเด็นที่กำหนด ดังปรากฏในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ประเด็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทินสะท้อนความคิด

หัวข้อในการบันทึก	ประเด็นคำถามในอนุทิน
การระบุประเด็นปัญหา	หากจะระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร
การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวกับปัญหา	หากจะระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวกับปัญหานักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร
การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	หากจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร
การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	หากจะนำตัวแปรมาสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

3. นำอนุทินที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมระหว่างหัวข้อในการบันทึกกับประเด็นคำถามในอนุทิน และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ คือ ไม่ต้องระบุขั้นตอนการสอนในแบบบันทึกอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน

4. นำอนุทินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน (ชุดเดิม) เพื่อพิจารณาความเหมาะสมระหว่างหัวข้อในการบันทึกกับประเด็นคำถามในอนุทิน โดยผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

5. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ระดับคุณภาพของประเด็นคำถามที่ต้องการให้นักเรียนบันทึกในอนุทินด้านการคิดเชิงระบบ (Rating Scale) 5 ระดับของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2552) 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 เหมาะสมน้อยมาก

โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสินซึ่งถือว่าอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนสามารถนำไปใช้ได้ ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างหัวข้อในการบันทึกกับประเด็นคำถามในอนุทินสะท้อนความคิด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด (ดังปรากฏในตารางที่ 58 ในภาคผนวก ง) ซึ่งสามารถนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย

6. จัดพิมพ์อนุทินของนักเรียนและนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1) ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาคำถามนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ แล้วทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ และดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม/ ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ

แผนที่ 1 กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 2 กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ จำนวน 2 ชั่วโมง

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบแบบมีโครงสร้าง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบจำนวน 2 ข้อ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด โดยดูอนุทินของนักเรียนที่บันทึกหลังจากทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ อีกทั้งยังเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ได้แก่ การสังเกตโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน การทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน จากนั้นสรุปข้อมูลนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 1 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ

แผนที่ 3 การสร้างภูมิคุ้มกัน จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 4 โรคภูมิแพ้ จำนวน 2 ชั่วโมง

2.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมแบบมีโครงสร้าง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบจำนวน 2 ข้อ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยคือนุทินของนักเรียน อีกทั้งยังเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ได้แก่ การสังเกตโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนนักเรียน การทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน จากนั้นสรุปข้อมูลนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

หลังจากการสะท้อนผลในวงจรปฏิบัติที่ 2 แล้วนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 คือ

แผนที่ 5 ภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 6 ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV จำนวน 2 ชั่วโมง

3.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมแบบมีโครงสร้าง เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบจำนวน 2 ข้อ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยคุณอนุทินของนักเรียน อีกทั้งยังเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ได้แก่ การสังเกตโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน การทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน จากนั้นสรุปข้อมูลนำไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาเพื่อใช้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ตามความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

วิเคราะห์จากผลการใช้เครื่องมือในการทดลอง คือ แผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ โดยประเมินจากคำตอบของนักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน อนุทินของนักเรียน อีกทั้งยังนำบันทึกหลังการสอนในแต่ละคาบว่ามีปัญหาในการจัดการเรียนรู้อย่างไรบ้าง และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้ดีขึ้นในแผนถัดไป เพื่อนำมาวิเคราะห์ ตีความและสรุป จากนั้นรายงานผลในลักษณะการบรรยาย

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

วิเคราะห์จากเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำคำตอบของนักเรียนมาเทียบเกณฑ์ที่ปรับจาก ศิริพร ภูยอดตา และอรุณี แสงสุวรรณ (2566) ดังตารางที่ 20 และนำมาจำแนกเป็นระดับการคิดเชิงระบบ 4 ระดับ ที่ปรับจาก วรณละออ ดังสุข (2565) ดังตารางที่ 21 คือ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับพอใช้ และระดับปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์และประเมินว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาค่าคุณภาพเครื่องมือ มีดังต่อไปนี้

การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง IOC (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ร้อยละ (Percentage) สามารถใช้สูตรในการคำนวณ (ประสาธน์ เถลิง, 2564)

ดังนี้

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

เมื่อ p แทน ค่าเฉลี่ย

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) สามารถใช้สูตรในการคำนวณ (ประสาธน์ เถลิง, 2564) ดังนี้

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

n แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) สามารถใช้สูตรในการคำนวณ (ประสาท เนืองเฉลิม, 2564) ดังนี้

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน ค่าคะแนน

n แทน จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่ม

$\sum$ แทน ผลรวม

พูน ปณ จิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัย โดยแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ
3. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เฉพาะกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้และระดับปรับปรุง ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ปรากฏดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การกำหนดประเด็นปัญหา (4)	การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา (4)	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (4)	การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (4)		
3*	3	1	1	1	6	พอใช้
4*	3	1	2	2	8	พอใช้
5*	2	1	1	2	6	พอใช้
8*	2	1	2	2	7	พอใช้
10*	3	1	2	2	8	พอใช้
15*	2	1	1	1	5	พอใช้

ตารางที่ 25 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การกำหนดประเด็นปัญหา (4)	การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา (4)	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (4)	การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (4)		
16**	1	1	1	1	4	ปรับปรุง
17**	1	0	1	1	3	ปรับปรุง
18*	2	1	1	2	6	พอใช้
22*	2	1	2	2	7	พอใช้
26**	1	1	1	0	3	ปรับปรุง
30**	1	0	1	1	3	ปรับปรุง
31*	2	1	1	1	5	พอใช้
33**	2	1	1	0	4	ปรับปรุง
34**	1	1	1	1	4	ปรับปรุง
35**	2	0	0	0	2	ปรับปรุง
36*	2	1	1	1	5	พอใช้
37**	1	0	2	1	4	ปรับปรุง
38*	2	0	2	1	5	พอใช้
ค่าเฉลี่ย	1.84	0.74	1.26	1.16	5.00	พอใช้
ร้อยละ	46.05	18.42	31.58	28.95	31.25	

หมายเหตุ: * หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ และ ** หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุง

จากตารางที่ 25 พบว่า ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวนทั้งหมด 19 คน ซึ่งมีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้จำนวน 11 คน และมีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุงจำนวน 8 คน โดยจำนวนทั้งหมด 19 คน มีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบในภาพรวมเท่ากับ 5.00 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16

คะแนน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ ในขณะที่พิจารณาเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบรวมด้านละ 4 คะแนนเต็ม พบว่า ด้านการกำหนดประเด็นปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.84 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.05 ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 18.42 ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 31.58 และด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 28.95 จะเห็นได้ว่าคะแนนการคิดเชิงระบบในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหามีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นวางแผน (Plan)

1. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์หานักเรียนกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนจำนวน 19 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบยังไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนจำนวน 19 คนเป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยนี้

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี การจัดการเรียนรู้เพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ แล้วทำการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

3. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ และดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน และอนุทินของนักเรียน

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คือ

แผนที่ 1 กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 2 กลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะ จำนวน 2 ชั่วโมง

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติ ดังนี้

1. แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบแบบมีโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลดังนี้

ด้านที่ 1 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการกำหนดประเด็นปัญหา “นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและจากการพูดคุยกันระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการกำหนดประเด็นปัญหา กล่าวคือ นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด อย่างไรก็ตามประเด็นปัญหาดังกล่าวครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเพียงบางส่วน และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ปรากฏดังตารางที่ 26 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการเรียนรู้ที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 1 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนประเด็นปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางคนเขียนประเด็นปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด โดยไม่สนใจอ่านสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และไม่สามารถเชื่อมโยงเรื่องที่อ่านเข้ากับเรื่องใดเรื่องหนึ่งในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน อีกทั้งไม่พยายามสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาช่วยในการกำหนดประเด็นปัญหา ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอยู่เสมอ ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...อ่านสถานการณ์ปัญหาของอาจารย์แล้วไม่เข้าใจเลยอะ มีแต่ตัวหนังสือไม่
อยากอ่านเลย” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...แล้วสถานการณ์ปัญหาที่เราอ่าน มันเกี่ยวกับหัวข้อไหนใน เรื่อง ระบบ
ภูมิคุ้มกันบ้างอะ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราคิดว่าประเด็นปัญหาน่าจะเป็นถูกหนามกุหลาบดำจนเป็นแผลนะ”
(สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 26, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนประเด็นปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

แต่ประเด็นปัญหาดังกล่าวครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วน ผู้วิจัยยังต้องคอยชี้แนะแนวทางให้กับนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...ไม่รู้จะกำหนดประเด็นปัญหาเป็นอะไร อีอย่างมันก็ยังไม่เคยเกิดขึ้นกับเราด้วย” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 30, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ชั่วโมงที่แล้วเราเรียนเรื่องการทำลายสิ่งแวดล้อมแบบไม่จำเพาะไป นั่นแสดงว่าปัญหาก็น่าจะเกี่ยวกับการทำลายสิ่งแวดล้อมแบบจำเพาะนะ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 38, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...น่าจะตอบว่าการสร้างระดับแอนติบอดีที่แตกต่างกันในการติดเชื้อนะ” (สมาชิกกลุ่ม 3 เลขที่ 15, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

1. ให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

คุณหมอกุหลาบดำจนเป็นผล

ภาพที่ 2 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แต่ประเด็นปัญหาดังกล่าวครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเพียงบางส่วน กล่าวคือ สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดนั้นเกี่ยวข้องกับกลไกการทำลายสิ่งแวดล้อมแบบไม่จำเพาะ ซึ่งกระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้น คือ เกิดการอักเสบ ดังนั้น ประเด็นปัญหาที่ครอบคลุมสถานการณ์ได้ทั้งหมดจึงควรเป็นการอักเสบของผิวหนังบริเวณที่โดนหนามกุหลาบดำ ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

พูน ปณ จิต ชเว

ตารางที่ 26 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 1	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
ด้านที่ 1: การกำหนดประเด็นปัญหา นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด	1	3	2	2
		4	1	1
		5	1	2
	2	8	1	1
		10	1	2
	3	15	1	1
		16	0	1
		17	1	1
	4	18	1	1
		22	1	2
		26	0	1
	5	30	0	1
		31	1	1
	6	33	1	1
		34	1	1
		35	0	0
	7	36	2	2
		37	1	1
		38	1	2

ด้านที่ 2 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้อกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและจากการพูดคุยกันของนักเรียน

ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา อย่างไรก็ตามนักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางตัวแปรเท่านั้น และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ปรากฏดังตารางที่ 27 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการเรียนรู้ที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 1 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางคนเขียนตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกันกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด โดยใช้เพียงความคิดของตนเองเป็นหลักในการเขียนตัวแปรดังกล่าว ผู้วิจัยต้องคอยชี้แนะแนวทางให้กับนักเรียนอยู่เสมอ ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...เธอ ๆ ตัวแปรที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามันคืออะไร” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราคิดว่าตัวแปรที่ทำให้เกิดปัญหานั้นจะมีแค่ความไม่ระมัดระวัง หนาม กุหลาบตำนิ้ว ไม่ล้างแผล ไม่สวมถุงมือ เป็นแผลบวมแดง เป็นตุ่มหนองแหละ” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 31, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราจะเขียนตัวแปรนี้แหละไม่รู้ว่าเกี่ยวไหม เพราะเรายังไม่ได้หาข้อมูลเพิ่มเติมจากที่อื่น” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนเริ่มเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนใช้เพียงข้อมูลที่อยู่ในสถานการณ์ปัญหา อีกทั้งไม่ได้นำคำสำคัญที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหานั้นไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยยังต้องคอยชี้แนะแนวทางกับนักเรียนบ่อยครั้ง ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...ตัวแปรน่าจะเกี่ยวกับกลไกการทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะแน่เลย” (สมาชิกกลุ่ม 3 เลขที่ 15, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราว่าตัวแปรมันน่าจะมีแค่นี้ละ ถ้าเอาแค่ที่เห็นในสถานการณ์ปัญหา” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ในสถานการณ์ปัญหามันมีคำว่าสร้างแอนติบอดี ทำไมนายไม่เอาไปหาข้อมูลเพิ่มเติมละ” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 30, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

2. ให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหาที่ได้รับไว้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์ปัญหา ร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

ความไม่ระมัดระวัง เงินทดรอง เงินต้น เงินส่วนหาง เงิน
ความผิดพลาด

ภาพที่ 3 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังเขียนได้ไม่ครบทุกตัวแปร ซึ่งยังมีตัวแปรที่นักเรียนยังไม่ได้ระบุ เช่น เนื้อเยื่อบริเวณผิวหนังถูกทำลาย ปริมาณสิ่งแปลกปลอมในร่างกาย การทำงานของเม็ดเลือดขาวกลุ่มฟาโกไซต์ เศษซากสิ่งแปลกปลอมที่ถูกทำลาย การทำงานของเม็ดเลือดขาว หลอดเลือดฝอยขยายตัว เกิดอาการปวดบวมแดง การอักเสบของผิวหนังบริเวณที่โดนหนามกหลาบดำ ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

ตารางที่ 27 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
ด้านที่ 2: การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร	1	3	1	2
		4	0	1
		5	1	1
	2	8	1	1
		10	1	1
	3	15	1	1
		4	0	0
		17	1	1
	5	18	1	1
		22	1	2
	6	26	0	1
		30	0	1
		31	1	1

ตารางที่ 27 (ต่อ)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
	7	33	0	1
		34	1	1
		35	0	0
		36	1	2
		37	0	1
		38	1	1

ด้านที่ 3 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อย่างไรก็ตามแม้ว่านักเรียนจะเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่ยังมีบางความสัมพันธ์ที่เขียนไม่ถูกต้อง และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ปรากฏดังตารางที่ 28 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการเรียนรู้ที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 1 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนบางคนยังเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและผลไม่ครบทุกคู่ และมีความสัมพันธ์บางคู่ที่เขียนไม่ถูกต้อง อีกทั้งใช้เพียงความคิดของตนเองเป็นหลักในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนอยู่เสมอ ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...เราจะรู้ได้ไงว่าตัวแปรคู่ไหนต้องแทนด้วยเครื่องหมายไหน นั่นสิเราถึงเหมือนกัน” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 33 และ 35, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...คู่ตัวแปรนี้ต้องแทนเป็นบวกหรือลบเนี่ย” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

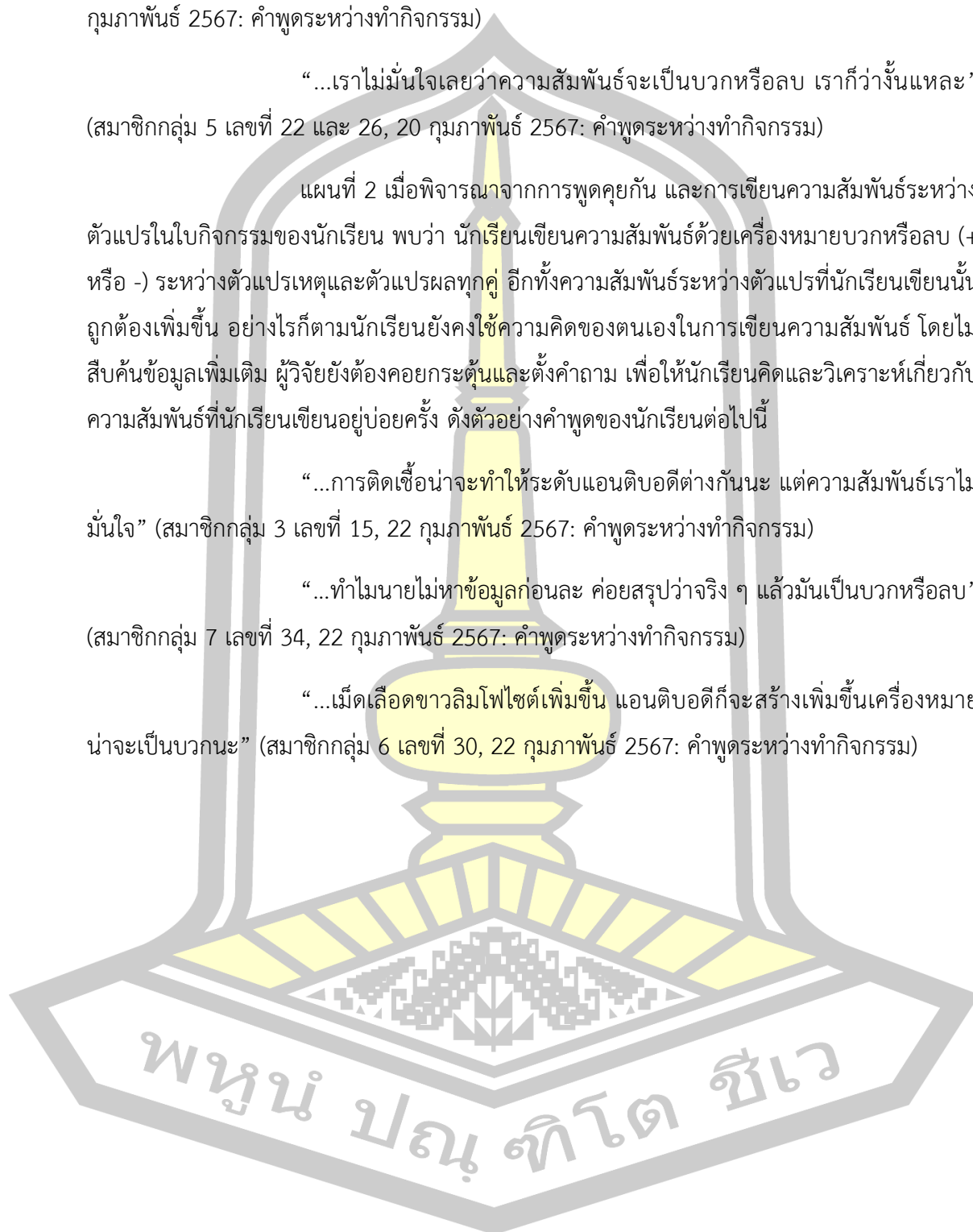
“...เราไม่มั่นใจเลยว่าความสัมพันธ์จะเป็นบวกหรือลบ เราก็อ้างนั่นแหละ” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 22 และ 26, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ อีกทั้งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนเขียนนั้น ถูกต้องเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามนักเรียนยังคงใช้ความคิดของตนเองในการเขียนความสัมพันธ์ โดยไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยยังต้องคอยกระตุ้นและตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนคิดและวิเคราะห์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนอยู่บ่อยครั้ง ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...การติดเชืื่อน่าจะทำให้ระดับแอนติบอดีต่างกันนะ แต่ความสัมพันธ์เราไม่มั่นใจ” (สมาชิกกลุ่ม 3 เลขที่ 15, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ทำไมนายไม่หาข้อมูลก่อนละ ค่อยสรุปว่าจริง ๆ แล้วมันเป็นบวกหรือลบ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 34, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เมื่อดูเลือดชาวลิมโฟไซต์เพิ่มขึ้น แอนติบอดีก็จะสร้างเพิ่มขึ้นเครื่องหมายน่าจะเป็นบวกนะ” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 30, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)



3. ให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลง ดังข้อ 3.1.1

3.1.1 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B (ผล)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางข้ามกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B ลดลง หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น ดังข้อ 3.1.2

3.1.2 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร B (ผล)

ความเร็ว $\xrightarrow{+}$ นานกว่าเวลา
 ความเร็ว $\xrightarrow{-}$ เกิดการกลับ
 นานกว่าเวลา $\xrightarrow{+}$ เมื่อวิ่งบนถนนที่ขรุขระ
 เมื่อวิ่งบนถนนที่ขรุขระ $\xrightarrow{-}$ สิ่งปลูกสร้างข้างทาง
 สิ่งปลูกสร้างข้างทาง $\xrightarrow{+}$ เกิดการกลับ
 เกิดการกลับ $\xrightarrow{+}$ เงินใจ

ภาพที่ 4 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบางความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนไม่ถูกต้อง กล่าวคือ ความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้อง ได้แก่ ความระมัดระวังคู่กับหนามกุหลาบดำ โดยนักเรียนแทนความสัมพันธ์เป็นบวก (+) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ถูกต้องควรแทนด้วยความสัมพันธ์เป็นลบ (-) เนื่องจากหากมีความระมัดระวังมากขึ้นก็จะส่งผลให้หนามกุหลาบดำลดลง ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

ตารางที่ 28 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 3	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
ด้านที่ 3: การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล	1	3	2	2
		4	1	2
		5	1	1
	2	8	2	2

ตารางที่ 28 (ต่อ)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 3	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
ทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด		10	1	2
	3	15	1	1
	4	16	0	1
		17	1	2
		18	1	1
	5	22	2	2
		26	0	1
	6	30	1	1
		31	1	1
	7	33	1	2
		34	1	1
		35	0	1
		36	2	2
		37	1	1
		38	1	2

ด้านที่ 4 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ แม้ว่านักเรียนจะนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ อย่างไรก็ตามยังมีความสัมพันธ์ที่ไม่ถูก อีกทั้งมีการเพิ่มเติมตัวแปรและความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ปรากฏดังตารางที่ 29 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการเรียนรู้ที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 1 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุใน ใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการนำคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็น แผนผังวงจรสาเหตุ อย่างไรก็ตามยังมีบางความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้องปรากฏในแผนผังวงจรสาเหตุที่ นักเรียนเขียน ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีการตรวจสอบแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนอยู่ เสมอ ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...อีก 5 นาที จะได้ออกไปนำเสนอหน้าห้องแล้ว กลุ่มเรายังไม่มีใครเขียน แผนผังเสร็จเลย” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 18, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ทำไมแผนผังของนายมีบางคู่ที่ไม่ได้ระบุเครื่องหมายละ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 38, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ดูแผนผังเราสิทำไมไม่มีวงจรเกิดขึ้นเหมือนของเธอเลยละ” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 26, 20 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

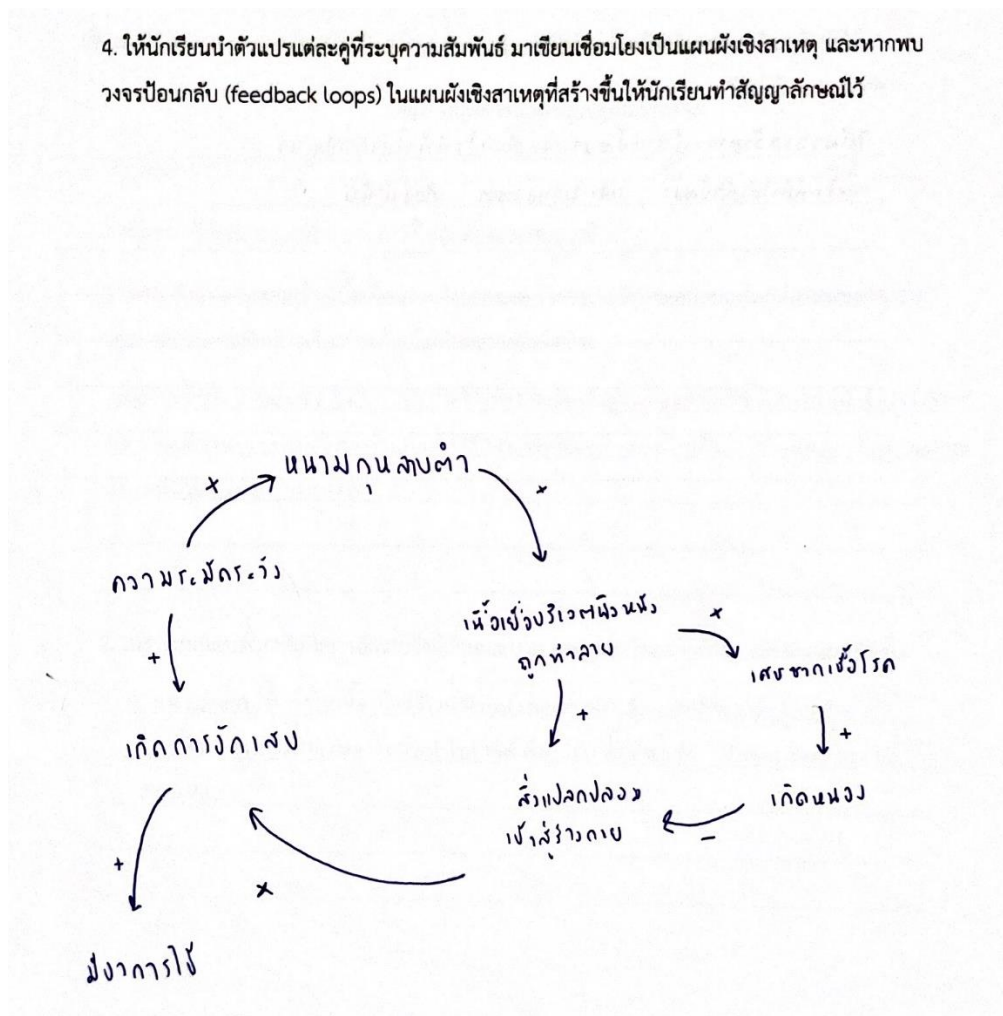
แผนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากการพูดคุยกัน และการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุใน ใบกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการนำคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็น แผนผังวงจรสาเหตุ อย่างไรก็ตามนักเรียนมีการเพิ่มเติมตัวแปรและความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลง ในแผนผังวงจรสาเหตุ ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน อยู่บ่อยครั้ง ดังตัวอย่างคำพูดของนักเรียนต่อไปนี้

“...เพิ่มตัวแปรนี้เข้าไปด้วยไหมเราคิดว่ามันน่าจะเกี่ยวข้องกันนะ” (สมาชิก กลุ่ม 3 เลขที่ 15, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ทำไมคู่ตัวแปรบางคู่ในแผนผังของนายเขียนเครื่องหมายไม่เหมือนเพื่อนใน กลุ่มละ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 33, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราลากเส้นมาเชื่อมตัวแปรนี้กับอีกตัวแปรดีไหม แล้วให้ความสัมพันธ์มันเป็นเครื่องหมายบวก” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 22, 22 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

4. ให้นักเรียนนำตัวแปรแต่ละคู่ที่ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้



ภาพที่ 5 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ โดยนำคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ และความสัมพันธ์ส่วนใหญ่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนมีการเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผลลงในแผนผัง กล่าวคือ นักเรียนมีการเพิ่มเติมตัวแปรและความสัมพันธ์อย่างไม่สมเหตุสมผล ได้แก่ เนื้อเยื่อบริเวณผิวหนังถูกทำลายคู่เศษซากเชื้อโรคความสัมพันธ์เป็นบวก (+) เศษซากเชื้อโรคคู่การเกิดหนองความสัมพันธ์เป็นบวก (+) ซึ่งนักเรียนได้ 0 คะแนน

ตารางที่ 29 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 4	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			1	2
ด้านที่ 4: การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียน แผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มา เขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์	1	3	1	2
		4	1	2
		5	1	1
	2	8	1	1
		10	1	2
	3	15	1	1
	4	16	1	1
		17	1	2
		18	1	1
	5	22	2	2
		26	1	2
	6	30	1	1
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	1	1
		35	0	0
		36	2	2
		37	1	1
		38	2	2

2. แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบทำวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งเป็นแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคะแนนการการคิดเชิงระบบ ปรากฏดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัว แปรที่เป็น ปัจจัย เกี่ยวเนื่อง กับปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่าง ตัวแปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)		
3	3	2	2	2	9	ดี
4	3	2	2	2	9	ดี
5	3	2	2	2	9	ดี
8	3	2	2	2	9	ดี
10	3	2	2	2	9	ดี
15*	2	1	2	1	6	พอใช้
16*	2	1	2	1	6	พอใช้
17*	2	1	2	1	6	พอใช้
18*	2	1	2	1	6	พอใช้
22	3	2	2	2	9	ดี
26*	2	1	2	1	6	พอใช้
30*	2	1	2	1	6	พอใช้
31*	2	1	2	2	7	พอใช้
33*	2	1	2	1	6	พอใช้
34*	2	1	2	2	7	พอใช้
35**	1	1	1	1	4	ปรับปรุง
36	3	2	2	2	9	ดี
37*	2	1	2	1	6	พอใช้
38	3	2	2	2	9	ดี

ตารางที่ 30 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การกำหนดประเด็นปัญหา (4)	การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา (4)	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (4)	การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (4)		
เฉลี่ย	2.37	1.42	1.95	1.53	7.26	พอใช้
ร้อยละ	59.21	35.53	48.68	38.16	45.39	

หมายเหตุ: * หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ และ ** หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุง

จากตารางที่ 30 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 8 คน มีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 11 คน มีการคิดเชิงระบบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งนักเรียนจำนวน 1 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปรับปรุง และนักเรียนจำนวน 10 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมของนักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 45.39 ในขณะที่พิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบรวมด้านละ 4 คะแนนเต็ม พบว่า ด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.37 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 59.21 ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 35.53 ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.95 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 48.68 และด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 38.16 ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ มีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

การพักผ่อนไม่เพียงพอ และ เชื้อโรคที่หาได้เกิดสิ่วอักเสบ
ตอนสัมผัสใบไม้

2

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการกำหนดประเด็นปัญหานั้น เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา)

- นอนดึก	- การกำจัด เชื้อโรค
- สัมผัสใบไม้	- การหาของเชื้อโรค และ วัสดุ สอด ขวัก หัก
- การสัมผัสใบไม้	- สัตว์พาหนะ
- การอักเสบ	- วัสดุ สอด ขวัก แบบ ไฟโฟลด์
- ไฟโฟลด์	- การเกิดสิ่วอักเสบ
- แผล	- ความเครียด
- การปวด	
- การบวมแดง	
- ผิวหนัง	
- การติดเชื้อ	

1

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 7 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนเขียนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังเขียนไม่ครบทุกตัวแปร ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

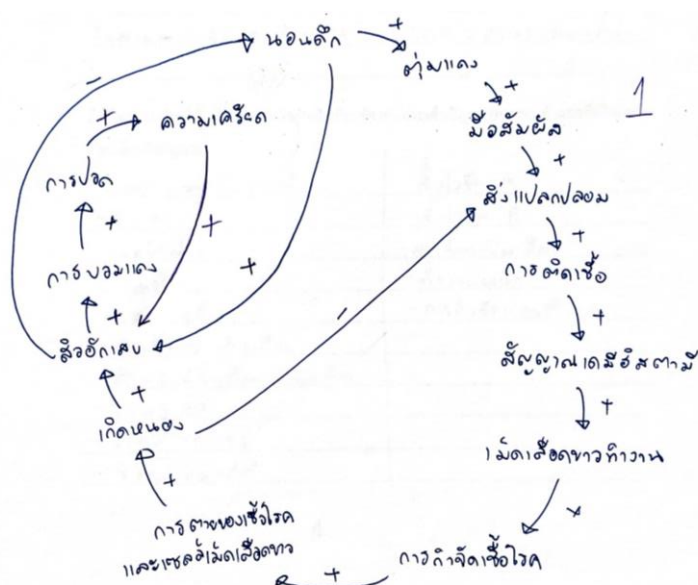
3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

นอนดึก $\rightarrow$ ตุ่มแดง, การอักเสบ $\rightarrow$ การบวมแดง
 ตุ่มแดง $\rightarrow$ ลีวอักเสบ, การบวมแดง $\rightarrow$ การปวด
 มือสัมผัส $\rightarrow$ การติดเชื้อ, นอนดึก $\rightarrow$ ความเครียด
 การติดเชื้อ $\rightarrow$ สัญญาณเตือนอันตราย, ความเครียด $\rightarrow$ ลีวอักเสบ
 สัญญาณเตือน $\rightarrow$ มีดบาดขาแบบฟกช้ำ, นอนไว $\rightarrow$ ลีวอักเสบ
 มีดบาดขา $\rightarrow$ กำจัดเชื้อโรค
 กำจัดเชื้อโรค $\rightarrow$ การหายของเชื้อโรค (และเซลล์มีดบาดขา)
 การหายของเชื้อโรค $\rightarrow$ มีดบาดขา $\rightarrow$ เกิดหนอง
 เกิดหนอง $\rightarrow$ การอักเสบ

ภาพที่ 8 ตัวอย่างการทำให้แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ทำวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบางความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการทำให้แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ทำวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนนำตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือมีการเพิ่มเติมความสัมพันธ์อย่างสมเหตุสมผล แต่มีบางความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

3. แบบบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยให้นักเรียนสะท้อนความคิดหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ว่านักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร โดยแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

1) อนุทินของนักเรียนในด้านการระบุประเด็นปัญหา ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา โดยการพิจารณาจากสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนดให้อ่าน และวิเคราะห์หาต้นเหตุหรือสาเหตุของปัญหานั้น ๆ เพื่อทำการระบุเป็นประเด็นปัญหา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 10

1. หากจะระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้อ่านและวิเคราะห์
ต้นเหตุหรือสาเหตุของปัญหานั้น ๆ

ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1

2) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา โดยการพิจารณาด้านเหตุของโรคที่เกิดขึ้นว่ามีสาเหตุมาจากอะไรบ้างและเกิดขึ้นได้อย่างไร ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาได้ แต่ยังไม่ครบทุกตัวแปร เนื่องจากยังขาดตัวแปรที่เป็นผลของการเกิดปัญหานั้นขึ้น อีกทั้งนักเรียนไม่ทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อนำมาระบุเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพิ่มเติม จึงส่งผลให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหายังไม่ครบทุกตัวแปร ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 11

2. หากจะระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาจากต้นเหตุของโรคที่เกิดขึ้นว่า สาเหตุจากอะไรแล้ว เกิดขึ้นได้อย่างไร

ภาพที่ 11 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 1

3) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการพิจารณาว่าแต่ละตัวแปรส่งผลต่อกันอย่างไร เช่น เจมส์นอนดึกมีความเครียดส่งผลให้เป็นสิว ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบเครื่องหมายบวก (+) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 12

3. หากจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาจากต้นเหตุของโรคที่เกิดขึ้นว่า สาเหตุจากอะไรแล้ว เกิดขึ้นได้อย่างไร

ภาพที่ 12 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วงจรปฏิบัติการที่ 1

4) อนุทินของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ จากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยการดูจากเหตุและผลรวมถึงความเชื่อมโยงต่าง ๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้ แต่ยังขาดการวางแผนเกี่ยวกับการเลือกคู่ตัวแปรที่เป็นจุดเริ่มต้นของแผนผังวงจรเชิงสาเหตุ ส่งผลให้นักเรียนไม่พบวงจรในแผนผังที่นักเรียนเขียนขึ้น ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 13

4. หากจะนำตัวแปรมาสร้างเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

ดูจากเหตุและผล ความเชื่อมโยงต่าง ๆ

ภาพที่ 13 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา เพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ปรากฏดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และแนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1. นักเรียนบางคนไม่ค่อยสนใจอ่านสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา เนื่องจากมีเฉพาะตัวหนังสือและเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเผชิญ อีกทั้งนักเรียนไม่ทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาประกอบในกำหนดประเด็นปัญหา	ผู้วิจัยควรปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน และควรสอดแทรกคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และควรตั้งคำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และเป็นแนวทางในการนำไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหามากขึ้น
2. นักเรียนบางคนใช้เพียงความคิดของตนเองเป็นหลัก ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหา โดยไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม	ผู้วิจัยต้องคอยตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และเห็นค่าสำคัญต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหาให้ถูกต้องและครบถ้วนมากขึ้น
3. นักเรียนบางคนยังเข้าใจความหมายของความสัมพันธ์ที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) คลาดเคลื่อน รวมถึงพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยความคิดของตนเองเป็นหลัก โดยไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม	ผู้วิจัยควรยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) และควรกระตุ้นให้นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากความสัมพันธ์ที่ระบุ เพื่อนำมาพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์นั้น ๆ

ตารางที่ 31 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
4. นักเรียนบางคนมีการเพิ่มความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ	ผู้วิจัยควรตั้งคำถามให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมเหตุสมผล และตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก่อนเพิ่มความสัมพันธ์ลงในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน
5. เวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนไม่เพียงพอ	ผู้วิจัยควรปรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้นให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น และคอยกระตุ้นให้นักเรียนรักษาเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละชั้นอยู่เสมอ

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

เมื่อสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้มีการนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยมีการปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน และผู้วิจัยมีการสอดแทรกคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และมีการตั้งคำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และเป็นแนวทางในการนำไปสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหามากขึ้น และในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยจะมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และเห็นคำสำคัญต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้ถูกต้องและครบถ้วน อีกทั้งผู้วิจัยจะมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) และมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่นักเรียนระบุ และในระหว่างที่นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ ผู้วิจัยจะมีการตั้งคำถามให้นักเรียนได้

คิดวิเคราะห์ และเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมเหตุสมผล และตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก่อนเพิ่มความสัมพันธ์ลงในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน และผู้วิจัยจะมีการปรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้นให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น และคอยกระตุ้นให้นักเรียนรักษาเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละชั้นอยู่เสมอ

2.2 ชั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คือ

แผนที่ 3 การสร้างภูมิคุ้มกัน จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 4 โรคภูมิแพ้ จำนวน 2 ชั่วโมง

2.3 ชั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4 ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติ ดังนี้

1. แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบแบบมีโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลดังนี้

ด้านที่ 1 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการกำหนดประเด็นปัญหา “นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและจากการพูดคุยกันระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการกำหนดประเด็นปัญหา โดยนักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และประเด็นปัญหาดังกล่าวครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด กล่าวคือ นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากข้อมูลในสถานการณ์ปัญหา มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม อีกทั้งนักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่างภาพประกอบและเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในคลิปวิดีโอ รวมถึงเชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์ของตนเอง ในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ปรากฏดังตารางที่ 32 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 3 และแผนการเรียนรู้ที่ 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 3 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ในสถานการณ์ปัญหาหามีคำว่ากรณีวัดขึ้นและการฉีดเชิร์ม เราหาข้อมูลดู แล้วมันเกี่ยวกับการสร้างภูมิคุ้มกันอะเพื่อน” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ฉีดวัดขึ้นแล้วยังทำให้ลิซ่าเป็นโรคบาททะยัก แต่ลิซ่าฉีดเชิร์มกลับไม่เป็น แสดงว่าฉีดเชิร์มทำให้สร้างภูมิคุ้มกันได้เร็วกว่าการฉีดวัดขึ้นแน่เลยเราว่า” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราว่าประเด็นปัญหาน่าจะเกี่ยวกับการสร้างภูมิคุ้มกันที่ต่างกันระหว่างการฉีดเชิร์มกับวัดขึ้นนะ” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 4 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...เราเคยมีผื่นแบบภาพที่อาจารย์ให้ดูเลย เหมือนตอนนั้นเราเผลอกินกุ้งเข้าไปทั้งที่เราแพ้กุ้ง” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 34, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...คลิปที่อาจารย์ให้ดูมันเหมือนเป็นกลไกการทำงานของเม็ดเลือดขาว แสดงว่าผื่นแดงที่เกิดขึ้นน่าจะเกี่ยวกับเม็ดเลือดขาวแน่เลย” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 30, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราหาข้อมูลเพิ่มเติมเขาบอกว่าถ้าเกิดอาการแบบนี้หลังกินอาหารที่แพ้ ภายใน 10-20 นาที ถือว่าเป็นอาการแพ้แบบเฉียบพลัน แสดงว่าประเด็นปัญหาแน่เลย” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

1. ให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

รวมคะแนนได้คะแนน

ภาพที่ 14 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และประเด็นปัญหาครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ทั้งหมด กล่าวคือ

สถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเกี่ยวข้องกับร่างกายแสดงอาการแพ้หลังรับประทานอาหาร 10-20 นาที ซึ่งถือเป็นอาการแพ้ที่เกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

ตารางที่ 32 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 1	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			3	4
ด้านที่ 1: การกำหนดประเด็นปัญหา นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็น ปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหา ได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ทั้งหมด	1	3	2	2
		4	1	2
		5	2	2
	2	8	1	2
		10	2	2
	3	15	2	2
	4	16	1	2
		17	1	2
		18	1	2
	5	22	2	2
		26	2	1
	6	30	1	2
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	1	2
		35	1	1
		36	2	2
		37	1	2
		38	2	2

ด้านที่ 2 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จาก

สถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำการกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ทุกแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา โดยนักเรียนส่วนใหญ่เขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องและครบทุกตัวแปร อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางคนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาไม่ครบทุกตัวแปร และมีบางตัวแปรที่ไม่ถูกต้อง โดยนักเรียนบางคนไม่นำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในกลุ่มอยู่บ่อยครั้ง และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 33 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 3 และแผนการเรียนรู้ที่ 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 3 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ตัวแปรมันต้องเกี่ยวกับกลไกการทำงานของวัคซีนกับเชื้รุ่มแน่ ๆ” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำการกิจกรรม)

“...เราเจอข้อมูลจากเว็บไซต์หนึ่งเขียนว่าการฉีดเชื้รุ่มหรือฉีดวัคซีนจะมีผลต่อการทำงานของเม็ดเลือดขาว งั้นเราเพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดขาวเข้าไปด้วยไหม เราว่าน่าจะได้นะ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 36, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำการกิจกรรม)

“...เราว่าตัวแปรน่าจะมีเหยียบไม้เสียบลูกชิ้น ร่างกายได้รับเชื้อบาดทะยักเม็ดเลือดขาวสร้างแอนติบอดีทำลายเชื้อ มีใครจะเพิ่มเติมตัวแปรไหนไหม” (สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 30, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำการกิจกรรม)

แผนที่ 4 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...แสดงว่าเขาต้องแพ้อะไรสักอย่างในหมู่กระทะที่กิน เธอคิดเหมือนเราไหม” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำการกิจกรรม)

“...ตัวแปรที่เราหามาเหมือนกับที่นายเล่าให้ฟังเลย อีกอย่างมันเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่พวกเราระบุด้วย งั้นเราเขียนตัวแปรนี้เพิ่มลงไปด้วยดีกว่า” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 26, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำการกิจกรรม)

“...เราหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับยาแอนติฮิสตามีน มันเป็นยาที่ส่งผลต่อการทำงานของเม็ดเลือดขาวเบโซฟิลในการหลั่งฮิสตามีน เราเพิ่มตัวแปรนี้เข้าไปด้วยไหม” (สมาชิกกลุ่ม 3 เลขที่ 15, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

2. ให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับไว้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์
ปัญหาร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

วิชาวิทยาศาสตร์ 1-2 วันสองสัปดาห์ ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด ปริมาณสารเคมี
ในตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่ไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา 1g E. เราได้ลองหาข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมี
ที่ออกฤทธิ์ของสารเคมีที่ต่างกัน จากแหล่งข้อมูลที่มี นักวิทยาศาสตร์ มีเอกสารและข้อมูลของ
นาฬิกาชีวภาพ ซึ่งสามารถใช้ในการวัดเวลาของปฏิกิริยาเคมีได้

ภาพที่ 15 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 15 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหาได้ถูกต้องและครบทุกตัวแปร กล่าวคือ นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นต้นเหตุและผลที่ตามมาของการเกิดปัญหา รวมถึงกลไกการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายที่เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

ตารางที่ 33 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			3	4
ด้านที่ 2: การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหา นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร	1	3	2	2
		4	1	1
		5	1	2
	2	8	1	1
		10	1	2
	3	15	1	2
	4	16	0	1
		17	1	1
		18	1	2
	5	22	2	2

ตารางที่ 33 (ต่อ)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			3	4
	6	26	1	2
		30	1	1
		31	1	2
	7	33	1	1
		34	1	1
		35	0	1
		36	2	2
		37	1	1
		38	1	2

ด้านที่ 3 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร “นักเรียนจะต้องมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ทุกแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยนักเรียนส่วนใหญ่เขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนถูกต้องทั้งหมด อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางคนเขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้อง เนื่องจากนักเรียนไม่มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ตนเองเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนกับสมาชิกภายในกลุ่ม และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 34 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 3 และแผนการเรียนรู้ที่ 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 3 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ตอนต้นชั่วโมงที่อาจารย์ให้พวกเราแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปร เรา
จะแทนด้วยเครื่องหมายบวก เมื่อความสัมพันธ์มันไปในทิศทางเดียวกัน เราเข้าใจถูกต้องแล้วใช่ไหม”
(สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ใช่ๆ ถูกแล้ว ส่วนเครื่องหมายลบจะแทนเมื่อความสัมพันธ์มันไปในทิศ
ทางตรงข้ามกัน” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 18, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

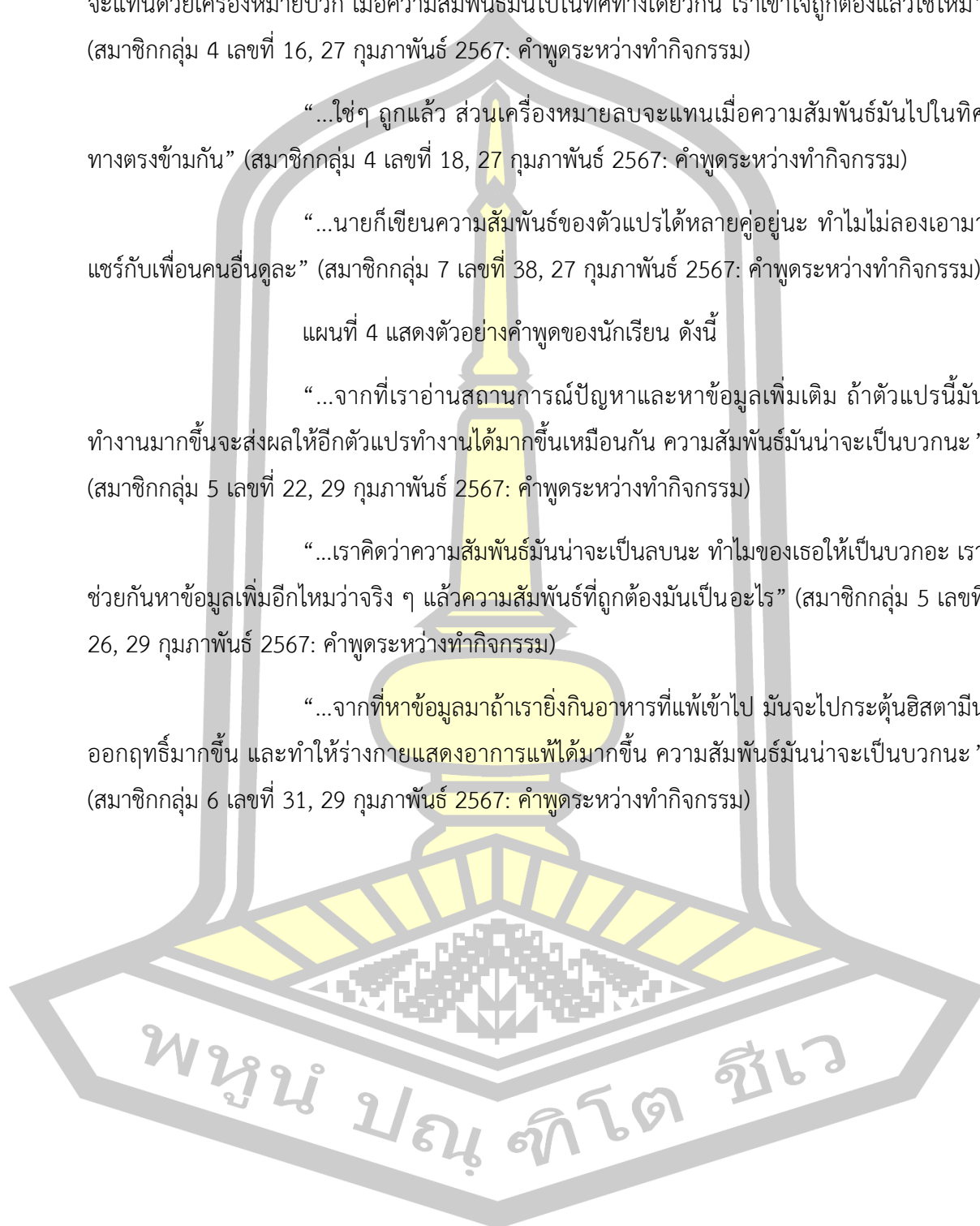
“...นายก็เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรได้หลายคู่อยู่นะ ทำไมไม่ลองเอามา
แชร์กับเพื่อนคนอื่นดูละ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 38, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 4 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...จากที่เราอ่านสถานการณ์ปัญหาและหาข้อมูลเพิ่มเติม ถ้าตัวแปรนี้มัน
ทำงานมากขึ้นจะส่งผลให้อีกตัวแปรทำงานได้มากขึ้นเหมือนกัน ความสัมพันธ์มันน่าจะเป็นบวกนะ ”
(สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 22, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราคิดว่าความสัมพันธ์มันน่าจะเป็นลบนะ ทำไมของเธอให้เป็นบวกอะ เรา
ช่วยกันหาข้อมูลเพิ่มเติมอีกไหมว่าจริง ๆ แล้วความสัมพันธ์ที่ถูกต้องมันเป็นอะไร” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่
26, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...จากที่หาข้อมูลมาถ้าเรายังกินอาหารที่แพ้เข้าไป มันจะไปกระตุ้นฮิสตามีน
ออกฤทธิ์มากขึ้น และทำให้ร่างกายแสดงอาการแพ้มากขึ้น ความสัมพันธ์มันน่าจะเป็นบวกนะ ”
(สมาชิกกลุ่ม 6 เลขที่ 31, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)



3.ให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลง ดังข้อ 3.1.1

3.1.1 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B (ผล)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางข้ามกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B ลดลง หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น ดังข้อ 3.1.2

3.1.2 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร B (ผล)

รับประทานนมถั่วเหลือง 1-2 ขวดต่อสัปดาห์ $\rightarrow$ ปริมาณสารฟอสโฟลิพิดในร่างกาย
 ปริมาณสารฟอสโฟลิพิดในร่างกาย $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์ $1.9E$
 การรับประทานนมถั่วเหลือง (ต่อสัปดาห์) $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์ $1.9E$
 การรับประทานนมถั่วเหลือง (ต่อสัปดาห์) $\rightarrow$ ปริมาณสารฟอสโฟลิพิดในร่างกาย
 การรับประทานนมถั่วเหลือง (ต่อสัปดาห์) $\rightarrow$ ร่างกายผลิตคอเลสเตอรอล
 เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์ $1.9E$ $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์
 เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์ $\rightarrow$ การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ
 การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ $\rightarrow$ ร่างกายผลิตคอเลสเตอรอล
 รับประทานนมถั่วเหลือง 1-2 ขวดต่อสัปดาห์ $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์
 เม็ดเลือดขาวที่มีไขมันในผนังเยื่อหุ้มเซลล์ $\rightarrow$ การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ
 การออกฤทธิ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ $\rightarrow$ ร่างกายผลิตคอเลสเตอรอล
 รับประทานนมถั่วเหลือง 1-2 ขวดต่อสัปดาห์ $\rightarrow$ ร่างกายผลิตคอเลสเตอรอล

ภาพที่ 16 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบางความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนไม่ถูกต้อง ได้แก่ รับประทานยาแอนติฮิสตามีนกับเม็ดเลือดขาวเบโซฟิล หลังสารฮิสตามีน โดยนักเรียนแทนความสัมพันธ์เป็นบวก (+) ซึ่งความสัมพันธ์ที่ถูกต้องควรแทนด้วยความสัมพันธ์เป็นลบ (-) เนื่องจากหากมีการรับประทานยาแอนติฮิสตามีนเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เม็ดเลือดขาวเบโซฟิลหลังสารฮิสตามีนได้ลดลง ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

ตารางที่ 34 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 3	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			3	4
ด้านที่ 3: การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล ทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด	1	3	2	2
		4	2	2
		5	2	2
	2	8	2	2
		10	1	2
	3	15	2	2
	4	16	1	1
		17	2	2
		18	2	2
	5	22	2	2
		26	1	2
	6	30	1	2
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	1	2
		35	1	1
		36	2	2
		37	1	2
		38	2	2

ด้านที่ 4 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนใน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ทุกแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยนักเรียนส่วนใหญ่เขียนแผนผังวงจรสาเหตุ โดยนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ อีกทั้งยังมีการเพิ่มเติมได้อย่างสมเหตุสมผล และความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุถูกต้องทั้งหมด อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางคนเขียนเพิ่มเติมความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ เนื่องจากในระหว่างที่สมาชิกคนอื่นในกลุ่มร่วมกันพูดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นต่าง ๆ ในแผนผังวงจรสาเหตุที่แต่ละคนเขียน นักเรียนบางคนไม่นำแผนผังวงจรสาเหตุที่ตนเองเขียนมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกคนอื่น ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพูดคุยและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนอยู่บ่อยครั้ง และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ปรากฏดังตารางที่ 35 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 3 และแผนการเรียนรู้ที่ 4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 3 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...แผนผังที่พวกเราเขียนคล้ายกันเลย แต่มีบางคู่ที่แทนเครื่องหมายไม่เหมือนกัน ทำไมเธอถึงให้คู่นี้เป็นลบละ” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 18, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ทำไมเธอถึงให้ความสัมพันธ์ระหว่างคู่นี้เป็นบวกละ เพื่อนในกลุ่มเราให้เป็นลบกันหมดเลย” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 22, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

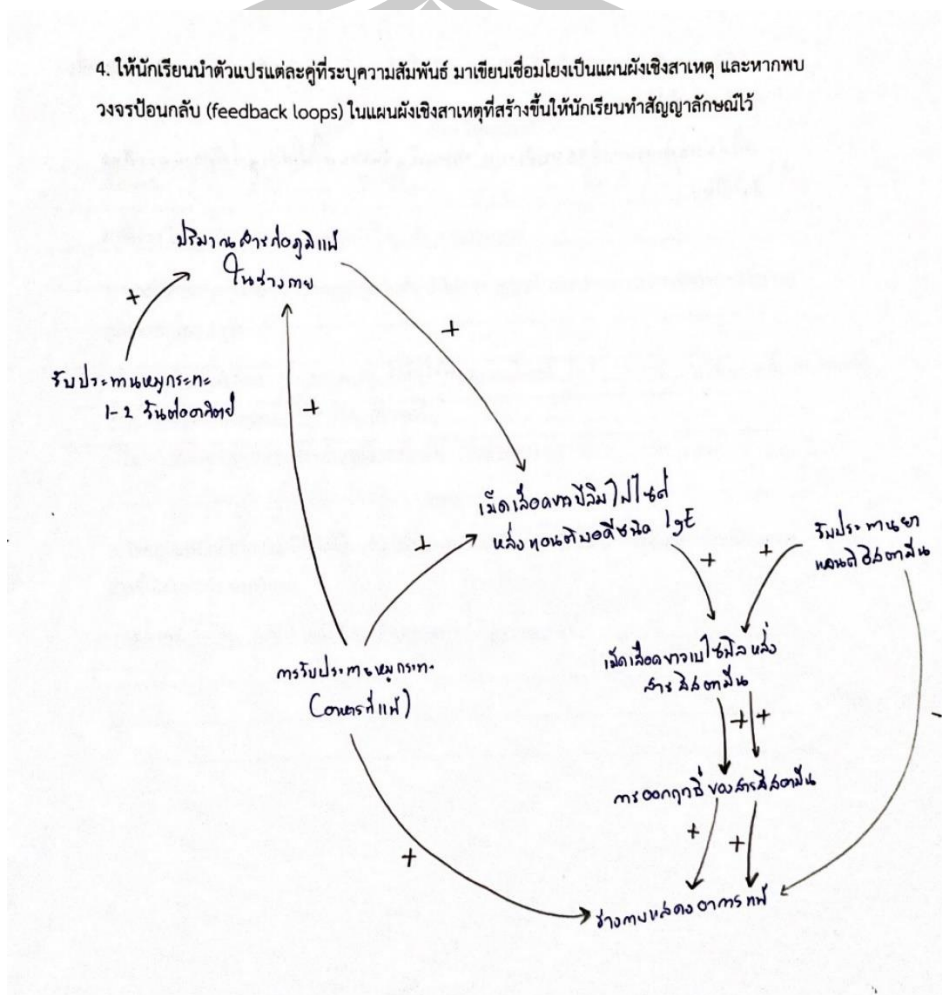
“...ทำไมนายไม่แชร์ข้อมูลในแผนผังที่นายเขียนกับเพื่อน ๆ ละ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 27 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 4 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ทำไมคู่ตัวแปรนี้ในข้อ 3 นายเขียนความสัมพันธ์เป็นเครื่องหมายลบ แต่พอเอามาเขียนเป็นแผนผังทำไมเขียนเป็นเครื่องหมายบวกแทนละ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 33, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...อ้อจริงด้วยเดี๋ยวเราลองเช็คคู่อีกทีก่อนนะ แล้วเธอละเขียนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรนี้ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบอะ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 34, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราเจอข้อมูลว่ายาแอนติฮีสตามีนมีผลทำให้การหลั่งฮีสตามีนลดลง และเมื่อฮีสตามีนหลั่งน้อยลง ร่างกายจะแสดงอาการแพ้ลดลง” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 18, 29 กุมภาพันธ์ 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)



ภาพที่ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ โดยนำคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ แต่มีบางความสัมพันธ์ที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนไม่ถูกต้อง ได้แก่ รับประทานยาแอนติฮีสตามีน คู่เม็ดเลือดขาวเบโซฟิล หลังสารฮีสตามีน ซึ่งนักเรียนแทนความสัมพันธ์เป็นบวก (+) แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ที่ถูกต้อง คือความสัมพันธ์เป็นลบ (-) ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

ตารางที่ 35 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 4	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			3	4
ด้านที่ 4: การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียน แผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มา เขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์	1	3	2	2
		4	1	2
		5	1	2
	2	8	1	1
		10	1	2
	3	15	1	1
	4	16	1	1
		17	1	2
		18	2	2
	5	22	2	2
		26	1	2
	6	30	1	1
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	1	2
		35	1	1
		36	1	2
		37	1	2
		38	2	2

2. แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบทำวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งเป็นแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคะแนนการการคิดเชิงระบบ ปรากฏดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 2

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนน รวม (16)	ระดับการ คิดเชิง ระบบ
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัวแปร ที่เป็นปัจจัย เกี่ยวข้องกับ ปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่าง ตัวแปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)		
3	3	2	3	3	11	ดี
4	4	2	3	3	12	ดี
5	3	2	2	3	10	ดี
8	3	2	2	2	9	ดี
10	3	2	2	2	9	ดี
15	4	2	2	2	10	ดี
16*	3	2	2	1	8	พอใช้
17	4	2	3	3	12	ดี
18	4	3	3	3	13	ดีมาก
22	4	3	3	3	13	ดีมาก
26	4	2	2	2	10	ดี
30	4	2	2	2	10	ดี
31	3	2	3	2	10	ดี
33	3	2	2	2	9	ดี
34	4	2	3	2	11	ดี
35*	3	2	2	1	8	พอใช้
36	4	2	3	3	12	ดี
37*	3	2	2	1	8	พอใช้
38	4	3	3	3	13	ดีมาก
เฉลี่ย	3.53	2.16	2.47	2.26	10.42	ดี

ตารางที่ 36 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนนรวม (16)	ระดับการคิดเชิงระบบ
	การกำหนดประเด็นปัญหา (4)	การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวกับปัญหา (4)	การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (4)	การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (4)		
ร้อยละ	88.16	53.95	61.84	56.58	65.13	

หมายเหตุ: * หมายถึง นักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้

จากตารางที่ 36 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 16 คน มีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป โดยพบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 3 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 13 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดี และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 3 คน มีการคิดเชิงระบบที่ไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งนักเรียนจำนวน 3 คน มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมของนักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 10.42 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.13 ในขณะที่พิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบรวมด้านละ 4 คะแนนเต็ม พบว่า ด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 88.16 ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวกับปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.95 ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.47 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.84 และด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 56.58 ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ มีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

.....
 ภาวณไ้รับสารที่ท้ทำไ้เกิดกรณี

2

ภาพที่ 18 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 18 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการกำหนดประเด็นปัญหานั้น เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา)

- | | |
|---|-------------------------|
| - ดอกไม้ในสวนสาธารณะ | - รวบรวมเกิดอาการแพ้ |
| - สีอากาศทางผิว | - กลืนดอกไม้ |
| - สีส้มกล้วย | - อยู่บริเวณที่มีดอกไม้ |
| - ผิวหนังที่แพ้แดด | |
| - สีอากาศ | |
| - ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ | |
| - เม็ดเลือดขาวปฏิกิริยาแพ้ของแอนติบอดี ชนิด IgE | |
| - เม็ดเลือดขาวเนื้อเยื่ออักเสบ | |
| - การอักเสบของเนื้อเยื่ออักเสบ | |
| - กลืนดอกไม้ไม่มีอาการ | |

1

ภาพที่ 19 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนเขียนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังเขียนไม่ครบทุกตัวแปร ซึ่งนักเรียนได้ 1 คะแนน

3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

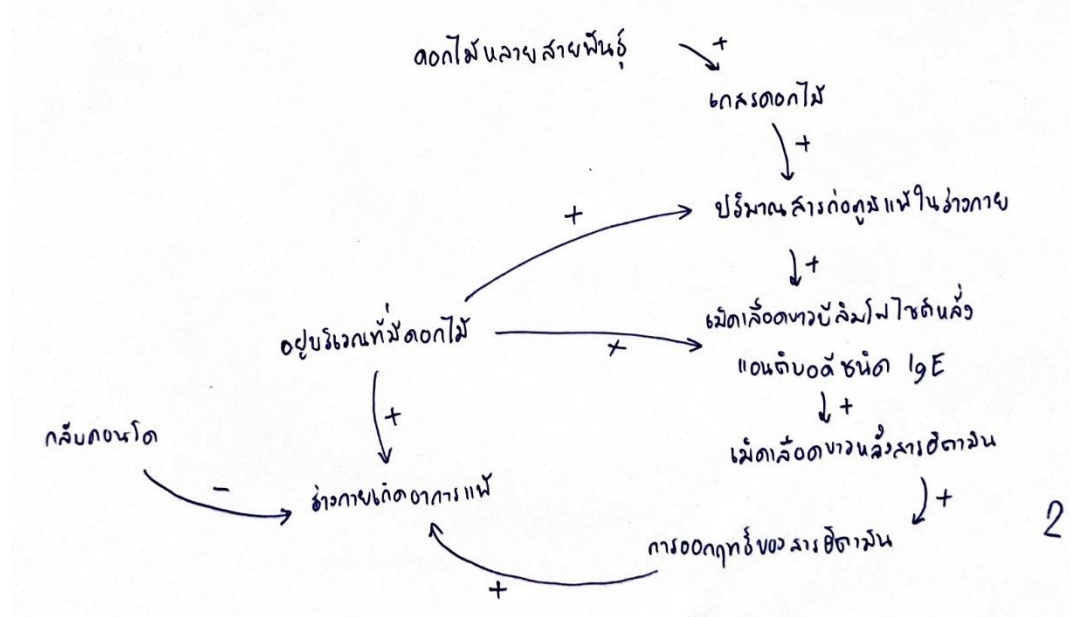
- ดอกไม้ในสวนสาธารณะ $\rightarrow$ กลืนดอกไม้
- กลืนดอกไม้ $\rightarrow$ ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ
- ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวปฏิกิริยาแพ้ของแอนติบอดี ชนิด IgE
- เม็ดเลือดขาวปฏิกิริยาแพ้ของแอนติบอดี IgE $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวเนื้อเยื่ออักเสบ
- เม็ดเลือดขาวเนื้อเยื่ออักเสบ $\rightarrow$ การอักเสบของเนื้อเยื่ออักเสบ
- การอักเสบของเนื้อเยื่ออักเสบ $\rightarrow$ รวบรวมเกิดอาการแพ้
- อยู่บริเวณที่มีดอกไม้ $\rightarrow$ รวบรวมเกิดอาการแพ้
- อยู่บริเวณที่มีดอกไม้ $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวปฏิกิริยาแพ้ของแอนติบอดี IgE
- อยู่บริเวณที่มีดอกไม้ $\rightarrow$ ปริมาณสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ
- กลืนดอกไม้ $\rightarrow$ รวบรวมเกิดอาการแพ้

2

ภาพที่ 20 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 20 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ทำยวจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และถูกต้องทุกความสัมพันธ์ ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



ภาพที่ 21 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ทำยวจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนนำตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ และถูกต้องทุกความสัมพันธ์ ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

3. แบบบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยให้นักเรียนสะท้อนความคิดหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ว่านักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร โดยแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

1) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุประเด็นปัญหา ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา โดยการพิจารณาจากสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนด และใช้ความรู้ประกอบในการระบุประเด็นปัญหา ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 22

1. หากจะระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาจากสถานการณ์ที่ออกมา และ ความรู้ประกอบ

ภาพที่ 22 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2

2) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา อนุทินของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา โดยการพิจารณาความเกี่ยวข้องของปัจจัยต่าง ๆ ว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาได้ แต่ยังไม่ครบทุกตัวแปร เนื่องจากนักเรียนไม่ได้นำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นจากแหล่งต่าง ๆ มาระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพิ่มเติม ส่งผลให้นักเรียนยังระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาได้ไม่ครบทุกตัวแปร ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 23

2. หากจะระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

ดูจาก ความเกี่ยวข้องของปัจจัยต่างๆ ว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร

ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 2

3) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการพิจารณาจากแนวโน้มการเพิ่มหรือลดของตัวแปร ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 24

3. หากจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาจากแผนผังการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร

ภาพที่ 24 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วงจรปฏิบัติการที่ 2

4) อนุทินของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ จากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรแล้วนำมาวาดแผนภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้ ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 25

4. หากจะนำตัวแปรมาสร้างเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปร แล้วนำมาวาดแผนภาพ

ภาพที่ 25 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา เพื่อนำไปพัฒนาการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ปรากฏดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และแนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1. นักเรียนบางคนระบุตัวแปรยังไม่ครบถ้วน อีกทั้งมีบางตัวแปรที่นักเรียนระบุนั้นไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ช่วยเพื่อนหาข้อมูล หรือไม่นำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้วิจัยควรคอยกระตุ้นให้นักเรียนช่วยเพื่อนในกลุ่มหาข้อมูล และควรกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของตัวแปรที่นักเรียนระบุ

ตารางที่ 37 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
2. นักเรียนบางคนระบุนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางคู่ไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่นำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ตนเองระบุมาร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ตนเองระบุกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุ
3. นักเรียนบางคนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุโดยมีบางความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่นำแผนผังวงจรสาเหตุที่ตนเองเขียนมาร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้วิจัยควรคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

เมื่อสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้มีการนำมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยในระหว่างที่นักเรียนมีการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ผู้วิจัยจะมีการกระตุ้นให้นักเรียนช่วยเพื่อนในกลุ่มหาข้อมูล รวมถึงกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของตัวแปรที่นักเรียนระบุ และในระหว่างที่นักเรียนมีการระบุนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผู้วิจัยจะมีการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุ และในระหว่างที่นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ ผู้วิจัยจะมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน

3.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการนำแผนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่พัฒนาแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยแผนที่สร้างขึ้นและนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 คือ

แผนที่ 5 ภูมิทัศน์ทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง จำนวน 2 ชั่วโมง

แผนที่ 6 ภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ HIV จำนวน 2 ชั่วโมง

3.3 ขั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-6 ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยใช้เครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติ ดังนี้

1. แบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบแบบมีโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่บ่งชี้ถึงพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ผลดังนี้

ด้านที่ 1 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการกำหนดประเด็นปัญหา “นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็นปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรมและจากการพูดคุยกันระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการกำหนดประเด็นปัญหา ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนมีพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และประเด็นปัญหานั้นครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ทั้งหมด โดยนักเรียนนำคำสำคัญที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหาไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ และนำข้อมูลเหล่านั้นมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และมีการเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับสถานการณ์ปัญหาและภาพประกอบ เพื่อสรุปเป็นประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ปรากฏดังตารางที่ 38 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 5 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...เราคิดว่าประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาน่าจะเป็นร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันทานต่อเนื้อเยื่อตัวเองนะ เพราะภาพพื้นที่เป็นวงคล้ายปีกผีเสื้อเป็นอาการสำคัญของโรคแพ้ภูมิตัวเอง” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 34, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...จากที่เราอ่านสถานการณ์มันมีคำสำคัญคือ ปวดตามข้อ ผิวหนังอักเสบ และมีผื่นแดงคล้ายปิกกีเสื้อ เราลองค้นข้อมูลแล้วมันเป็นอาการสำคัญของภาวะแพ้ภูมิตนเอง” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 18, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...นั่นแสดงว่าประเด็นปัญหาคือผู้หญิงคนนี้เกิดภาวะแพ้ภูมิตนเองใช่ไหม” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 6 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...เว็บไซต์นี้เขียนว่าถ้าเราตรวจเลือดแล้วมีระดับเม็ดเลือดขาว CD 4 ต่ำกว่า 200 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร แสดงว่าติดเชื้อ HIV และเริ่มเข้าสู่ระยะป่วยเป็นโรคเอดส์” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 36, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ก็แปลว่าประเด็นปัญหาจากสถานการณ์นี้ เราต้องเขียนเขียนว่าชายคนนี้เขาป่วยเป็นโรคเอดส์จากการติดเชื้อ HIV ถูกต้องไหม” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ติดเชื้อ HIV มันก็คือเป็นโรคเอดส์แหละ ประเด็นปัญหาเราเลยเป็นการติดเชื้อ HIV” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

1. ให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

ติดเชื้อ HIV จัดอยู่ในโรคเอดส์

ภาพที่ 26 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการกำหนดประเด็นปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 26 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และประเด็นปัญหาคือกลุ่มสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด กล่าวคือสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเกี่ยวข้องกับการติดเชื้อไวรัส HIV (Human Immunodeficiency Virus) และส่งผลทำให้ร่างกายเข้าสู่ภาวะป่วยเป็นโรคเอดส์ AIDS ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

ตารางที่ 38 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 1	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			5	6
ด้านที่ 1: การกำหนดประเด็นปัญหา นักเรียนพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับประเด็น ปัญหา จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนประเด็นปัญหา ได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ทั้งหมด	1	3	2	2
		4	2	2
		5	2	2
	2	8	2	2
		10	2	2
	3	15	2	2
	4	16	1	2
		17	2	2
		18	2	2
	5	22	2	2
		26	2	2
	6	30	1	2
		31	2	2
	7	33	2	2
		34	2	2
		35	2	1
		36	2	2
		37	1	2
		38	2	2

ด้านที่ 2 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้อกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนใน

วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนมีพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้องและครบทุกตัวแปร โดยสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากขอบเขตของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดร่วมกัน และนำข้อมูลเหล่านั้นมาแลกเปลี่ยนร่วมกันภายในกลุ่ม อย่างไรก็ตามมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 3-4 คน เขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังเขียนได้ไม่ครบทุกตัวแปร ซึ่งนักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการกำหนดขอบเขตของสถานการณ์ปัญหาร่วมกับเพื่อน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงต้องคอยแนะนำแนวทางให้กับนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ปรากฏดังตารางที่ 39 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 5 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ น่าจะเป็นพวกเม็ดเลือดขาวชนิดต่าง ๆ ทำงานบกพร่องแน่เลย เพราะมันเปลี่ยนมาทำลายเซลล์ของร่างกายแทน” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...อีกตัวแปรที่เราต้องเพิ่มคือการสัมผัสแสงแดดโดยตรงนะ เพราะในข้อความที่อ่านมันบอกว่าถ้าเราอยู่กลางแจ้งผื่นรูปปิกนีสก็เลยยิ่งแดงมากขึ้น” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ใช่ ๆ จากที่เราหาข้อมูลมาเขาก็บอกว่าแสงแดดมันเป็นสาเหตุที่กระตุ้นให้เกิดผื่นแดงมากขึ้น แสดงว่าแสงแดดมันก็ต้องเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่เราเขียนด้วย” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 6 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...เมื่อติดเชื้อ HIV มันจะส่งผลให้ภูมิคุ้มกันทำงานได้ไม่ดีเหมือนเดิม และยังทำให้ติดโรคอื่น ๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้นตัวแปรที่น่าจะมีความการทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง การติดโรคแทรกซ้อนด้วย” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เพิ่มตัวแปรนี้เข้าไปด้วย ระดับเม็ดเลือดขาวต่ำกว่า 200 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตรมันมีอยู่ในสถานการณ์” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เรารู้ว่าเพิ่มตัวแปรนี้เข้าไปด้วย ระยะป่วยเป็นโรคเอดส์ เพราะระดับเม็ดเลือดขาวต่ำกว่า 200 มันแสดงถึงว่าชายคนนี้ป่วยเป็นโรคเอดส์ด้วย” (สมาชิกกลุ่ม 5 เลขที่ 26, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

2. ให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาที่ได้รับไว้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์

ปัญหาร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

- | | |
|--|------------------------------------|
| - เม็ดเลือดขาวที่ล้มไฟร์ซีร็ด CD4 ถูกทำลาย | - ระดับเม็ดเลือดขาว CD4 |
| - ภาวะขาดเชื้อไวรัส HIV | - ค่ากว่า 200 cell/mm ³ |
| - ภาวะการทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง | - การขาดเชื้อโรคเฉพาะ |
| - การทำงานของเม็ดเลือดขาวซีร็ดไฟร์ซีร็ด | - ผลการทดลอง |
| - การสลายของเม็ดเลือดขาวซีร็ดไฟร์ซีร็ด | |
| - ภาวะขาดเชื้อโรคเฉพาะ | |
| - ระยะป่วยเป็นโรคเอดส์ | |

ภาพที่ 27 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 27 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้อกับปัญหาได้ถูกต้องและครบทุกตัวแปร กล่าวคือ นักเรียนเขียนตัวแปรที่เป็นต้นเหตุและตัวแปรที่เป็นผลตามมาของการเกิดปัญหา ที่เกี่ยวกับการตอบสนองของร่างกายที่เกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

ตารางที่ 39 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			5	6
ด้านที่ 2: การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับตัวแปรต่าง ๆ จากสถานการณ์ปัญหา และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้อกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และครบทุกตัวแปร	1	3	2	2
		4	2	2
		5	1	2
	2	8	2	2
		10	1	2
	3	15	2	2
	4	16	1	2
		17	1	2

ตารางที่ 39 (ต่อ)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 2	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			5	6
	5	18	2	2
		22	2	2
		26	1	2
	6	30	2	2
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	2	2
		35	1	2
		36	2	2
		37	1	2
		38	2	2

ด้านที่ 3 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการระบุนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการระบุนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนมีพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ที่เขียนถูกต้องทั้งหมด เนื่องจากนักเรียนช่วยกันตรวจสอบการเขียนเครื่องหมายแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของสมาชิกภายในกลุ่ม รวมถึงมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเหตุผลในการแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังกล่าวกับสมาชิกภายในกลุ่ม และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ปรากฏดังตารางที่ 40 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 5 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ถ้ายิ่งเม็ดเลือดขาวมันทำงานบกพร่องมากเท่าไรประสิทธิภาพในการทำลายสิ่งแปลกปลอมก็จะลดลง ความสัมพันธ์ตรงข้ามกันแสดงว่าคุณต้องแทนด้วยเครื่องหมายลบ ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราก็คิดแบบนั้นแหละเพราะถ้าเม็ดเลือดขาวมันทำงานบกพร่องมากเท่าไร ก็จะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การทำลายสิ่งแปลกปลอมยิ่งลดลง ความสัมพันธ์มันก็เลยต้องเป็นลบ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ในสถานการณ์บอกว่าเมื่ออยู่กลางแจ้งที่มีแสงแดดจะยิ่งทำให้ผื่นแดงมากขึ้น ซึ่งผื่นแดงมันเป็นอาการของการทำลายเนื้อเยื่อร่างกายของตนเอง แสดงว่าความสัมพันธ์ต้องเป็นเครื่องหมายบวก” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

แผนที่ 6 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ยิ่งร่างกายติดเชื้อ HIV เม็ดเลือดขาวทีลิมโฟไซด์ CD4 มันจะถูกทำลายมากขึ้น แสดงว่าความสัมพันธ์เป็นบวก” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 17, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราเห็นด้วยกันหรือนะ อีกอย่างถ้าร่างกายเราติดเชื้อ HIV จะยิ่งส่งผลกระทบต่อภูมิคุ้มกันทำงานบกพร่องได้มากขึ้น เราเลยแทนความสัมพันธ์เป็นเครื่องหมายบวก ” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ถ้าภูมิคุ้มกันบกพร่องมากขึ้นโอกาสที่จะเกิดโรคแทรกซ้อนยิ่งสูง เราเลยแทนด้วยเครื่องหมายลบ” (สมาชิกกลุ่ม 2 เลขที่ 10, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ถ้าเม็ดเลือดขาวทำงานได้ลดลงแน่นอนว่าการสร้างแอนติบอดีทำลายเชื้อ HIV ก็น่าจะลดลงด้วย งั้นเราเลยแทนความสัมพันธ์นี้เป็นบวก” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ใช่ ๆ คู่ตัวแปรนี้เราก็นแทนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกเหมือนกัน” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

3. ให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลง ดังข้อ 3.1.1

3.1.1 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B (ผล)

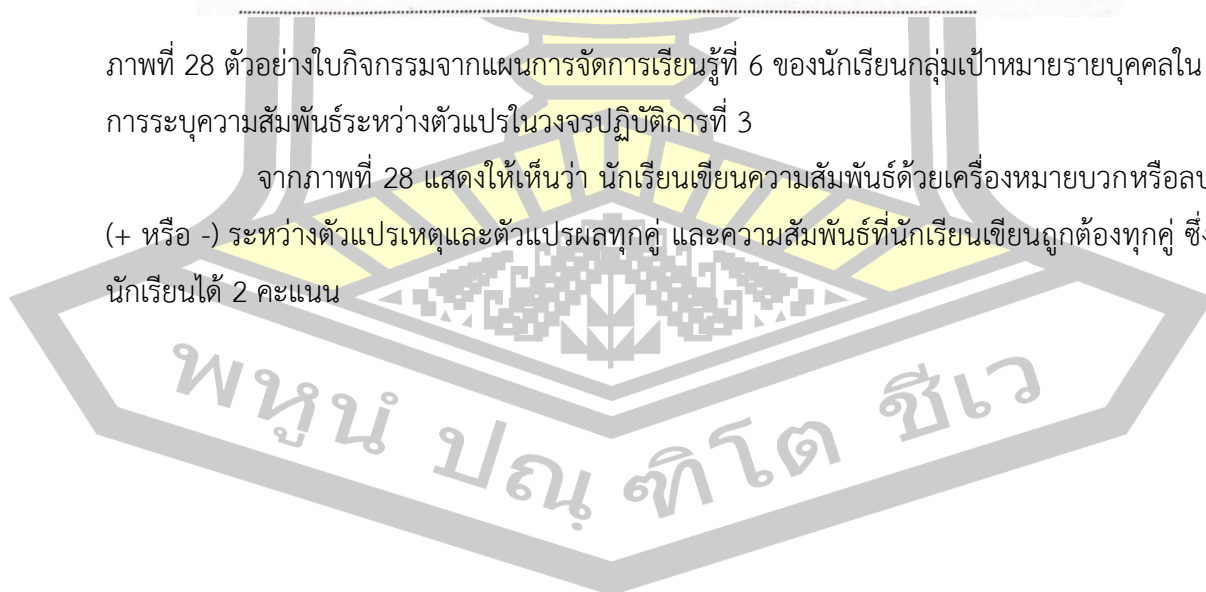
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางข้ามกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B ลดลง หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น ดังข้อ 3.1.2

3.1.2 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร B (ผล)

เมื่อเลือดขาวที่ลิมโฟไซต์ชนิด CD4 ถูกทำลาย $\xrightarrow{-}$ การทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง
 เมื่อเลือด $\xrightarrow{+}$ การทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง
 ระดับเม็ดเลือดขาว CD4 ต่ำกว่า 200 cell/mm³
 ภาวะติดเชื้อ HIV $\xrightarrow{+}$ เม็ดเลือดขาวที่ลิมโฟไซต์ชนิด CD4 ถูกทำลาย
 ภาวะติดเชื้อ HIV $\xrightarrow{+}$ การทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง
 การทำงานของเม็ดเลือดขาวที่ลิมโฟไซต์ $\xrightarrow{+}$ การสร้างแอนติบอดีทำลาย HIV
 การสร้างแอนติบอดีทำลาย HIV $\xrightarrow{+}$ ภาวะการทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง
 ภาวะการทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง $\xrightarrow{+}$ การเกิดโรคแทรกซ้อน
 ภาวะเกิดโรคแทรกซ้อน $\xrightarrow{+}$ ระยะป่วยเป็นเอดส์
 ระดับเม็ดเลือดขาว CD4 ต่ำกว่า 200 cell/mm³ $\xrightarrow{+}$ ระยะป่วยเป็นเอดส์
 ภาวะการทำงานของภูมิคุ้มกันบกพร่อง $\xrightarrow{+}$ การทำงานของเม็ดเลือดขาวที่ลิมโฟไซต์
 การทำงานของเม็ดเลือดขาวที่ลิมโฟไซต์ $\xrightarrow{+}$ การกำจัดเชื้อโรคและส่วนแปลกปลอม
 การกำจัดเชื้อโรคและส่วนแปลกปลอม $\xrightarrow{+}$ ภาวะเกิดโรคแทรกซ้อน

ภาพที่ 28 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 28 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ที่นักเรียนเขียนถูกต้องทุกคู่ ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน



ตารางที่ 40 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 3	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			5	6
ด้านที่ 3: การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล ทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด	1	3	2	2
		4	2	2
		5	2	2
	2	8	2	2
		10	1	2
	3	15	2	2
	4	16	1	2
		17	1	2
		18	2	2
	5	22	2	2
		26	1	2
	6	30	2	2
		31	1	2
	7	33	2	2
		34	2	2
		35	1	2
		36	2	2
		37	2	2
		38	2	2

ด้านที่ 4 พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียนในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ “นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์” ซึ่งจากการวิเคราะห์การทำกิจกรรม และจากการพูดคุยกันของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสรุปจากข้อมูลการเขียนตอบในใบกิจกรรมของนักเรียนใน

วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนมีพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ โดยนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ และมีการเพิ่มเติมได้อย่างสมเหตุสมผล และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด โดยนักเรียนยังมีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และนำมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลที่เพิ่มเติมความสัมพันธ์ดังกล่าวกับเพื่อนภายในกลุ่ม ก่อนที่จะเขียนความสัมพันธ์นั้นเพิ่มลงในแผนผังวงจรสาเหตุ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางคนเขียนความสัมพันธ์เพิ่มเติมในแผนผังวงจรสาเหตุ โดยที่ยังไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม อีกทั้งไม่แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลที่ตนเองเพิ่มเติมความสัมพันธ์ดังกล่าวร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงต้องคอยแนะนำแนวทางให้กับนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง และคะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ปรากฏดังตารางที่ 41 ซึ่งในแผนการเรียนรู้ที่ 5 และแผนการเรียนรู้ที่ 6 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนที่ 5 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...ที่เราเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคู่ในแผนผังอีก เพราะเราคิดว่ามันน่าจะเกี่ยวข้องกัน” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...แต่เรายังไม่เห็นนายหาข้อมูลเพิ่มเติมเลยนะ แล้วจะมั่นใจได้ยังไงว่าความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรที่นายเพิ่มในแผนผังมันถูกต้อง” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 34, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรนี้ด้วยเครื่องหมายบวก เพราะจากที่เราหาข้อมูลมามันส่งผลไปในทางเดียวกันอะ” (สมาชิกกลุ่ม 4 เลขที่ 16, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

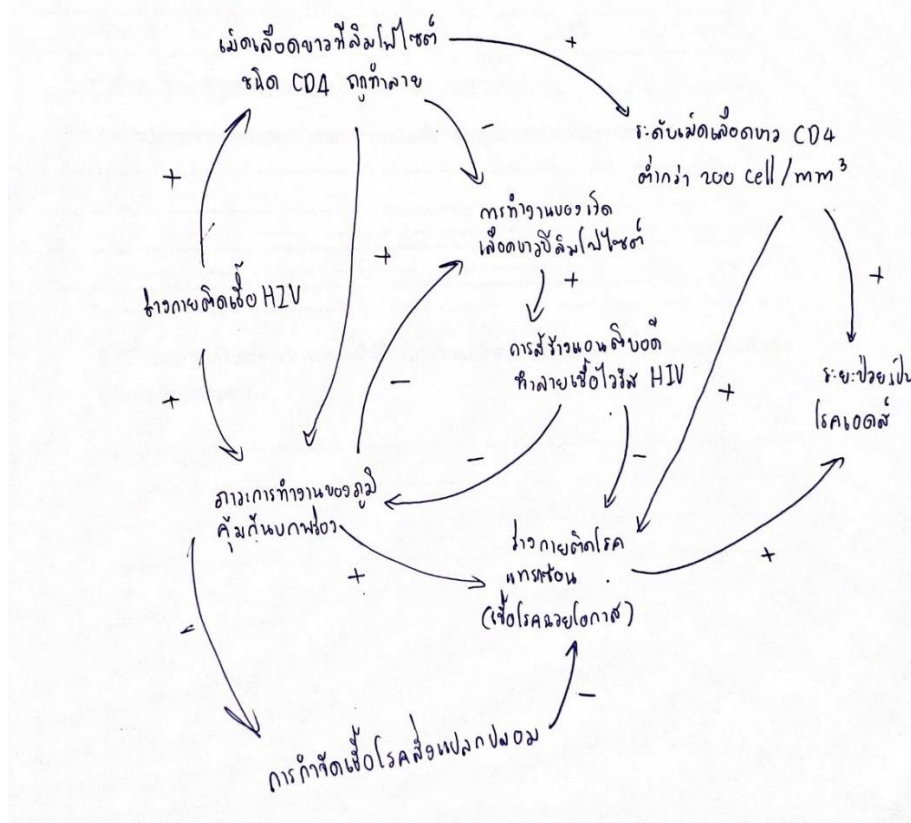
แผนที่ 6 แสดงตัวอย่างคำพูดของนักเรียน ดังนี้

“...เราเพิ่มเติมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวนี้ด้วยไหม เพราะจากที่เราไปหาข้อมูลเพิ่มเติมมามันเกี่ยวข้องกันอะ” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 37, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...ถ้าระดับเม็ดเลือดขาว CD4 ต่ำกว่า 200 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตรมากเท่าไร แสดงว่าร่างกายของเราก็จะมีโอกาสติดโรคแทรกซ้อนได้มากขึ้น” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 36, 5 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

“...เราเห็นด้วยนะ ส่วนความสัมพันธ์มันน่าจะเป็นบวกนะ เพราะยิ่งระดับเม็ดเลือดขาวลดจำนวนลงมากเท่าไรโอกาสที่เราจะเกิดโรคแทรกซ้อนอื่น ๆ ตามมายิ่งสูงขึ้น” (สมาชิกกลุ่ม 7 เลขที่ 35, 7 มีนาคม 2567: คำพูดระหว่างทำกิจกรรม)

4. ให้นักเรียนนำตัวแปรแต่ละคู่ที่ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้



ภาพที่ 29 ตัวอย่างใบกิจกรรมจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคลในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 29 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ โดยนำคู่ของตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ และนักเรียนยังมีการเพิ่มเติมความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรได้อย่างสมเหตุสมผล และความสัมพันธ์นั้นถูกต้องทั้งหมด ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

ตารางที่ 41 คะแนนพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบด้านที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (ไม่ได้ประเมินเพื่อตัดสิน)

พฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ ด้านที่ 4	กลุ่มที่	เลขที่	คะแนนที่ได้ (แผนที่)	
			5	6
ด้านที่ 4: การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่มเกี่ยวกับการเขียน แผนผังวงจรสาเหตุ และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มา เขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์	1	3	2	2
		4	2	2
		5	2	2
	2	8	1	2
		10	1	2
	3	15	2	2
	4	16	2	2
		17	2	2
		18	2	2
	5	22	2	2
		26	1	2
	6	30	1	2
		31	1	2
	7	33	1	2
		34	2	2
		35	1	2
		36	2	2
		37	1	2
		38	2	2

2. แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบทำวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งเป็นแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลคะแนนการคิดเชิงระบบหลังสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคะแนนการการคิดเชิงระบบ ปรากฏดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 3

เลขที่	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ				คะแนน รวม (16)	ระดับการคิด เชิงระบบ
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัวแปร ที่เป็นปัจจัย เกี่ยวเนื่องกับ ปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่าง ตัวแปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)		
3	4	4	4	4	16	ดีมาก
4	4	4	4	4	16	ดีมาก
5	4	3	4	4	15	ดีมาก
8	4	3	4	3	14	ดีมาก
10	4	3	4	4	15	ดีมาก
15	4	3	4	3	14	ดีมาก
16	4	2	3	3	12	ดี
17	4	2	3	3	12	ดี
18	4	4	4	3	15	ดีมาก
22	4	4	4	4	16	ดีมาก
26	4	2	3	3	12	ดี
30	4	3	3	3	13	ดีมาก
31	4	2	3	3	12	ดี
33	4	3	4	4	15	ดีมาก
34	4	3	3	3	13	ดีมาก
35	4	2	3	3	12	ดี
36	4	4	4	3	15	ดีมาก
37	4	2	3	3	12	ดี
38	4	3	4	3	14	ดีมาก
เฉลี่ย	4.00	2.95	3.58	3.32	13.84	ดีมาก
ร้อยละ	100.00	73.68	89.47	82.89	86.51	

จากตารางที่ 42 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 19 คน มีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป โดยพบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 13 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมาก และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 6 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นองค์รวมของนักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 คะแนน จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.51 ในขณะที่พิจารณาคะแนนเป็นรายด้านที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบรวมด้านละ 4 คะแนนเต็ม พบว่า ด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 100.00 ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 73.68 ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.47 และด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.89 ซึ่งจากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ มีตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังต่อไปนี้

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

ภาวะการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย

2

ภาพที่ 30 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการกำหนดประเด็นปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 30 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการกำหนดประเด็นปัญหานั้น เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ทำวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหา ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา)

ช่วงทฤษฎีเชื้อโรค A	เมื่อเลือดทาบลิ้มไฟไรต์ทำงานบกพร่อง
แมโครฟาจทำงานบกพร่อง	เซลล์เลือดทาบลิ้มไฟไรต์ ทำงานบกพร่อง
การหลั่งฮิสตามีน	เวลาในการพักผ่อน
การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย	การสัมผัสกับแสงแดด
การเกิดเส้นแวงบนใบหน้า	ทำงานกลางแจ้งในเวลากลางวัน
รับประทานหลอดความดัน	

2

ภาพที่ 31 ตัวอย่างการทำแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายรายบุคคล ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพที่ 33 แสดงให้เห็นว่า การตอบคำถามของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ เมื่อนักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนนำตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ และถูกต้องทุกความสัมพันธ์ ซึ่งนักเรียนได้ 2 คะแนน

3. แบบบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน ใช้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยให้นักเรียนสะท้อนความคิดหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกแผน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ว่านักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร โดยแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

1) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุประเด็นปัญหา จากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุประเด็นปัญหา โดยการพิจารณาจากสถานการณ์ และมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น หนังสือ อินเทอร์เน็ต ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 34

1. หากจะระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

.....
 1. ศึกษาคำถาม สถานการณ์ และสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น หนังสือ
 อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ภาพที่ 34 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุประเด็นปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3

2) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา จากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา โดยการอ่านสถานการณ์ให้เข้าใจ และสืบค้นข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มเติม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาได้ครบทุกตัวแปร เนื่องจากนักเรียนมีการนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นจากแหล่งต่าง ๆ มาระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพิ่มเติม ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 35

2. หากจะระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหา นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

ดำเนินการตามที่ได้แจ้งไว้และสืบค้นจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพิ่ม เต็ม

ภาพที่ 35 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัย
เกี่ยวข้องกับปัญหา วงจรปฏิบัติการที่ 3

3) อนุทินของนักเรียนด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จากการวิเคราะห์คำตอบในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการพิจารณาแต่ละตัวแปรว่าตัวไหนเป็นตัวแปรเหตุและตัวแปรไหนเป็นตัวแปรผล พร้อมระบุความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรที่เป็นบวกหรือคู่ตัวแปรที่เป็นลบ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 36

3. หากจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

พิจารณาตัวแปรแต่ละตัว ให้อันไหน เป็นเหตุ ผล: อันไหนเป็นผล

พร้อมระบุตัวแปรบวก หรือตัวแปรลบ

ภาพที่ 36 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วงจรปฏิบัติการที่ 3

4) อนุทินของนักเรียนด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ จากการวิเคราะห์คำตอบ
ในอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีวิธีการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ โดยการนำตัวแปรที่ระบุ
ความสัมพันธ์ได้แล้วมาเขียนเชื่อมโยงกันให้เกิดเป็นวงจร ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถสร้าง
แผนภาพวงจรสาเหตุได้ ดังตัวอย่างคำตอบอนุทินของนักเรียนในภาพที่ 37

4. หากจะนำตัวแปรมาสร้างเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

นำตัวแปรที่รวมความสับสน 7 ตัว มาเชื่อมกันเป็นวงจร.

ภาพที่ 37 ตัวอย่างคำตอบในอนุทินของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ
วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบของนักเรียน แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ และอนุทินของนักเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไปทุกคน ผู้วิจัยได้ทำการสรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา เพื่อจะนำไปพัฒนาการจัดการจัดการการเรียนรู้ในโอกาสต่อไป ปรากฏดังตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และแนวทางการแก้ไขปัญหในโอกาสต่อไป

ปัญหาที่พบ	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1. นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 3-4 คน ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับปัญหายังไม่ครบทุกตัวแปร เนื่องจากไม่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองมากขึ้น โดยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแสดงเหตุผลเกี่ยวกับตัวแปรที่ตนเองระบุร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนความครบถ้วนของตัวแปรที่นักเรียนระบุ
2. นักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางคนเขียนบางความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองมากขึ้น โดยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่ตนเองเขียนกับสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน

ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป โดยผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ แล้วนำคะแนนที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

วงจร ที่	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 19 คน					แปล ผล	จำนวน นักเรียน ที่ผ่าน เกณฑ์ ระดับดี ขึ้นไป
	การ กำหนด ประเด็น ปัญหา (4)	การระบุตัว แปรที่เป็น ปัจจัย เกี่ยวเนื่อง กับปัญหา (4)	การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่าง ตัวแปร (4)	การสร้าง แผนภาพ วงจร สาเหตุ (4)	คะแนน รวม (16)		
1	2.37 (59.21)	1.42 (35.53)	1.95 (48.68)	1.53 (38.16)	7.26 (45.39)	พอใช้	8 (42.11)
2	3.53 (88.16)	2.16 (53.95)	2.47 (61.84)	2.26 (56.58)	10.42 (65.13)	ดี	16 (84.21)
3	4.00 (100.00)	2.95 (73.68)	3.58 (89.47)	3.32 (82.89)	13.84 (86.51)	ดีมาก	19 (100.00)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ () หมายถึง คิดเป็นร้อยละ

จากตารางที่ 44 แสดงให้เห็นว่า หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป จำนวน 8 คน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป จำนวน 16 คน และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป จำนวน 19 คน ที่เป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการคิดเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งรายละเอียดคะแนนการคิดเชิงระบบทั้ง 4 องค์ประกอบ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 ปรากฏดังตารางที่ 30 36 และ 42 ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ โดยมีความมุ่งหมายของงานวิจัยเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป เป็นงานวิจัยที่ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งหลังจากที่ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาแล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการเขียนรายงานการวิจัยในบทที่ 5 โดยแบ่งหัวข้อออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ซึ่งมีการเรียงตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยโดยยึดตามความมุ่งหมายของงานวิจัยที่ระบุไว้ว่า “เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป” ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 45.39 โดยมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 8 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 11 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 10.42 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.13 โดยมีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป จำนวน 16 คน และนักเรียนที่คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

จำนวน 3 คน วงจรปฏิบัติการที่ 3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุที่ได้พัฒนาปรับปรุงแก้ไขปัญหาจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.51 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไปทุกคน จำนวน 19 คน

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ มีประเด็นที่ได้นำมาอภิปราย ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.26 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 45.39 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่า มีนักเรียนจำนวน 8 คน จากนักเรียนทั้งหมด 19 คน ที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหา เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้สืบค้นและรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และทำความเข้าใจถึงสาเหตุหรือกลไกของการเกิดปัญหา ด้วยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุลงในใบกิจกรรมที่มีลำดับขั้นตอนการเขียนตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบแยกเป็นข้อ ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการคิดเชิงระบบผ่านสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันร่วมกับการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวผ่านการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สืบค้นข้อมูลและรวบรวมความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาประกอบการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดประเด็นปัญหา สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปัญหา รวมถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของการเกิดปัญหานั้นอย่างเป็นระบบ และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบแนวทางในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อน

ตลอดจนช่วยพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณ และการคิดอย่างมีเหตุผล ทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีอิสระในการเรียนรู้ เพื่อสร้างความรู้ ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง มีส่วนช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน สอดคล้อง กับงานวิจัยของ Deniz-Çeliker and Dere (2022) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนา ทักษะการคิดขั้นสูงที่จำเป็นในปัจจุบัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณละออ ดังสุข (2565) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน โดยใช้สถานการณ์ปัญหากระตุ้นเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ จำแนก แยกแยะองค์ประกอบของปัญหา อย่างเป็นระบบ และเปิดโอกาสให้นักเรียนเผชิญกับปัญหา ตลอดจนเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการค้นคว้า หาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagarajan and Overton (2019) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะส่งผลให้ นักเรียนสามารถคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ ตลอดจนระบุถึงปัญหา และเห็นถึงแนวทางในการจัดการกับ ปัญหาที่มีความซับซ้อนในโลกแห่งความเป็นจริงในศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบหลาย ประการของวิธีการคิดเชิงระบบ

แผนผังเชิงสาเหตุถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยมีศักยภาพที่ ช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบข้อมูล เพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนของระบบปัญหาด้วยการเชื่อมโยง เชิงสาเหตุระหว่างองค์ประกอบของระบบที่ฝังปัญหาไว้ ตลอดจนช่วยให้นักเรียนเห็นถึงแนวทางการ แก้ไขที่เป็นไปได้ และช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ สอดคล้องกับ งานวิจัยของ Cox et al. (2018); Cox et al. (2019) ที่กล่าวว่า การใช้แผนผังเชิงสาเหตุสุดแทรก เข้าไปในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เขียนเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบาย เหตุผลและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ภายในระบบ จะช่วยส่งเสริมการคิดเชิงระบบของ นักเรียนให้สูงขึ้นได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ke et al. (2020) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะ สามารถเข้าใจเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบได้ เมื่อนักเรียนมีการใช้เครื่องมือสำหรับการคิดเชิงระบบ นั่น คือ แผนผังเชิงสาเหตุ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sabel et al. (2023) ที่กล่าวว่า การสร้าง แบบจำลองผ่านการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนจะได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ โดยการพิจารณาว่าแต่ละ องค์ประกอบในระบบนั้นมีการเชื่อมโยงเชิงสาเหตุกันอย่างไร

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนการคิดเชิงระบบแบบแยกองค์ประกอบ 4 ประการ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ คือ 2.37 1.42 1.95 และ 1.53 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่า คะแนนเฉลี่ยด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนสูงกว่าในทุกด้าน โดยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 59.21 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ นั้นมีขั้นเริ่มต้นที่เหมือนกัน คือ การระบุประเด็นปัญหาหรือระบุปัญหา ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ มีขั้นการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหา โดยนักเรียนจะร่วมกันวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา ด้วยการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เพื่อนำมาประกอบในการระบุประเด็นปัญหา ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด และนำประเด็นปัญหาที่ระบุไปเริ่มต้นเขียนเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้คะแนนในด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีค่าเฉลี่ยมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่ศึกษาการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน พบว่า ด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนสูงที่สุด อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่มีการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ พบว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบด้านการกำหนดประเด็นปัญหานักเรียนมีคะแนนสูงกว่าด้านอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามผู้วิจัย พบว่า ยังมีนักเรียนบางคนที่กำหนดประเด็นปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด หรือกำหนดประเด็นปัญหาได้สอดคล้องแต่ครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่ค่อยสนใจอ่านสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา เนื่องจากมีเฉพาะตัวหนังสือและเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเผชิญ อีกทั้งนักเรียนไม่ทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาประกอบในกำหนดประเด็นปัญหา ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน และมีการสอดแทรกคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และมีการตั้งคำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และเป็นแนวทางในการนำไปสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหามากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณ ละเอียด ดังสุข (2565) และนภาพร สายพันธ์ และสุมาลี ชูกำแพง (2566) ที่กล่าวว่า การสร้าง

สถานการณ์ปัญหานั้นควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นหรือพบเห็นได้ในชีวิตของนักเรียน และครูควรใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจและมองเห็นถึงปัญหา ตลอดจนเป็นแนวทางให้นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าได้ตรงประเด็นและตรงจุดประสงค์การเรียนรู้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่กล่าวว่า การใช้คลิปวิดีโอสั้น ๆ ที่มีปัญหาในชีวิตจริงจะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและกระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้จากปัญหานั้น

เมื่อพิจารณาในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 คิดเป็นร้อยละ 35.53 ซึ่งเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนใช้เพียงความคิดของตนเองเป็นหลักในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และเห็นคำสำคัญต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้ถูกต้องและครบถ้วนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล (2560) ที่กล่าวว่า การที่จะระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น นักเรียนต้องคิดในลักษณะการคิดกว้างที่ต้องมองให้เห็นครบถ้วนทุกประเด็นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการคิดกว้างนี้นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อรวบรวมสาเหตุและผลที่เป็นองค์ประกอบของปัญหานั้นให้ได้มากที่สุด

เมื่อพิจารณาในด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.95 คิดเป็นร้อยละ 48.68 ซึ่งเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนยังเข้าใจความหมายของความสัมพันธ์ที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) คลาดเคลื่อน รวมถึงพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยความคิดของตนเองเป็นหลัก โดยไม่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) และมีการกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาพิจารณาความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่นักเรียนระบุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่กล่าวว่า หากยังมีนักเรียนบางคนที่ยังเชื่อมโยงความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายไม่ถูกต้องนั้น เป็นผลลัพธ์ที่ดีให้เห็นถึงความจำเป็นที่ครูต้องหาวิธีการเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล (2560) ที่กล่าวว่า ในการพิจารณาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ครูจะต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม

เมื่อพิจารณาในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.53 คิดเป็นร้อยละ 38.16 ซึ่งเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรม นักเรียนบางคนมีการเพิ่มความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการตั้งคำถามให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมเหตุสมผล และตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก่อนเพิ่มความสัมพันธ์ลงในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ที่มีการใช้คำถามเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนพิจารณาถึงความถูกต้องของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่นักเรียนระบุ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบปัญหา คือ เวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนไม่เพียงพอ เนื่องจากใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากในขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นขั้นที่ให้นักเรียนเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการปรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น และคอยกระตุ้นให้นักเรียนรักษาเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นอยู่เสมอ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะพรรณ ปลาโสม และสมสงวน ปัสสาโก (2564) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเขียนแผนผังโน้ตนั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างมาก ดังนั้นครูจึงควรมีการควบคุมเวลาให้เหมาะสมกับกิจกรรม

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 11 คน ที่คะแนนการคิดเชิงระบบยังไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ทั้งนี้การที่นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์นั้น เนื่องจากมีปัญหาในการกำหนดประเด็นปัญหาอยู่บ้าง อีกทั้งยังมีนักเรียนบางคนที่ระบุตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา หรือยังมีนักเรียนที่ระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้น้อย รวมถึงมีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางคู่ไม่ถูกต้อง และแผนผังวงจรสาเหตุที่เขียนมีการเพิ่มบางความสัมพันธ์ที่ไม่สมเหตุสมผลลงไป ผู้วิจัยได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นำไปปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 2

วงจรปฏิบัติการที่ 2

เมื่อทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจนเข้าใจต่อเนื่องมาจนจบวงจรปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งได้ปรับปรุงพัฒนาพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 10.42 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 65.13 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนจำนวน 16 คน ที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป อีกทั้งยังพบว่ามีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดีมากจำนวน 3 คน และอยู่ในระดับดีจำนวน 13 คน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการวิเคราะห์ปัญหา โดยการปรับสถานการณ์ปัญหา

ให้มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณ ละเอียด (2565) ที่กล่าวว่า หากใช้สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวของนักเรียน จำส่งเสริมให้นักเรียน มองเห็นภาพและเข้าใจถึงประเด็นปัญหาได้มากขึ้น และมีการสอดแทรกคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่ เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่พบว่าการนำเสนอปัญหาผ่านคลิปสั้น ๆ สามารถสร้างความสนใจให้กับนักเรียนได้ เป็นอย่างดี และตั้งคำถามเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและนำมาคิดวิเคราะห์ เพื่อ เชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่สอดคล้องและครอบคลุม สถานการณ์ปัญหามากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ นภาพร สายฝัน และสุมาลี ชูกำแพง (2566) ที่ กล่าวว่า หากมีการตั้งคำถามที่เหมาะสมจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสรุปความรู้จากการสืบค้น ได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยมีการตั้ง คำถามเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และเห็นคำสำคัญต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมแล้วนำมาวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง กับการปัญหาให้ถูกต้องและครบถ้วน สอดคล้องกับงานวิจัย ของกฤติกรณ แกมใบ และคณะ (2564) ที่ กล่าวว่า การตั้งคำถามเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดให้เห็นถึงแนวทางการ ได้มาซึ่งคำตอบ อีกทั้งผู้วิจัยมีการยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจ ที่ชัดเจนให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนเข้าใจความหมาย ของการระบุความสัมพันธ์ที่ชัดเจน จะช่วยให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องมาก ยิ่งขึ้น และผู้วิจัยมีการกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาพิจารณาความถูกต้องของ ความสัมพันธ์ที่นักเรียนระบุ ตลอดจนตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และเป็นแนวทางให้ นักเรียนนำไปสืบค้นข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมเหตุสมผล และตรวจสอบความถูกต้องของ ความสัมพันธ์ต่าง ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล (2560) ที่ กล่าวว่า หากนักเรียนมีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม จะช่วยให้นักเรียนได้คิดและพิจารณาความสัมพันธ์ ต่าง ๆ ที่ตนเองระบุมากขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนการคิดเชิงระบบแบบแยกองค์ประกอบ 4 ประกอบ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ คือ 3.53 2.16 2.47 และ 2.26 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการกำหนดประเด็น

ปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ เมื่อเปรียบเทียบกับจรรยาบรรณที่ 1 อีกทั้งแสดงให้เห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนสูงกว่าในทุกด้าน โดยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88.16 ที่ประเด็นนี้อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการแพ้อาหาร ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตของนักเรียน และผู้วิจัยมีการใช้ภาพที่แสดงถึงอาการแพ้ และคลิปวิดีโอที่แสดงถึงกลไกการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันที่เกิดขึ้น อีกทั้งผู้วิจัยมีการตั้งคำถามให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา เช่น เพราะเหตุใดอาการต่าง ๆ ถึงเกิดขึ้นหลังจากรับประทานไป 15-20 นาที โดยหากนักเรียนนำไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจะพบว่าเป็นภาวะที่ร่างกายเกิดอาการแพ้อาหารเฉียบพลัน ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พินภัทร ราช เวทย์วิทยานวัฒน์ และสลา สามภักดิ์ (2562) ที่กล่าวว่า หากใช้สถานการณ์ปัญหาที่เป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน จะช่วยกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิยม กิमानุวัฒน์ และคณะ (2559) ที่กล่าวว่า การตั้งข้อความหรือสถานการณ์จะเป็นตัวกำหนดเป้าหมายในการศึกษาข้อมูลได้เป็นอย่างดี จะช่วยให้นักเรียนมีเป้าหมายในการศึกษาข้อมูลหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่พบได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร และคณะ (2562) ที่กล่าวว่า เมื่อครูผู้สอนตั้งคำถามและใช้สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดที่หลากหลาย อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัทมาวรรณ โสติก และสัจธรรม พรทวีกุล (2566) ที่กล่าวว่า สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้นั้น ควรมีความสอดคล้องและเกี่ยวข้องกับนักเรียน ตลอดจนสามารถพบได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งครูผู้สอนต้องคอยชี้แนะแนวทางในการกำหนดปัญหา เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการค้นคว้าหาความรู้

เมื่อพิจารณาในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.16 คิดเป็นร้อยละ 53.95 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์และนำคำสำคัญต่าง ๆ ที่อยู่ในสถานการณ์ปัญหาไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม และนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา จึงทำให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิยม กิमानุวัฒน์ และคณะ (2559) ที่ใช้คำถามเพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้นจากคำสำคัญ ทำให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัย พบว่า ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา ยังคงเป็นด้านที่มี

คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนหาข้อมูล หรือนักเรียนบางคนไม่นำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนยังระบุตัวแปรได้ไม่ครบถ้วน หรือระบุบางตัวแปรที่ไม่ถูกต้องลงในใบกิจกรรม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนช่วยเพื่อนในกลุ่มหาข้อมูล รวมถึงกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของตัวแปรที่ระบุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2560) ที่กล่าวว่า ในการระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบนั้น ครูผู้สอนต้องเน้นให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมและมีการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน เกิดการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปในการระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบที่นักเรียนศึกษา

เมื่อพิจารณาในด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.47 คิดเป็นร้อยละ 61.84 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับโรคอ้วน ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) เช่น การรับประทานของทอดกับน้ำหนักตัว โดยหากรับประทานของทอดเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น และหากรับประทานของทอดลดลงก็จะส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง ความสัมพันธ์จึงเป็นเครื่องหมายบวก (+) หรือการออกกำลังกายกับน้ำหนักตัว โดยหากออกกำลังกายมากขึ้นก็จะส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง และหากออกกำลังกายลดลงก็จะส่งผลให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์จึงเป็นเครื่องหมายลบ (-) เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการแทนความสัมพันธ์มากขึ้นนั้น จะส่งผลให้ระบุความสัมพันธ์ได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า ด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ยังเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่นำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ตนเองระบุมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางคู่ยังไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่กล่าวว่า การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนนั้นมีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากจะช่วยให้นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์เพิ่มเติมที่นักเรียนอาจไม่เคยสังเกตมาก่อน และสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Sabel et al. (2023) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์นั้น จะช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนได้

เมื่อพิจารณาในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 คิดเป็นร้อยละ 56.58 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีการคิดวิเคราะห์และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสมเหตุสมผลและตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะเพิ่มเติมความสัมพันธ์ลงในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน จึงทำให้นักเรียนมีการเพิ่มเติมความสัมพันธ์ที่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) กล่าวว่า หากนักเรียนมีการใช้ข้อมูลเพิ่มเติมมาประกอบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จะช่วยให้แผนผังมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัย พบว่า ด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ยังเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่นำแผนผังวงจรสาเหตุที่ตนเองเขียนมาร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม จึงทำให้นักเรียนเขียนแผนผังวงจรสาเหตุโดยมีบางความสัมพันธ์ยังไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hanisch and Eirdosh (2021) ที่กล่าวว่า นักเรียนควรมีการแบ่งปันและเปรียบเทียบแผนผังของตนเองร่วมกับเพื่อน เพื่อร่วมวิจารณ์ผลงานซึ่งกันและกันรวมถึงอาจเสนอถูกหรือแนวคิดเพิ่มเติม เพื่อนำมาแก้ไขแผนผังของตนเองในส่วนที่ยังไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2018) ที่กล่าวว่า การจัดสรรให้นักเรียนได้อภิปรายอย่างมีคุณค่าและวิเคราะห์แผนภาพที่นักเรียนแต่ละคนเขียนขึ้นนั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่กล่าวว่า ในขณะที่นักเรียนสร้างแผนภาพนั้นครูผู้สอนต้องมีการกระตุ้นให้นักเรียนได้ร่วมกันอธิบายถึงเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในแผนภาพที่นักเรียนสร้างขึ้นภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบและทำให้แผนภาพดังกล่าวมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 3 คน ที่คะแนนการคิดเชิงระบบยังไม่ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ทั้งนี้การที่นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์นั้น เนื่องจากมีปัญหาในการระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอยู่บ้าง อีกทั้งส่วนใหญ่ยังมีปัญหาในการเขียนแผนผังวงจรสาเหตุ ผู้วิจัยได้นำเอาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นำไปปรับปรุงและพัฒนาในวงจรปฏิบัติการที่ 3

วงจรปฏิบัติการที่ 3

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 13.84 จากคะแนนเต็ม 16 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 86.51 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคล พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจำนวน 19 คน มีคะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีการกระตุ้นให้นักเรียนช่วยเพื่อนในกลุ่มหาข้อมูล รวมถึงกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่สืบค้นมาแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาที่ตนเองระบุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2560) ที่ให้นักเรียนได้มีการอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนได้ข้อสรุปในการระบุงค์ประกอบต่าง ๆ อีกทั้งผู้วิจัยมีการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่พบว่า การให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนนั้น จะช่วยให้ค้นพบความสัมพันธ์เพิ่มเติมที่นักเรียนอาจไม่เคยสังเกตมาก่อน และผู้วิจัยมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่พบว่า หากนักเรียนได้อธิบายถึงเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังตนเองเขียนกับเพื่อนภายในกลุ่ม จะช่วยตรวจสอบให้แผนภาพดังกล่าวมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้อาจเป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้ฝึกฝนการคิดเชิงระบบจากสถานการณ์ปัญหาที่มีความต่อเนื่องจากสถานการณ์ปัญหาเดิม จึงทำให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร ภูยอดตา และอะรุณี แสงสุวรรณ (2566) ที่กล่าวว่า เมื่อมีสถานการณ์ใหม่ที่แตกต่างจากเดิมหรือมีความต่อเนื่องจากสถานการณ์เดิม จะทำให้นักเรียนสามารถกำหนดประเด็นปัญหา ระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และเขียนแผนภาพวงจรสาเหตุได้ตามสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนการคิดเชิงระบบแบบแยกองค์ประกอบ 4 ประการ คือ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ คือ 4.00 2.95 3.58 และ 3.32 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการกำหนดประเด็น

ปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ เมื่อเปรียบเทียบกับจรรยาบรรณที่ 2 อีกทั้งแสดงให้เห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยด้านการกำหนดประเด็นปัญหามีคะแนนสูงกว่าในทุกด้าน โดยมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 100.00 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการกำหนดประเด็นปัญหาเป็นองค์ที่ง่ายที่สุด อีกทั้งสถานการณ์ปัญหาที่นำมากระตุ้นความสนใจของนักเรียน เป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันนักเรียน ตลอดจนมีคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงประเด็นปัญหามากขึ้น อีกทั้งมีคำถามที่ช่วยให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และเห็นถึงแนวทางในการนำไปสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็นปัญหา จึงทำให้นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณละออ ดังสุข (2565) ที่มีการใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นหรือพบเห็นได้ในชีวิตของนักเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นปัญหา ทำให้นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าได้ตรงประเด็น และตรงจุดประสงค์การเรียนรู้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่มีการใช้คลิปวิดีโอสั้น ๆ ที่มีปัญหาในชีวิตจริงอยู่ในคลิปวิดีโอ สามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้นักเรียนได้เรียนรู้จากปัญหานั้นจนนำไปสู่การกำหนดประเด็นปัญหาที่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาในด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 คิดเป็นร้อยละ 73.68 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีการนำข้อมูลที่สืบค้นมาร่วมแลกเปลี่ยนกับสมาชิกภายในกลุ่ม ตลอดจนมีการตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของตัวแปรที่ระบุ จึงทำให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ อิทธิศักดิ์ ศรีจันทร์ (2560) ที่กล่าวว่า หากนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน จะเกิดการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุปในการระบอบุคคลประกอบต่าง ๆ ภายในระบบนั้น ๆ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่า ด้านการระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา ยังเป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำกิจกรรมนักเรียนบางคนไม่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองมากขึ้น โดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแสดงเหตุผลเกี่ยวกับตัวแปรที่ตนเองระบุร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนความครบถ้วนของตัวแปรที่นักเรียนระบุ เมื่อพิจารณาในด้านการระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.58 คิดเป็นร้อยละ 89.47 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีการร่วมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียน

ระบุกับสมาชิกภายในกลุ่ม ตลอดจนมีการตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นักเรียนระบุ จึงทำให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อน จะช่วยให้นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์เพิ่มเติมที่นักเรียนอาจไม่เคยสังเกตมาก่อน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sabel et al. (2023) ที่มีการเน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนได้

เมื่อพิจารณาในด้านการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 คิดเป็นร้อยละ 82.89 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่ม ตลอดจนมีการตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน จึงทำให้ทุกความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียนนั้นถูกต้อง อีกทั้งมีการเพิ่มเติมความสัมพันธ์ที่สมเหตุสมผลลงในแผนผังวงจรสาเหตุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่พบว่า หากนักเรียนได้อธิบายถึงเหตุผลของความสัมพันธ์ในแผนผังตนเองเขียนกับเพื่อนภายในกลุ่ม จะช่วยตรวจสอบให้แผนภาพดังกล่าวมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผู้วิจัย พบว่า ในระหว่างทำกิจกรรมยังมีนักเรียนบางคนเขียนบางความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุไม่ถูกต้อง เนื่องจากไม่ให้ความร่วมมือในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยการกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองมากขึ้น โดยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ในแผนผังวงจรสาเหตุที่ตนเองเขียนกับสมาชิกภายในกลุ่มมากขึ้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังวงจรสาเหตุที่นักเรียนเขียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ฤทัยรัตน์ ชิตมงคล และสมยศ ชิตมงคล (2560) ที่กล่าวว่า ในการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ หากครูผู้สอนจัดให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนวงจรกับเพื่อนในกลุ่ม จะช่วยให้นักเรียนเกิดการทบทวนความถูกต้อง ตลอดจนความครบถ้วนของตัวแปรต่าง ๆ นำมาซึ่งการปรับปรุงแผนภาพวงจรสาเหตุของตนเองให้สมบูรณ์ขึ้น

จากผลการวิจัยทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ทำการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนให้ความสนใจ ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในชีวิตของนักเรียน ทำให้นักเรียนสนใจศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดประเด็นปัญหาซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ และในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดประเด็นปัญหา

นั้น จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเข้าสู่เรื่องที่จะเรียนได้อีกด้วย และอีกสามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ นักเรียนจะได้ฝึกการคิดเชิงระบบผ่านการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุ ซึ่งเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยในการส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ นั้นนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และเห็นถึงแนวทางการสืบค้นข้อมูล และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ อย่างอิสระ เพื่อนำมาข้อมูลมาร่วมกันคิดวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ให้เหตุผล และอภิปรายร่วมกัน เพื่อใช้ประกอบในการกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งผู้วิจัยยังให้ความสำคัญกับความรู้ทางชีววิทยา โดยการให้นักเรียนทำใบงานเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องได้รับ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้มาใช้ในการกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุได้ อีกทั้งมีใบกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดเชิงระบบ มีกิจกรรมให้นักเรียนออกไปนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขหรือเพิ่มเติมการกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุของตนเองให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบที่ดีได้ ซึ่งหากการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมให้นักเรียนได้สร้างแผนผังเชิงสาเหตุจากสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน จะสามารถช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ (Amaral et al, 2021) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงที่จำเป็นในปัจจุบัน (Deniş-Çeliker and Dere, 2022) ดังนั้นหากนักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดที่เป็นองค์ประกอบหลายอย่างของวิธีการคิดเชิงระบบ (Nagarajan and Overton, 2019) ซึ่งหากครูผู้สอนใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องและสามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตของนักเรียน รวมถึงใช้คำถามเพื่อเป็นแนวทางหรือกรอบให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ที่ดีขึ้นได้ (วรรณละออ ดังสุข,

2565) และแผนผังเชิงสาเหตุที่มีการสอดแทรกเข้าไปในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เขียนเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายเหตุผลและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ภายในระบบนั้น สามารถส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ (Cox et al, 2018; Cox et al, 2019) ซึ่งการที่นักเรียนได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นพลวัตของระบบ โดยการพิจารณาว่าแต่ละองค์ประกอบในระบบนั้นเชื่อมโยงเชิงสาเหตุกันอย่างไร โดยการเขียนแผนผังเชิงสาเหตุจึงส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้นได้ (Sabel et al, 2023) ดังนั้นหากนักเรียนมีการใช้เครื่องมือสำหรับการคิดเชิงระบบ คือ แผนผังเชิงสาเหตุ จึงมีส่วนช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบได้มากขึ้น (Ke et al, 2020) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amaral et al. (2021) ที่ศึกษาการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ โดยผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน และสร้างแบบจำลองด้วยการเขียนแผนภาพวงจรสาเหตุผ่านคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 11 คน ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลองเป็นฐาน โดยการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุผ่านคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพอย่างมากต่อการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรณละออ ดังสุข (2565) ที่ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinking) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบทดสอบการคิดอย่างเป็นระบบ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบในระดับดีมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cox et al. (2019) ที่ศึกษาศึกษาผลของการใช้แผนผังเชิงสาเหตุในบทเรียนภูมิศาสตร์ ที่มีผลต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประชากร คือ นักเรียนอายุ 16-18 ปี จำนวน 616 คน โดยเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียน ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลอง 448 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 168 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นแบบอัตนัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีการคิดเชิงระบบดีกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ke et al. (2020) ที่ทำการศึกษาการรับรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และการจัดสรรเครื่องมือเพื่อการคิดเชิงระบบของนักเรียน ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แบบสอบถาม

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงบวกต่อประสบการณ์การเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเครื่องมือสำหรับการคิดเชิงระบบที่นักเรียนเลือกนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหามากที่สุด คือ แผนผังเชิงสาเหตุ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sabel et al. (2023) ที่ทำการตรวจสอบการมีส่วนร่วมของนักศึกษาระดับปริญญาตรีในการคิดเชิงระบบและการสร้างแบบจำลองโดยใช้แผนผังเชิงสาเหตุ (Causal map) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาชีววิทยา จำนวน 78 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีคะแนนการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางและมีการใช้แผนผังเชิงสาเหตุเพียงเล็กน้อยในการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของพิณภัทรา เวทย์วิทยานุกุล และสลา สามีภักดี (2562) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ซึ่งหนึ่งในแผนผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดที่ใช้ คือ แผนผังเชิงสาเหตุ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้งระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละเรื่องของระบบร่างกาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะพรรณ ปลาโสม และสมสงวน ปัสสาโก (2564) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังนั้นผู้วิจัยจึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ สามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงระบบได้

ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องหรือมีโอกาสพบได้ในชีวิตประจำวันของนักเรียน และควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาโดยมีการสอดแทรกสื่อที่ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เช่น คลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

1.2 คลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่นำมาใช้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนในระหว่างอ่านทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา ควรคัดสรรคลิปวิดีโอหรือภาพประกอบที่สามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน และสอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนกำหนด

1.3 ควรยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนให้กับนักเรียน เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) เพื่อช่วยให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างถูกต้อง

1.4 ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรส่งเสริมให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ และแสดงความคิดเห็นร่วมกับสมาชิกภายในกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบที่ดีขึ้นได้

1.5 ข้อจำกัดของเวลาและเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ควรปรับให้มีความเหมาะสมกับวิธีการสอนและบริบทของนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในโอกาสต่อไป

2.1 หากมีการนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุไปพัฒนาการคิดเชิงระบบในครั้งต่อไป ผู้วิจัยท่านอื่น ๆ ควรมีการเพิ่มจำนวนข้อของแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ

2.2 ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุสามารถส่งผลทำให้เกิดตัวแปรตามตัวอื่น ๆ ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอแนะนำให้ผู้วิจัยท่านอื่น ๆ นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุไปใช้พัฒนาตัวแปรตามอื่น ๆ เช่น การโต้แย้ง การให้เหตุผล การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์

พูน ปณ จิต ชีเว

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กาญจนา ก้าวสิทธิ์ และธเนศ พงศ์ธีรรัตน์. (2562). การพัฒนาทักษะการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การหายใจระดับเซลล์ ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ศูนย์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ณัฐารส ภูคา, & น้ำทิพย์ ่องอาจวานิชย์. (2022). การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัยสวนดุสิต, 18(2), 1-14.
- ทิตนา แคมมณี. (2566). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นภาพร สายฝัน, & สุมาลี ชุกกำแพง. (2023). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาชีววิทยาโดย การใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชื่อมโยงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 17(2), 95-106.
- นิยม กิมานุวัฒน์. (2016). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา.
- เนตรนพิศ คำอ่อนสา. (2020). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ, 14(1), 34-44.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น
- _____. (2552). พื้นฐานการวิจัยการศึกษา. กทม: ประสานการพิมพ์
- ประพนธ์ สุดตา. (2561). การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่เน้นเทคนิคการสืบค้นเป็นกลุ่มที่ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะการทำงานเป็นทีม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. การศึกษามหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2561). วิจัยปฏิบัติการทางการเรียนการสอน. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาธรรม

- _____. (2564). *วิจัยการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2566). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. พิมพ์ครั้งที่ 3 ศูนย์นวัตกรรมออกแบบและสื่อคอนเวอร์เจนซ์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ปารมี ศรีบุญทิพย์, นฤมล พระใหญ่, อัจศรา ประเสริฐสิน และเติมศักดิ์ คทวณิช. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงบูรณาการเพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ*. ปรินญานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิณภัทรา เวทย์วิทยานวัฒน์, & สลา สามีกักดี. (2019). *การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบ ร่างกายมนุษย์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด*.
- ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ, สมปอง ศรีกลยา และวันดี รักไร่. (2560). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดเชิงระบบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- ยวงแก้ว สีพาชา. (2562). *การพัฒนาความสามารถการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับผังก้างปลา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รุ่งทิwa จันทรสุข, & สุมาลี ชูกำแพง. (2022). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 16(3), 64-75.
- ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล, & สมยศ ชิดมงคล. (2017). *การคิดเชิงระบบ: ประสพการณ์การสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ*. *Journal of Education Studies*, 45(2), 209-224.

วรรณละออ ดังสุข. (2022). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5: Implementing Problem Based Learning to improve system thinking of grade 11 students in climate change. *วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 16(1), 145-158.

วลัยลักษณ์ เหลี่ยมสิงขร, นกุล กุดแถลง และสมสงวน ปัสสาโก. (2562). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและระบบประสาท ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*.

ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ. (2566). การพัฒนาการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. *วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด

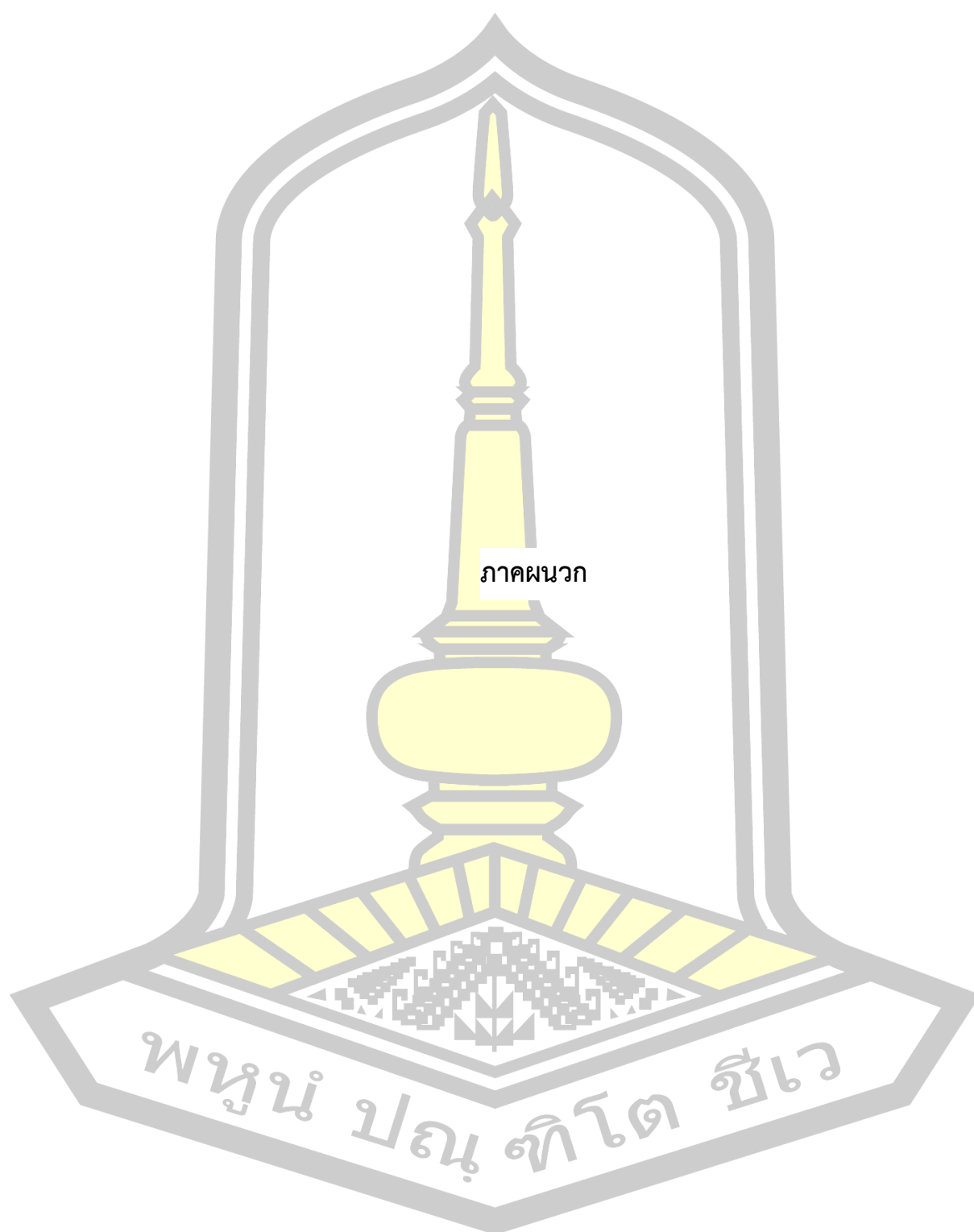
อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีวิตวิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.

Cox, M., Elen, J., & Steegen, A. (2019). The use of causal diagrams to foster systems thinking in geography education: Results of an intervention study. *Journal of Geography*, 118(6), 238-251.

Cox, M., Steegen, A., & Elen, J. (2018). Using causal diagrams to foster systems thinking in geography education. *International Journal of Designs for Learning*, 9(1), 34-48.

- Delisle, R. (1997). How to use problem-based learning in the classroom. *Association for Supervision and Curriculum Development*.
- Deniş-Çeliker, H., & Dere, S. (2022). The Effects of The Problem-Based Learning Supported by Experiments in Science Course: Students' Inquiry Learning and Reflective Thinking Skills. *Journal of Science Learning*, 5(1), 14-27.
- do Amaral, J. A. A., & Fregni, F. (2021). Fostering System Thinking Learning by Combining Problem-Based Learning and Simulation-Based Learning Approaches. *International Journal of Instruction*, 14(3), 1-16.
- Hanisch, S., & Eirdosh, D. (2021). Causal mapping as a teaching tool for reflecting on causation in human evolution. *Science & Education*, 30(4), 993-1022.
- Hankuttum, C., Selosreechai, S., & Khanewan, P. (2023). การคิดเชิงระบบกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามเป็นฐาน. *Interdisciplinary Academic and Research Journal*, 3(4), 587-600.
- Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 21, 93-97.
- Institute of Play (2020). *Causal maps with return to feedback loops*. Q Design Pack Systems Thinking, 33–34. Available at: <https://clalliance.org/wp-content/uploads/2020/02/Design-Pack-Systems-Thinking.pdf>
- Kaembai, K., Sarayuthpitak, J., Rodpipat, S., & Somkratoke, C. (2021). ผลการจัดการเรียนรู้สู่ศึกษาโดยใช้เทคนิค การตั้งคำถามขั้นสูง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Academic Journal of Thailand National Sports University*, 13(3), 175-188.
- Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L., & Friedrichsen, P. J. (2020). Students' perceptions of socio-scientific issue-based learning and their appropriation of epistemic tools for systems thinking. *International Journal of Science Education*, 42(8), 1339-1361.
- Kemmis, S., & MC Taggart, R. (1988). *The action research planer (3rd Ed.)*. Victory: Deakin University.

- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of social issues*, 2(4), 34-46.
- Nagarajan, S., & Overton, T. (2019). Promoting systems thinking using project-and problem-based learning. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2901-2909.
- Orgill, M., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to systems thinking for the chemistry education community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720-2729.
- Parmboon, W., Sittisomboon, M., & Onthanee, A. (2023). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Journal of MCU Nakhondhat*, 10(7), 64-77.
- Plasom, P., & Passago, S. (2021). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *Ratchaphruek Journal*, 19(3), 62-71.
- Sabel, J. L., Zangori, L., Parsley, K. M., Sous, S., & Koontz, J. (2023, May). Investigating undergraduate students' engagement in systems thinking and modeling using causal maps. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1159486). Frontiers Media SA.
- Senge, P. M. (2014). *The fifth discipline fieldbook: Strategies and tools for building a learning organization*. Crown Currency.
- Sodok, P., & Phorntaweekul, S. (2023). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน รายวิชาชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Research and Development Institute Rajabhat Maha Sarakham University*, 10(1), 437-452.
- Sukkird, P. (2021). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนประวัติศาสตร์: เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University*, 8(1), 85-96.
- Tan, O. S. (2021). *Problem-based learning innovation: Using problems to power learning in the 21st century*. Gale Cengage Learning.





ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2566

ผู้สอน นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

1. ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูลและอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอเดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง

2. สาระการเรียนรู้

โรคภูมิแพ้

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (Knowledge)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

ด้านทักษะกระบวนการ (Process)

2. นักเรียนสามารถเขียนแผนผังเชิงสาเหตุของกลไกการเกิดโรคภูมิแพ้ได้

ด้านคุณลักษณะ (Attitude)

3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

4. สาระสำคัญ

โรคภูมิแพ้ เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายตอบสนองต่อแอนติเจนบางชนิดรุนแรงกว่าปกติ ทำให้แสดงอาการต่าง ๆ เช่น จามอย่างรุนแรง มีผื่นขึ้นและเกิดการอักเสบบริเวณผิวหนัง ซึ่ง

แอนติเจนที่กระตุ้นให้เกิดอาการแพ้ คือ สารก่อภูมิแพ้ เช่น ไรฝุ่น อาหารทะเล ขนสัตว์ เกสรดอกไม้ เป็นต้น

5. กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ

5.1 ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา (15 นาที)

5.1.1 นักเรียนร่วมกันรับฟังคำชี้แจงจากครู และแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจกลุ่มละ 5-6 คน เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มทำกิจกรรม

5.1.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับใบกิจกรรมที่ 4 และรับใบงานที่ 4 จากนั้นตัวแทนกลุ่มแจกใบกิจกรรมและใบงานให้เพื่อนทุกคน

5.1.3 ครูนำเข้าบทเรียนเกี่ยวกับโรคภูมิแพ้ โดยให้นักเรียนดูภาพของลักษณะผื่นแดงที่เกิดขึ้นตามบริเวณผิวหนังของร่างกาย รวมทั้งร่วมกับดูคลิปวิดีโอ และอ่านสถานการณ์ปัญหา ดังนี้



ที่มาของภาพ: <https://mgronline.com/qol/detail/9660000078266> และ <https://images.app.goo.gl/R4CUxdZBonbVxQvf7>



ที่มาของคลิป: <https://youtu.be/C9JzDQoQncw?si=xs3uiQWO3HdVF1Aa>

“ใน 1 สัปดาห์ ลิซ่าและเพื่อนจะรับประทานสมุนไพร เฉลี่ย 1-2 วันต่อสัปดาห์ วันหนึ่ง ในขณะที่ลิซ่ารับประทานสมุนไพร โดยหลังจากรับประทานไป 15-20 นาที ลิซ่ารู้สึกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับร่างกายของตนเอง โดยพบว่า ตนเองเริ่มมีอาการหายใจไม่สะดวก หน้าและปากเริ่มบวม รู้สึกคันและมีผื่นแดงตามตัว และยังมีอาการคลื่นไส้ร่วมกับอาเจียน โดยเมื่อลิซ่าจึงรับประทานยาแอนติฮิสตามีน (Antihistamine) อาการต่าง ๆ เหล่านี้เริ่มดีขึ้น” (สถานการณ์ปัญหาที่ 1)

5.1.4 เมื่อนักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้วครูจะใช้คำถาม ดังนี้

1) นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดลิซ่าจึงมีอาการต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้น (นักเรียนร่วมพูดคุยกัน อภิปรายกัน โดยที่ครูไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้อง)

2) นักเรียนคิดว่าประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้คืออะไร” (นักเรียนร่วมกันพูดคุยภายในกลุ่มของตนเอง แลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา เพื่อระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูนำเสนอ และบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 4)

5.1.5 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มระบุประเด็นปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 4 ครูถามนักเรียนว่า เพราะเหตุใดถึงเลือกประเด็นปัญหานี้ ทั้งนี้ครูคอยตรวจสอบความชัดเจนในการระบุประเด็นปัญหารวมถึงคอยกำหนดขอบเขตของปัญหา เพื่อให้เข้ากับเนื้อหาที่จะเรียน

(กรอบประเด็นปัญหา: โรคภูมิแพ้ที่เกิดจากการแพ้อาหาร)

5.1.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ และทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาว่ามีความเกี่ยวข้องกับเรื่องใดบ้างในวิชาชีววิทยา

(แนวตอบ: ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน, โรคภูมิแพ้อาหาร)

5.2 ขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง (65 นาที)

5.2.1 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับโรคอ้วน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ต้องแทนด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -)

ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับโรคอ้วน

“..... แจ็คอายุ 15 ปี เขามีน้ำหนักตัวที่มากและมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) เท่ากับ 32 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยปกติเขาชอบรับประทานอาหารที่ให้พลังงานสูงเป็นประจำ เช่น น้ำอัดลม ขนมหวาน ของทอด และไม่ควบคุมปริมาณในการกิน นอกจากนี้เขายังมีพฤติกรรมกินจุบจิบระหว่างวัน และไม่ชอบออกกำลังกาย”

1. ครูให้นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น

(แนวตอบ: แจ็คเป็นโรคอ้วน)

2. ครูให้นักเรียนกำหนดตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหานี้ โดยดูจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ หรือหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ

(แนวตอบ: น้ำหนักตัว ค่าดัชนีมวลกาย รับประทานอาหารที่ให้พลังงานสูง การดื่มน้ำอัดลม การรับประทานขนมหวาน การรับประทานของทอด การควบคุมปริมาณในการกิน การกินจุบจิบ การออกกำลังกาย ฯลฯ)

3. ครูให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรเหตุและตัวแปรผล โดยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปยังตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) ซึ่งครูจะอธิบายความหมายของความสัมพันธ์เพิ่มเติม ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางเดียวกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง

ตัวแปรเหตุ $\xrightarrow{+}$ ตัวแปรผล

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไปในทางตรงข้ามกัน เช่น ตัวแปรหนึ่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้อีกตัวแปรลดลง หรือตัวแปรหนึ่งลดลงส่งผลให้อีกตัวแปรเพิ่มขึ้น

ตัวแปรเหตุ $\xrightarrow{-}$ ตัวแปรผล

(แนวตอบ: น้ำหนักตัว $\xrightarrow{+}$ ค่าดัชนีมวลกาย, ค่าดัชนีมวลกาย $\xrightarrow{+}$ แจ็คเป็นโรคอ้วน
 การดื่มน้ำอัดลม $\xrightarrow{+}$ น้ำหนักตัว, การรับประทานของทอด $\xrightarrow{+}$ น้ำหนักตัว
 การออกกำลังกาย $\xrightarrow{-}$ น้ำหนักตัว, น้ำหนักตัว $\xrightarrow{+}$ แจ็คเป็นโรคอ้วน
 การควบคุมปริมาณในการกิน $\xrightarrow{-}$ น้ำหนักตัว, การกินจุบจิบ $\xrightarrow{+}$ น้ำหนักตัว
 การออกกำลังกาย $\xrightarrow{-}$ แจ็คเป็นโรคอ้วน ฯลฯ)

5.2.2 เมื่อนักเรียนระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาแล้ว (สถานการณ์ปัญหาที่ 1) ครูให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ระบุไว้ในขั้นที่ 1 โดยครูแนะนำแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือ

5.2.3 นักเรียนร่วมกันระดมสมองภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นมาระบุตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 4 โดยครูคอยแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำมา

5.2.4 นักเรียนร่วมกันระดมสมองภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อพิจารณาว่าแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างไร จากนั้นระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยเขียนเครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมายลบ (-) บนลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่าง 2 ตัวแปร แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 4 โดยครูคอยแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของความสัมพันธ์ที่นักเรียนระบุ

5.2.5 นักเรียนร่วมกันระดมสมองภายในกลุ่มของตนเอง เพื่อนำตัวแปรต่าง ๆ ที่ผ่านการพิจารณาและระบุความสัมพันธ์แล้ว มาเขียนเชื่อมโยงให้เป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 4 โดยครูคอยแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของแผนผังเชิงสาเหตุที่นักเรียนเขียน

5.3 ขั้นที่ 3 การรายงาน (40 นาที)

5.3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียน โดยครูใช้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 5 นาที

5.3.2 นักเรียนนำเสนอแผนผังเชิงสาเหตุ โดยครูอำนวยความสะดวกในการนำเสนอ และคอยตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมโยงปัจจัยต่าง ๆ ในแผนผังเชิงสาเหตุที่นักเรียนนำเสนอ

5.3.3 เมื่อตัวแทนของทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จสิ้น ครูจะตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการคิดให้ได้มาซึ่งคำตอบภายในกลุ่มของตนเอง โดยใช้คำถามดังนี้

“จากขั้นที่ 1-2 นักเรียนมีวิธีการได้มาซึ่งคำตอบอย่างไรบ้าง”

5.3.4 นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาจากการสรุปผลกิจกรรมการเรียนรู้ และการเฉลยใบกิจกรรมที่ 4 ร่วมกับครู

5.3.5 นักเรียนทุกคนทำใบงานที่ 4

6. การวัดประเมินผล

สิ่งที่วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge)	1. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคมุมิแพ้ได้	ตรวจใบงานที่ 4	แบบประเมินใบงาน	ได้คะแนน 2 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์จากคะแนนเต็ม 4
ด้านทักษะกระบวนการ (Process)	2. นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคมุมิแพ้ได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 4	แบบสังเกตพฤติกรรม/ ร่องรอยการคิดเชิงระบบ	มีพฤติกรรม/ ร่องรอยการคิดเชิงระบบ
ด้าน คุณลักษณะ (Attitude)	3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย	ส่งงานตามระยะเวลาที่กำหนด	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้และอุปกรณ์

7.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบงานที่ 4 เรื่อง โรคมุมิแพ้
2. ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง โรคมุมิแพ้

3. เอกสารประกอบการสอนวิชาชีววิทยา 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) ใช้เฉพาะโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) เท่านั้น

4. อินเทอร์เน็ตสำหรับสืบค้น

8. เอกสารอ้างอิง

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

9. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

9.1 ผลการเรียนรู้

9.2 ปัญหาและอุปสรรค

9.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ไขปัญหา

ลงชื่อ.....

พูน ปรณ จิตโต

(นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์)

ผู้สอน

ใบงานที่ 4

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. จงอธิบายการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ และเรียกภาวะการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันนั้นว่าอะไร

.....

.....

.....

.....

2. โรคภูมิแพ้มักมีอาการแพ้ที่เกิดขึ้น เช่น มีผื่นแดงบริเวณผิวหนัง ดังนั้น อาการดังกล่าวมีกลไกในการเกิดขึ้นได้อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....



แบบประเมินใบงาน (K)

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2566

ผู้สอน นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

ข้อที่	รายการประเมิน		
	นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้		
	2	1	0
1. จงอธิบายการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ และเรียกภาวะการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันนั้นว่าอะไร	เขียนอธิบายถูกต้องครบถ้วน ดังนี้ เป็นโรคที่เกิดจากการที่ระบบภูมิคุ้มกันมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสารก่อภูมิแพ้บางชนิดรุนแรงเกินกว่าปกติ และภาวะดังกล่าว เรียก ภาวะภูมิไวเกิน (Hypersensitivity)	เขียนอธิบายถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น	เขียนอธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนอธิบาย
2. โรคภูมิแพ้มักมีอาการแพ้ที่เกิดขึ้น เช่น มีผื่นแดงบริเวณผิวหนัง ดังนั้น อาการดังกล่าวมีกลไกในการเกิดขึ้นได้อย่างไร จงอธิบาย	เขียนอธิบายถูกต้องครบถ้วน ดังนี้ เมื่อสารก่อภูมิแพ้เข้าสู่ร่างกาย จะกระตุ้นเซลล์บีให้สร้างแอนติบอดี IgE เข้าจับกับผิวเบโซฟิล ทำให้มีการสร้างสารฮิสตามีนออกมาจึงแสดงอาการแพ้ เช่น ส่งผลให้เนื้อเยื่อเกิดการอักเสบได้	เขียนอธิบายถูกต้องแต่ไม่ครบทุกประเด็น	เขียนอธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนอธิบาย

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพใบงาน (K)

ระดับคะแนน	0-1	2-3	4
ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง	พอใช้	ดี

หมายเหตุ: 2 คะแนนขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ (P)

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2566

ผู้สอน นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การกำหนดประเด็นปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุยภายในกลุ่ม และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องและครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดทั้งหมด	นักเรียนมีการพูดคุยภายในกลุ่ม และเขียนประเด็นปัญหาได้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด แต่ครอบคลุมสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดเพียงบางส่วน	นักเรียนไม่มีการพูดคุยภายในกลุ่ม และไม่เขียนประเด็นปัญหาหรือเขียนประเด็นปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด
2. การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องและครบทุกตัวแปร	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุกตัวแปร	นักเรียนไม่มีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และไม่เขียนตัวแปร หรือเขียนตัวแปรที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ถูกต้องทั้งหมด	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผลทุกคู่ แต่มีบางความสัมพันธ์ที่เขียนไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่มีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และไม่เขียนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือเขียนความสัมพันธ์ด้วยเครื่องหมายบวกหรือลบระหว่างตัวแปรเหตุและตัวแปรผล ไม่ครบทุกคู่
4. การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล และถูกต้องทุกความสัมพันธ์	นักเรียนมีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และนำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างสมเหตุสมผล แต่มีบางความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่มีการพูดคุยกันภายในกลุ่ม และไม่เขียนแผนผังวงจรสาเหตุ หรือนำบางคู่ตัวแปรที่ไม่ได้ระบุความสัมพันธ์มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังวงจรสาเหตุ หรือเพิ่มเติมอย่างไม่สมเหตุสมผล

พูน ปณ จิต ชีเว

เกณฑ์ประเมินพฤติกรรมนักเรียนด้านคุณลักษณะ (A)

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียน 2 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2/2566

ผู้สอน นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความรับผิดชอบ ต่องานที่ได้รับ มอบหมาย	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่อการ ทำงานที่ได้รับ มอบหมาย และส่ง งานภายใน ระยะเวลาที่กำหนด	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่อการ ทำงานที่ได้รับ มอบหมาย และงาน ช้ากว่าเวลาที่ กำหนดไม่เกิน 1 วัน	นักเรียนมีความ รับผิดชอบต่อการ ทำงานที่ได้รับ มอบหมาย และงาน ช้ากว่าเวลาที่ กำหนดเกิน 1 วัน	นักเรียนไม่ ทำงานที่ได้รับ มอบหมาย

พูน ปณ จิตโต ชีเว

ใบกิจกรรมที่ 4

เรื่อง โรคภูมิแพ้

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

“ใน 1 สัปดาห์ ลิซ่าและเพื่อนจะรับประทานหมูกระทะ เฉลี่ย 1-2 วันต่อสัปดาห์ วันหนึ่งในขณะที่ลิซ่ารับประทานหมูกระทะ โดยหลังจากรับประทานไป 15-20 นาที ลิซ่ารู้สึกถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับร่างกายของตนเอง โดยพบว่า ตนเองเริ่มมีอาการหายใจไม่สะดวก หน้าและปากเริ่มบวม รู้สึกคันและมีผื่นแดงตามตัว และยังมีอาการคลื่นไส้ร่วมกับอาเจียน โดยเมื่อลิซ่าจึงรับประทานยาแอนติฮิสตามีน (Antihistamine) อาการต่าง ๆ เหล่านี้เริ่มดีขึ้น”

1. ให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้

2. ให้นักเรียนระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหาที่ได้ระบุไว้ โดยพิจารณาจากสถานการณ์ปัญหาร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ

พูน ฝน จิโต ชเว

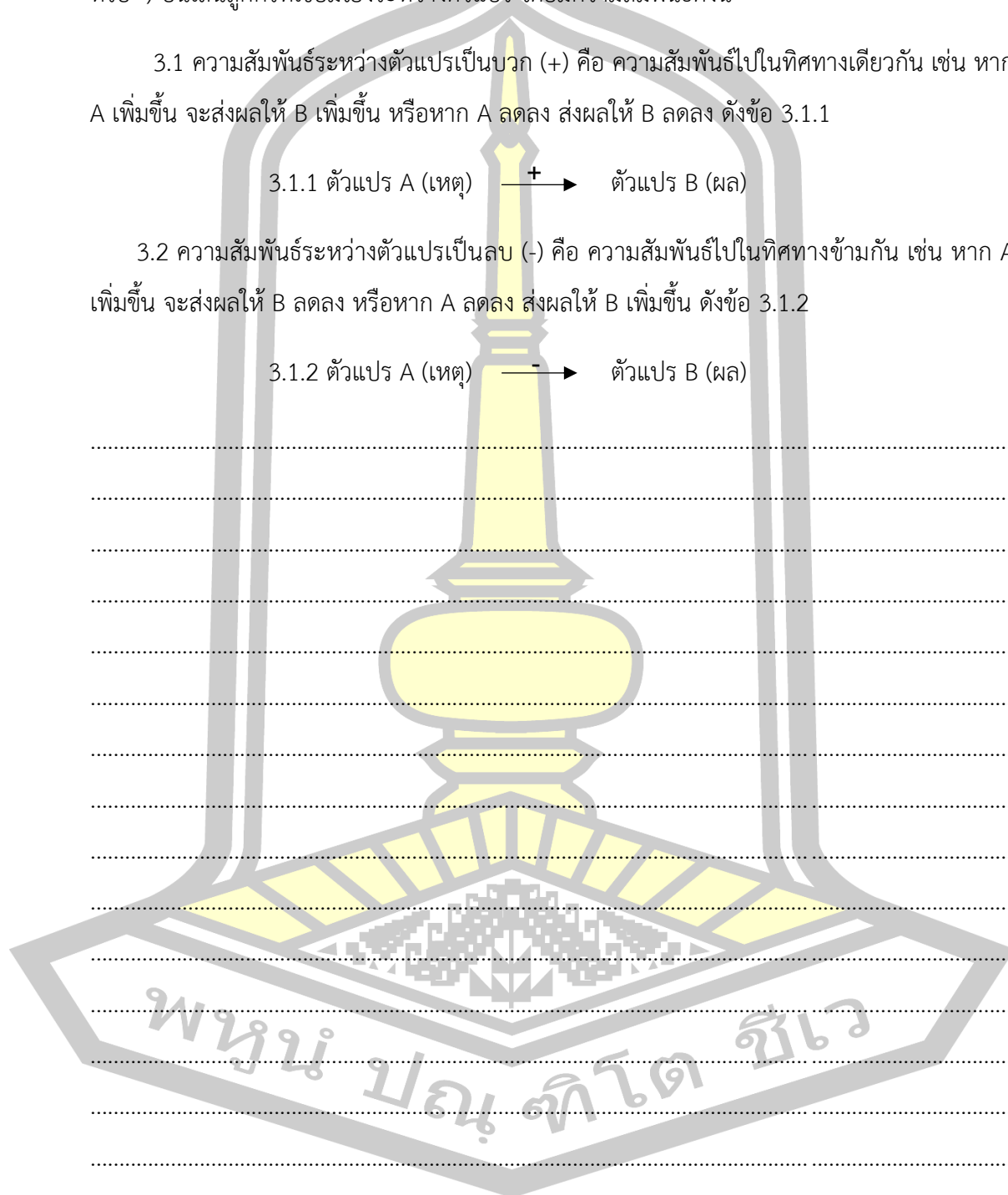
3. ให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลง ดังข้อ 3.1.1

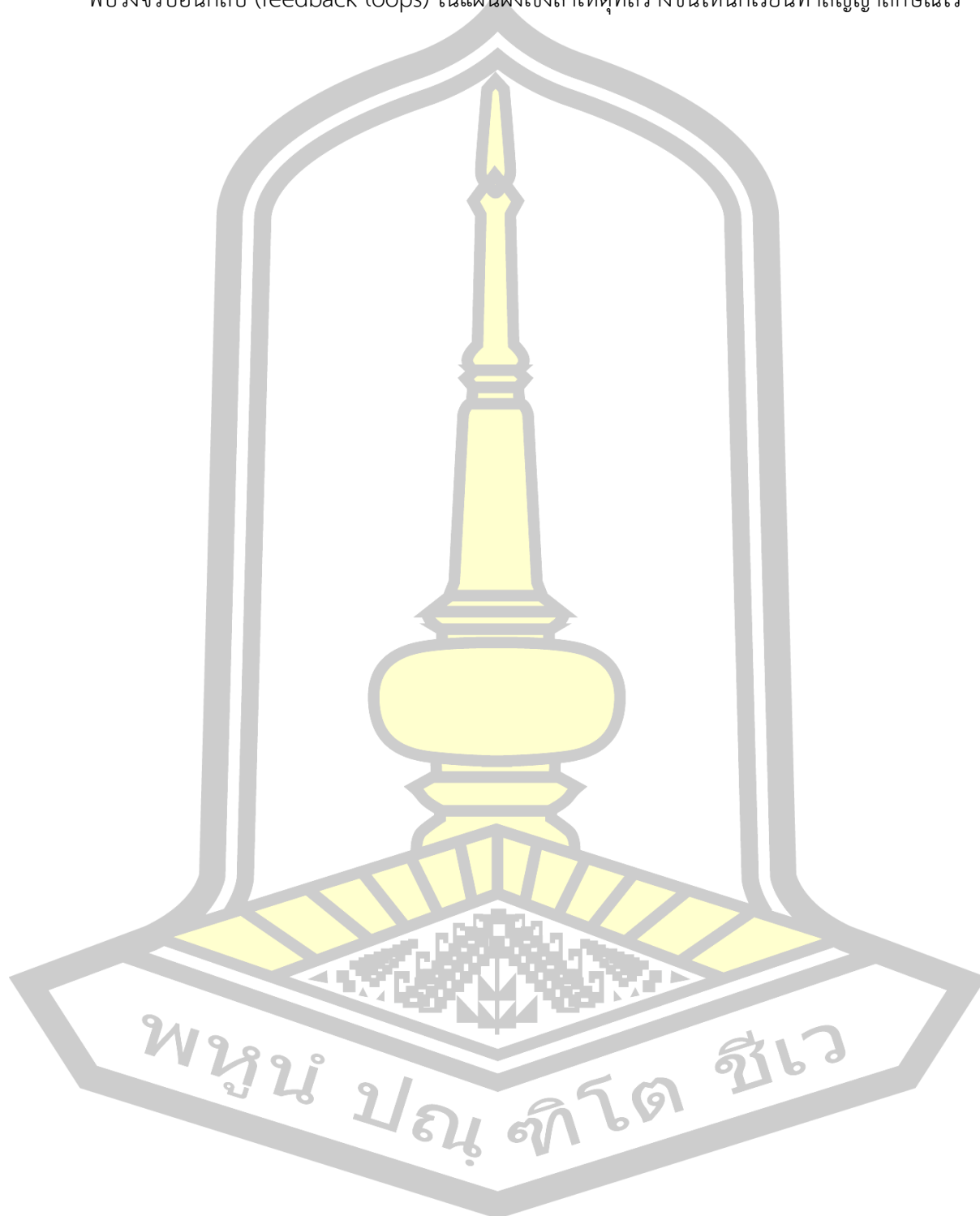
3.1.1 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B (ผล)

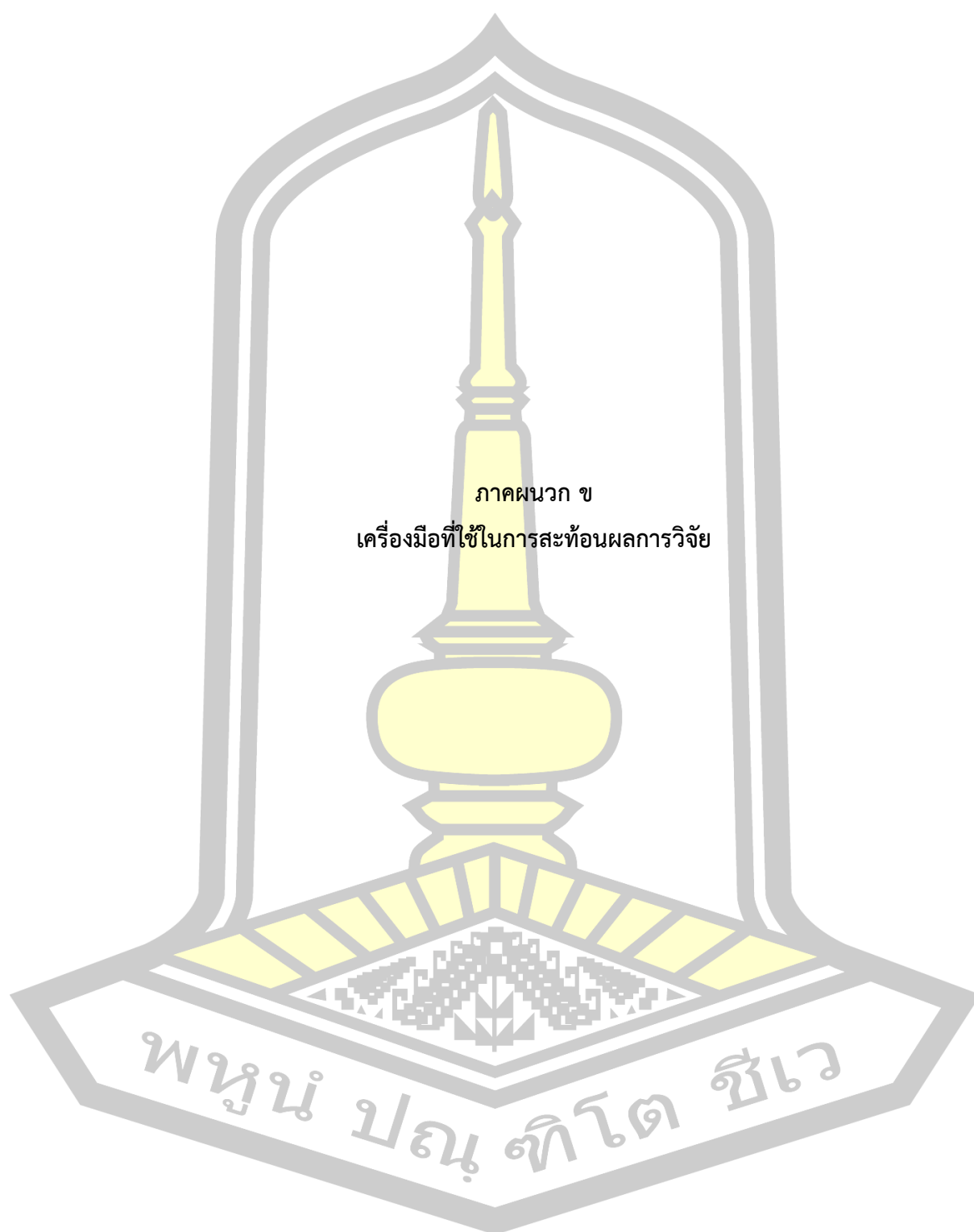
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางข้ามกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B ลดลง หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น ดังข้อ 3.1.2

3.1.2 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร B (ผล)



4. ให้นักเรียนนำตัวแปรแต่ละคู่ที่ระบุความสัมพันธ์ มาเขียนเชื่อมโยงเป็นแผนผังเชิงสาเหตุ และหากพบวงจรป้อนกลับ (feedback loops) ในแผนผังเชิงสาเหตุที่สร้างขึ้นให้นักเรียนทำสัญลักษณ์ไว้





แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ

ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1
2. ข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อครอบคลุม 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ
3. ให้อเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที โดยใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้



ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....ม.4/3.....เลขที่.....

แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 ข้อที่ 1

“ในทุก ๆ วัน ช่วงเวลา 21.00-23.00 นาฬิกา เจมส์จะเล่นเกมส่ต่อสู้ในโทรศัพท์ นอกจากนี้ เจมส์ยังมีพฤติกรรมการเล่นอนดิกเป็นประจำ เข้าวันนี้หลังจากตื่นนอนเจมส์สังเกตเห็นว่าบน ใบหน้าของตนเองมีตุ่มแดงขนาดเล็กหลายตุ่มเกิดขึ้นบริเวณแก้ม โดยปกติเจมส์มีนิสัยชอบนำ มือไปสัมผัสใบหน้าเขาจึงใช้มือสัมผัสบริเวณแก้ม และใช้ปลายนิ้วสะกิดที่บริเวณตุ่มดังกล่าว วันต่อมาเจมส์สังเกตเห็นว่าตุ่มขนาดเล็กบริเวณแก้มมีลักษณะ บวม แดง และขยายขนาดใหญ่ ขึ้น เมื่อเจมส์สัมผัสตุ่มดังกล่าวพบว่ามีอาการปวดเกิดขึ้น และภายในตุ่มดังกล่าวยังพบ ของเหลวที่มีลักษณะสีเหลืองข้นเกิดขึ้นด้วย”

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

.....

.....

.....

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัย เกี่ยวเนื่องกับปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พหุบัน ปณ. ตึกโต ชีเว

3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

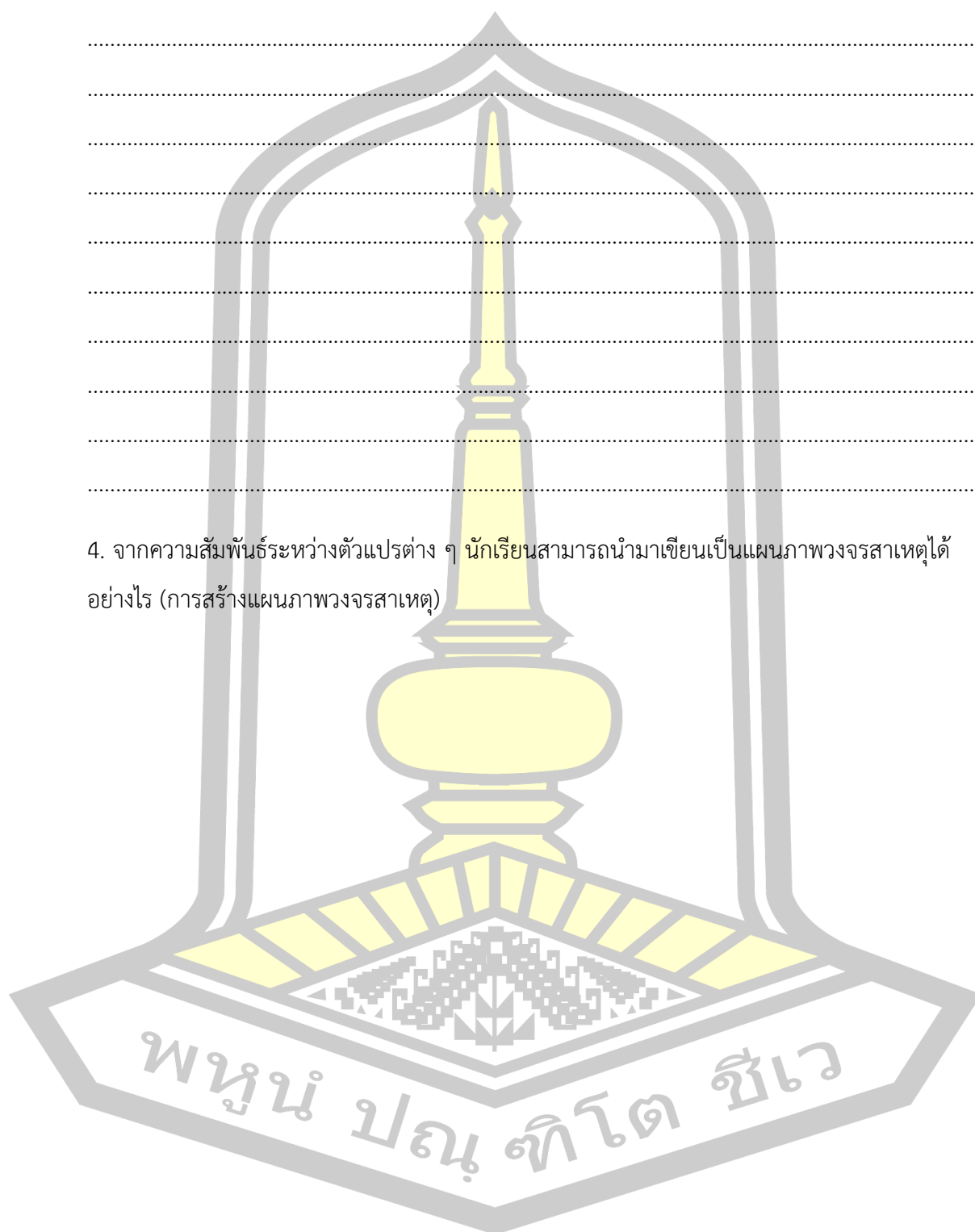
.....

.....

.....

.....

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1 ข้อที่ 2

“ลุงดำทำอาชีพเสริม คือ รับจ้างกิดยางพาราในช่วงเวลาว่างคืน แต่วันนี้ลุงดำไม่ได้ไปทำงานเหมือนทุก ๆ วัน เนื่องจากมีอาการปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามร่างกาย ที่บริเวณผิวหนังพบจ้ำเลือดและจุดเลือดจำนวนมาก กระจายอยู่ทั่วบริเวณผิวหนังตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีไข้สูง 39-40 องศาเซลเซียส จากผลการวินิจฉัยของแพทย์ พบว่า ลุงดำติดเชื้อชนิดหนึ่งซึ่งเป็นสายพันธุ์ A หลังจากพักรักษาตัว 1-2 วัน แพทย์จึงอนุญาตให้ลุงดำกลับบ้านได้ หลังจาก 1 เดือนต่อมา ลุงดำมีอาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยตามร่างกาย อาเจียนเป็นเลือด มีไข้สูง 40-42 องศาเซลเซียส เกิดอาการช็อคและหมดสติไป จากผลการตรวจหาเชื้อพบว่า ลุงดำติดเชื้อชนิดเดิมแต่เป็นสายพันธุ์ B”

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)



2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา)



3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

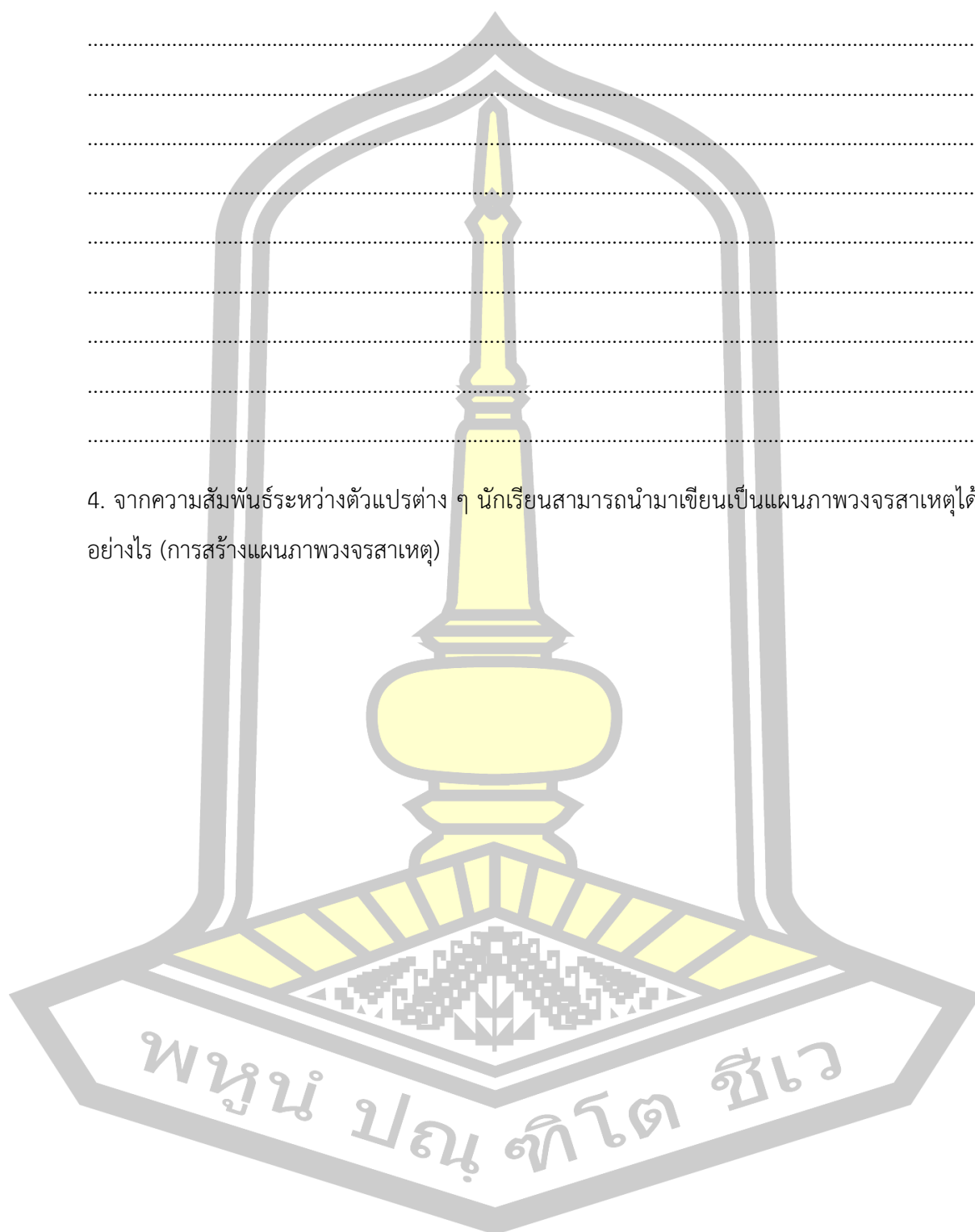
.....

.....

.....

.....

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ

ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2
2. ข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อครอบคลุม 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ
3. ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที โดยใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้



ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....ม.4/3.....เลขที่.....

แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อที่ 1

“ขณะที่เบลล่ากำลังอาบน้ำให้กับสุนัขที่ตัวเองเลี้ยง แต่เนื่องจากสุนัขตัวดังกล่าวไม่ชอบอาบน้ำ จึงพยายามดันทำให้เล็บเท้าข่วนเข้ากับแขนของเบลล่า และ 1 สัปดาห์ต่อมา เบลล่ามีอาการไข้ เจ็บคอ ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร ปวดเมื่อยตามตัว หนาวสั่น คลื่นไส้อาเจียน และมีอาการคันอย่าง รุนแรงบริเวณแขนที่โดนสุนัขข่วน เมื่อแพทย์ตรวจอาการเบื้องต้นแพทย์จึงฉีดยาฆ่าเชื้อตามโรคพิษ สุนัขบ้าให้กับเบลล่า เมื่อเวลาผ่านไป 2-3 ชั่วโมง อาการของเบลล่าค่อย ๆ ดีขึ้นและหายเป็น ปกติ และหลังจากที่หายเป็นปกติแล้วในทุก ๆ วันเบลลามักจะเล่นกับสุนัขตัวดังกล่าว ซึ่งสุนัข ตัวนี้มักมีพฤติกรรมชอบเลียบริเวณตาและปากของเบลล่า และ 2 สัปดาห์ต่อมา พบว่า เบลล่ามี อาการ เช่นเดียวกับหลังจากที่โดนสุนัขข่วน 1 สัปดาห์ เกิดขึ้นอีกครั้ง”

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)



2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา)



พหุบัน ปณ กิโตะ ชีวะ

3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

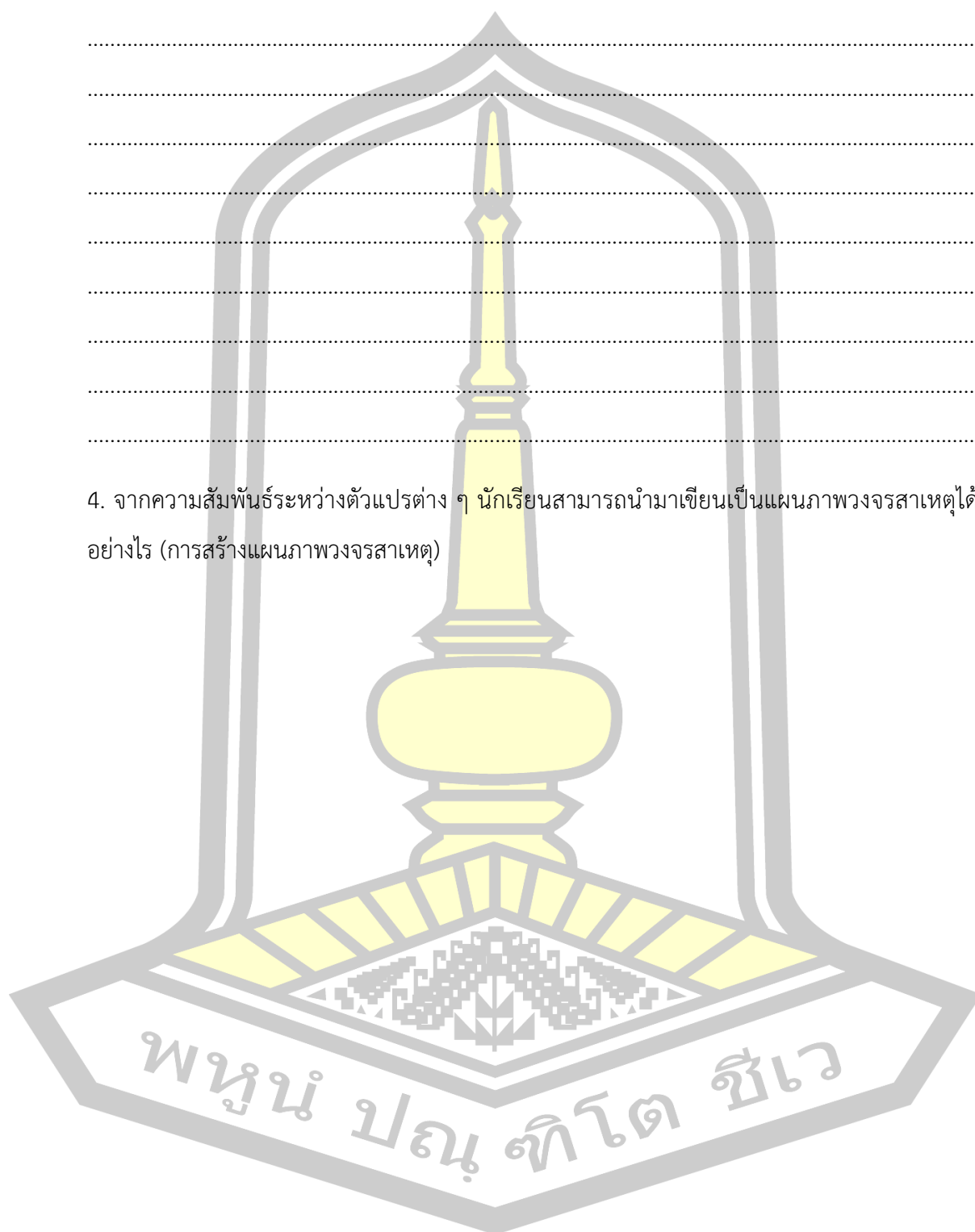
.....

.....

.....

.....

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



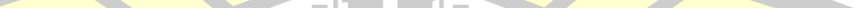
แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 2 ข้อที่ 2

“ช่วงปิดภาคเรียนในเดือน มีนาคม-พฤษภาคมของทุกปี มะลิจะไปเยี่ยมคุณย่าที่ต่างจังหวัดเป็น เวลา 1-2 เดือน ซึ่งบริเวณรอบบ้านของคุณย่าเต็มไปด้วยแปลงปลูกดอกไม้หลายสายพันธุ์ และใน ทุก ๆ เช้า มะลิจะพาเจ้าดำซึ่งเป็นสุนัขที่คุณย่าเลี้ยงไว้วิ่งเล่นรอบบริเวณบ้าน วันหนึ่งในขณะที่ มะลิช่วยคุณย่ารดน้ำดอกไม้ จู่ ๆ มะลิก็มีอาการตาแดง มีน้ำมูกใสเกิดขึ้นภายในจมูก รวมถึง พบว่าที่บริเวณผิวหนังมีผื่นแดงร่วมกับมีอาการคันเกิดขึ้น แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อมะลิกลับไป อยู่กับคุณแม่ที่คอนโดในช่วงเปิดภาคเรียนมะลิไม่มีอาการต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นเลย แต่ทุกครั้งที กลับไปเยี่ยมคุณย่าที่บ้านต่างจังหวัดมะลิมักจะมีอาการดังกล่าวเกิดขึ้นเสมอ”

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)



2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องเนื่องกับปัญหา)



3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

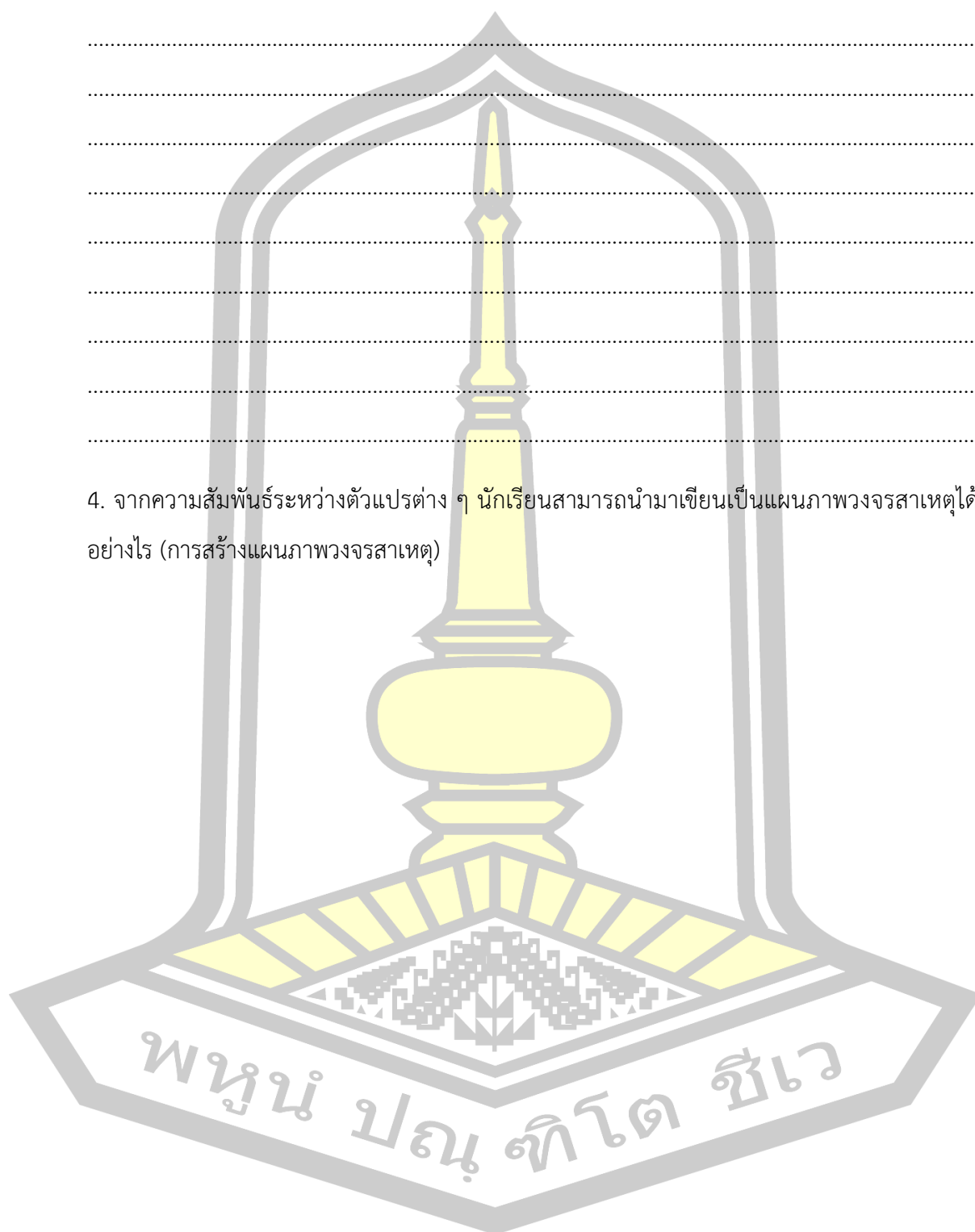
.....

.....

.....

.....

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ

ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3
2. ข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อครอบคลุม 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ
3. ให้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที โดยใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้



ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....ม.4/3.....เลขที่.....

แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3 ข้อที่ 1

หญิงคนหนึ่งมักรับประทานอาหารที่มีรสจัด ส่งผลให้มีภาวะความดันโลหิตสูงจึงต้องรับประทานยาลดความดันเป็นประจำ และหญิงคนนี้ประกอบอาชีพที่ต้องทำงานอยู่ในพื้นที่แจ้งในช่วงเวลากลางวัน และทำอาชีพเสริมในช่วงเวลากลางคืนทำให้มีเวลาในการนอนเฉลี่ย 4-5 ชั่วโมงต่อวัน และไม่มีเวลาในการออกกำลังกายเลย วันหนึ่งในขณะที่กำลังทำงานหญิงคนนี้สังเกตเห็นว่า บนใบหน้าของตนเอง มีผื่นเกิดขึ้นบนใบหน้าในลักษณะกระจายเป็นรูปผีเสื้อ และผื่นดังกล่าวจะมีลักษณะแดงอย่างรุนแรงเมื่อโดนแสงแดด และผลการตรวจเลือดของหญิงคนนี้ พบว่า หญิงคนดังกล่าว มีภาวะติดเชื้อชนิด A

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

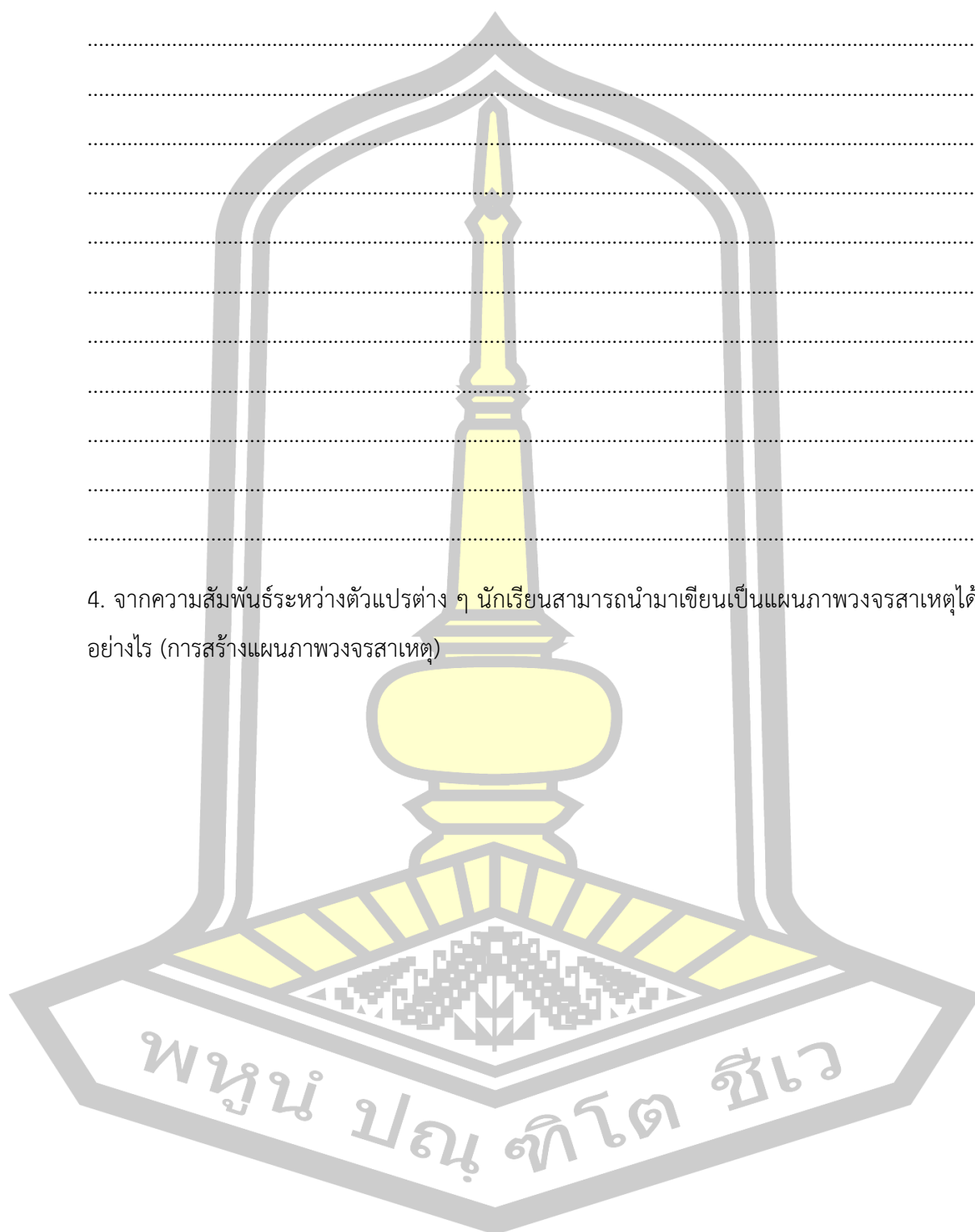


2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวกับปัญหา)



3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบปรับจาก (ศิริพร ญะยอตา และอะรุณี แสงสุวรรณ, 2566)

องค์ประกอบการ คิดเชิงระบบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การกำหนด ประเด็นปัญหา	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและ ครอบคลุมสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนด ทั้งหมด	เขียนประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนด แต่ครอบคลุม สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนดเพียงบางส่วน	ไม่เขียนประเด็นปัญหา หรือเขียนประเด็น ปัญหาไม่สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหา ที่กำหนด
2. การระบุตัวแปร ที่เป็นปัจจัย เกี่ยวเนื่องกับ ปัญหา	เขียนตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวข้องกับ ปัญหาจากสถานการณ์ ปัญหาได้ถูกต้องและ ครบทุกตัวแปร	เขียนตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวข้องกับ ปัญหาจากสถานการณ์ ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุกตัวแปร	ไม่เขียนตัวแปร หรือ เขียนตัวแปรที่ไม่ เกี่ยวข้องกับปัญหาจาก สถานการณ์ปัญหา
3. การระบุความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปร	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผลทุกคู่ และความสัมพันธ์ ถูกต้องทั้งหมด	เขียนความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผลทุกคู่ แต่ มีบางความสัมพันธ์ไม่ ถูกต้อง	ไม่เขียนความสัมพันธ์ หรือเขียน ความสัมพันธ์ด้วย เครื่องหมายบวกหรือ ลบระหว่างตัวแปรเหตุ และตัวแปรผล ไม่ครบ
4. การสร้าง แผนภาพวงจร สาเหตุ	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และ ถูกต้องทุก ความสัมพันธ์	นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล แต่มีบาง ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนแผนผังวงจร สาเหตุ หรือนำบางคู่ ตัวแปรที่ไม่ได้ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่างไม่ สมเหตุสมผล

อนุทินสะท้อนความคิดจากกิจกรรม

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

วงจรปฏิบัติการที่..... เรื่อง..... วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

คำชี้แจง อนุทินนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสะท้อนคิดว่าระหว่างการจัดการเรียนการสอนในคาบนั้น ๆ ตนเองมีวิธีการได้มาของคำตอบอย่างไร โดยให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริง เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

1. หากจะระบุประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

.....

.....

.....

2. หากจะระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

.....

.....

.....

3. หากจะระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

.....

.....

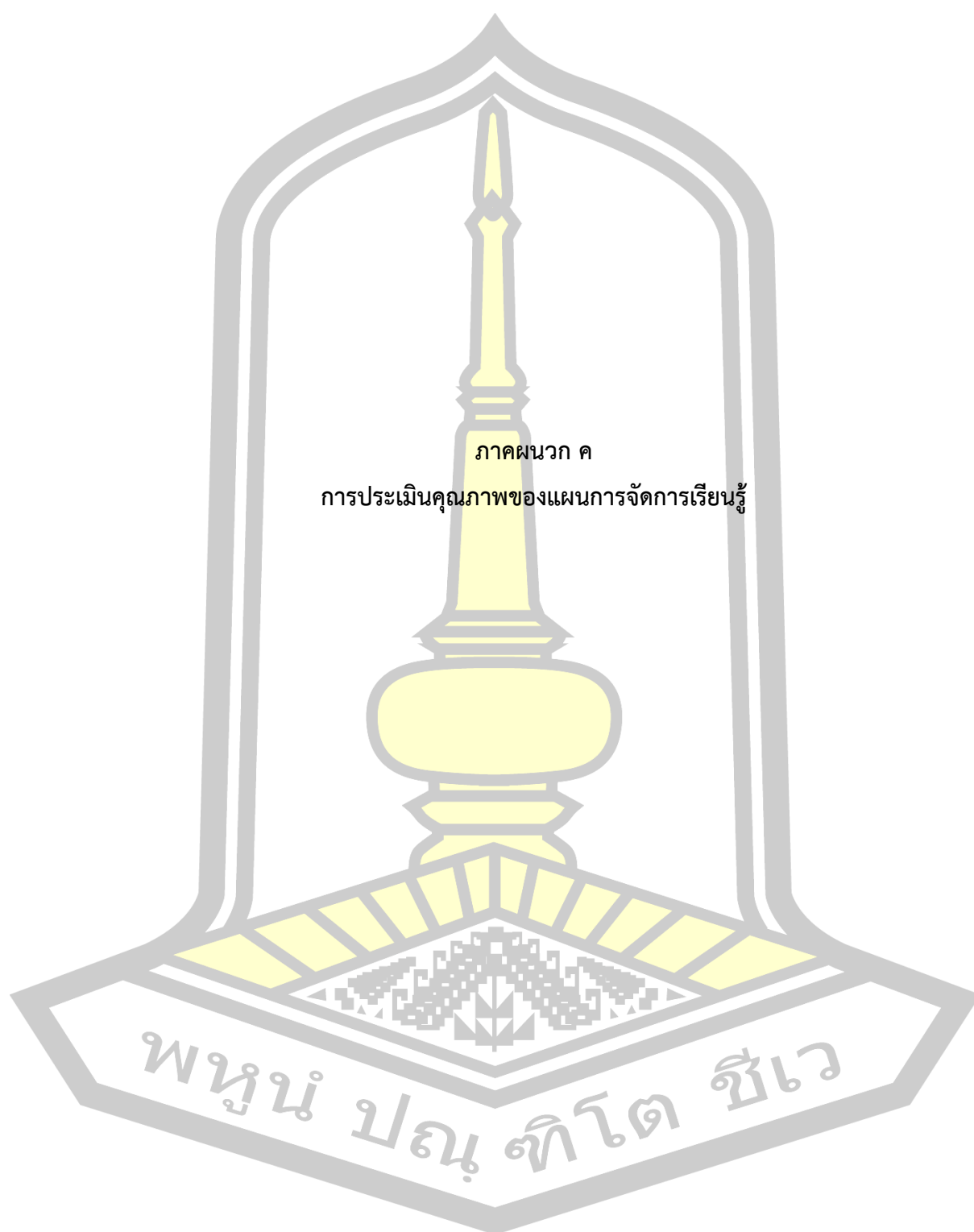
.....

4. หากจะนำตัวแปรมาสร้างเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุ นักเรียนมีหลักการพิจารณาอย่างไร

.....

.....

.....



แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชาชีววิทยา 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2/2566

คำชี้แจง: แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญ ได้กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ โปรดทำเครื่องหมาย / ในช่องที่ตรงกับความเห็นท่านมากที่สุด ซึ่งมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1. สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2. จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุการคิดที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3. กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้น ของนักเรียน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
3.3	การใช้สถานการณ์ปัญหาในขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหา					
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง					
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การรายงาน					
4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับขั้นของผู้เรียน					
5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดผลได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

.....

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

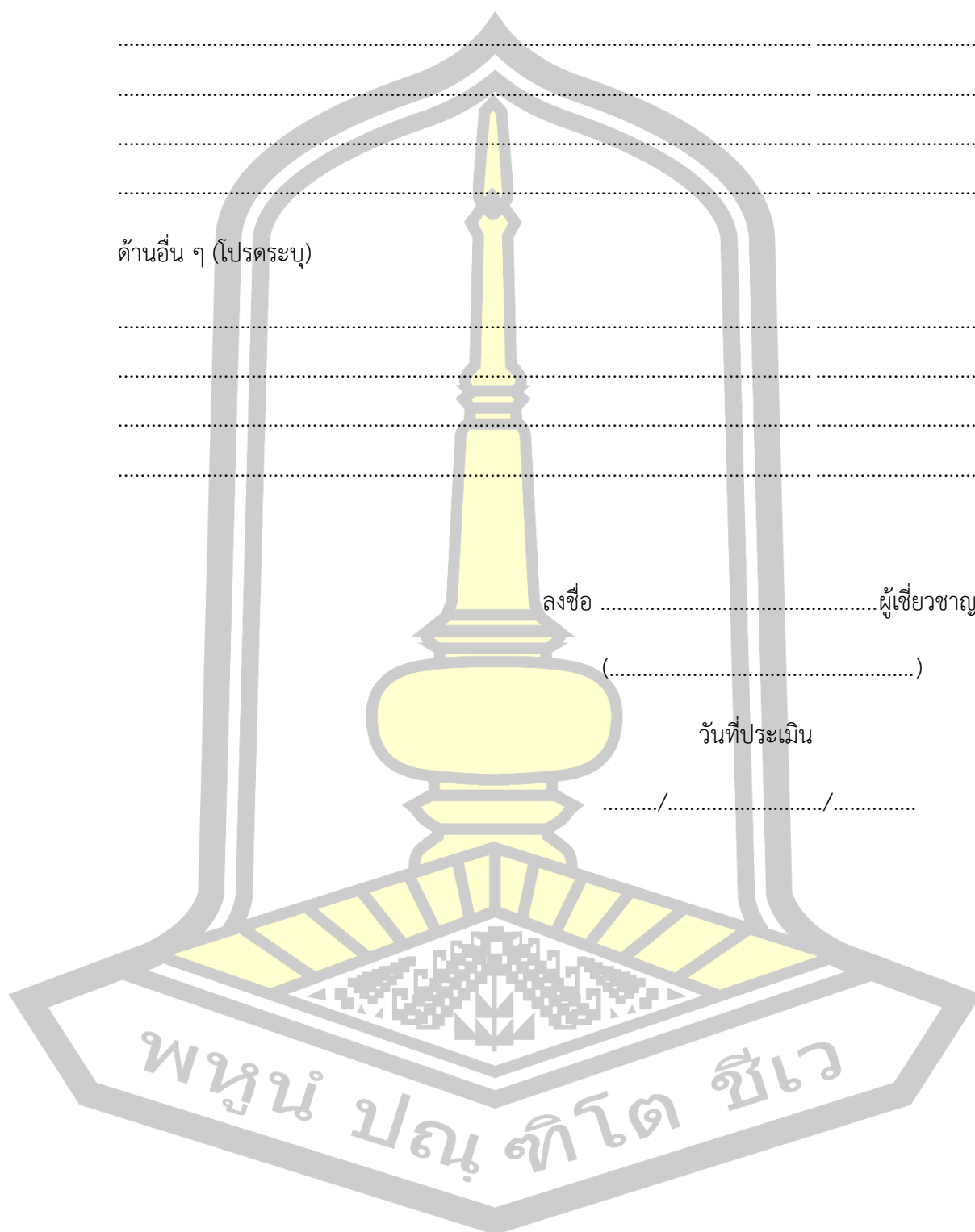
ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)

ลงชื่อ ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน

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



ตารางที่ 45 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ
เรียนรู้ที่ 1

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	25	5
1.2	5	5	5	5	5	25	5
1.3	5	4	4	5	5	23	4.6
2.1	5	5	5	5	5	25	5
2.2	5	4	5	5	5	24	4.8
3.1	5	4	4	5	5	23	4.6
3.2	5	5	4	5	5	24	4.8
3.3	5	5	4	5	5	24	4.8
3.4	5	5	4	5	5	24	4.8
3.5	5	5	5	5	5	25	5
4.1	5	4	4	5	5	23	4.6
4.2	5	5	4	5	5	24	4.8
5.1	5	5	4	5	5	24	4.8
5.2	5	4	4	5	5	23	4.6
5.3	5	5	5	5	5	25	5
เฉลี่ย	5.00	4.66	4.40	5.00	5.00	24.06	4.81
S.D.	0.00	0.49	0.51	0.00	0.00	0.80	0.16
ระดับความ เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.81)						

ตารางที่ 46 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ
เรียนรู้ที่ 2

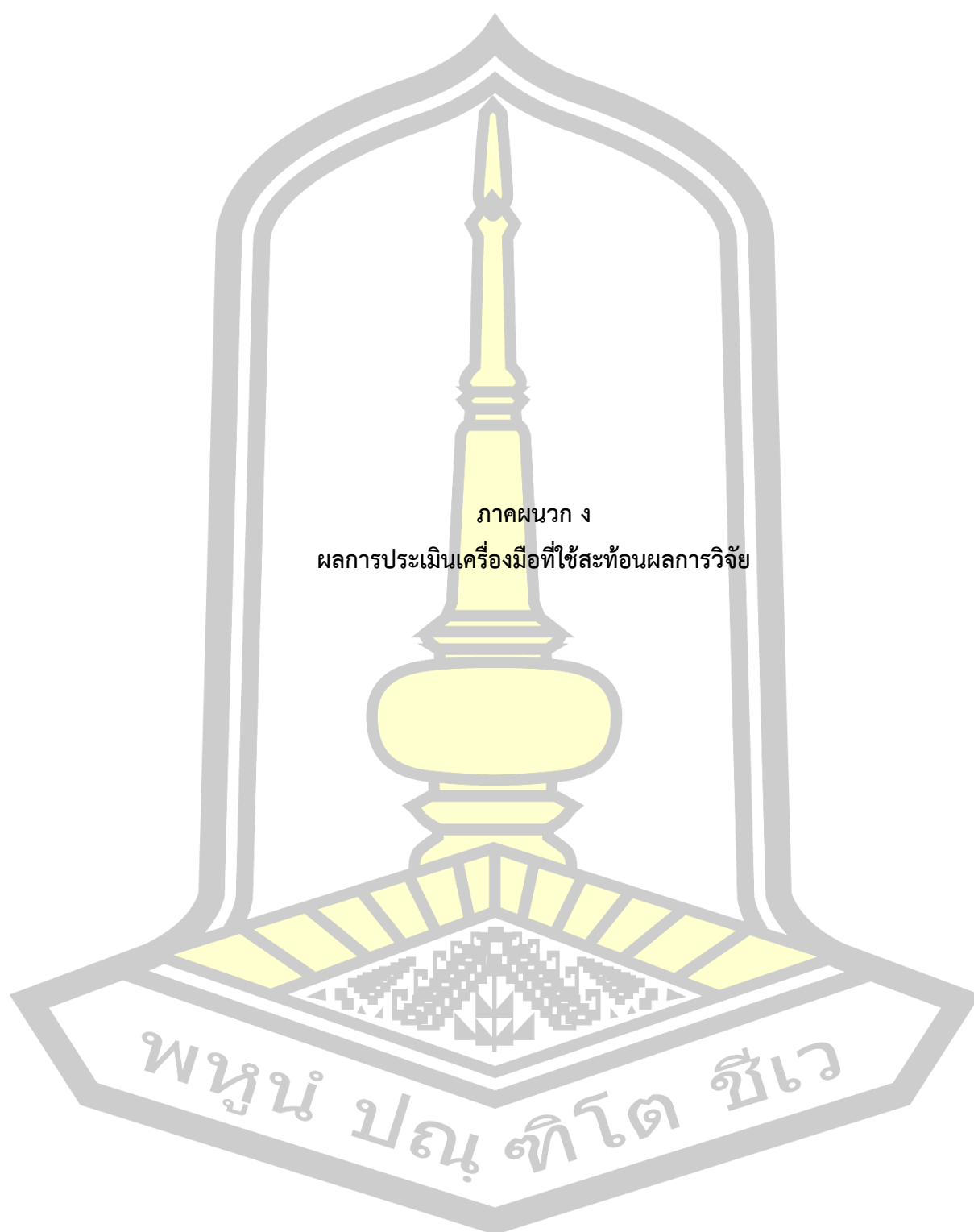
[illegible]

ตารางที่ 47 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ
เรียนรู้ที่ 3

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	25	5
1.2	5	5	5	5	5	25	5
1.3	5	5	5	5	5	25	5
2.1	5	5	5	5	5	25	5
2.2	5	5	4	5	5	24	4.8
3.1	5	5	4	5	5	24	4.8
3.2	5	5	5	5	5	25	5
3.3	5	5	4	5	5	24	4.8
3.4	5	4	5	5	5	24	4.8
3.5	5	5	5	5	5	25	5
4.1	5	5	4	5	5	24	4.8
4.2	5	5	4	5	5	24	4.8
5.1	5	5	5	5	5	25	5
5.2	5	4	4	5	5	23	4.6
5.3	5	5	5	5	5	25	5
เฉลี่ย	5.00	4.86	4.60	5.00	5.00	24.46	4.89
S.D.	0.00	0.35	0.51	0.00	0.00	0.64	0.13
ระดับความ เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.89)						

ตารางที่ 50 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้
ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการจัดการ
เรียนรู้ที่ 6

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1.1	5	5	5	5	5	25	5
1.2	5	5	5	5	5	25	5
1.3	5	5	5	5	5	25	5
2.1	5	5	5	5	5	25	5
2.2	5	5	4	5	5	24	4.8
3.1	5	5	5	5	5	25	5
3.2	5	5	5	5	5	25	5
3.3	5	5	4	5	5	24	4.8
3.4	5	5	5	5	5	25	5
3.5	5	5	5	5	5	25	5
4.1	5	5	5	5	5	25	5
4.2	5	5	5	5	5	25	5
5.1	5	5	5	5	5	25	5
5.2	5	5	4	5	5	24	4.8
5.3	5	5	5	5	5	25	5
เฉลี่ย	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	24.80	4.96
S.D.	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.41	0.08
ระดับความ เหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.96)						



ตารางที่ 51 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิงระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					4.75	0.95	ใช้ได้
2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					4.75	0.95	ใช้ได้
3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					4.75	0.95	ใช้ได้
4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					4.75	0.95	ใช้ได้

ตารางที่ 52 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิงระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 53 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างสถานการณ์ปัญหา จุดประสงค์การวัดการคิดเชิงระบบ และข้อคำถามของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	ค่า IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
	เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 54 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบ

องค์ประกอบการคิด เชิงระบบ	ระดับ คะแนน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การกำหนดประเด็น ปัญหา	0	5	5	5	5	5	5	5
	1	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5	5
การระบุตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับ ปัญหา	0	5	5	5	5	5	5	5
	1	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5	5
การระบุความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร	0	5	5	5	5	5	5	5
	1	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5	5
การสร้างแผนภาพ วงจรสาเหตุ	0	5	5	5	5	5	5	5
	1	5	5	5	5	5	5	5
	2	5	5	5	5	5	5	5
เฉลี่ย		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
ระดับความเหมาะสม		เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.00)						

ตารางที่ 55 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การแปลงคะแนนการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การคิดเชิงระบบระดับดีมาก (ช่วงคะแนน 13-16)	5	5	5	5	5	5	5
การคิดเชิงระบบระดับดี (ช่วงคะแนน 9-12)	5	5	5	5	5	5	5

ตารางที่ 55 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงระบบ (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
การคิดเชิงระบบระดับพอใช้ (ช่วงคะแนน 5-8)	5	5	5	5	5	5	5
การคิดเชิงระบบระดับปรับปรุง (ช่วงคะแนน 0-4)	5	5	5	5	5	5	5
เฉลี่ย	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
ระดับความเหมาะสม	เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.00)						

ตารางที่ 56 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างประเด็นที่สังเกตและพฤติกรรมหรือร่องรอยการคิดเชิงระบบที่นักเรียนแสดง

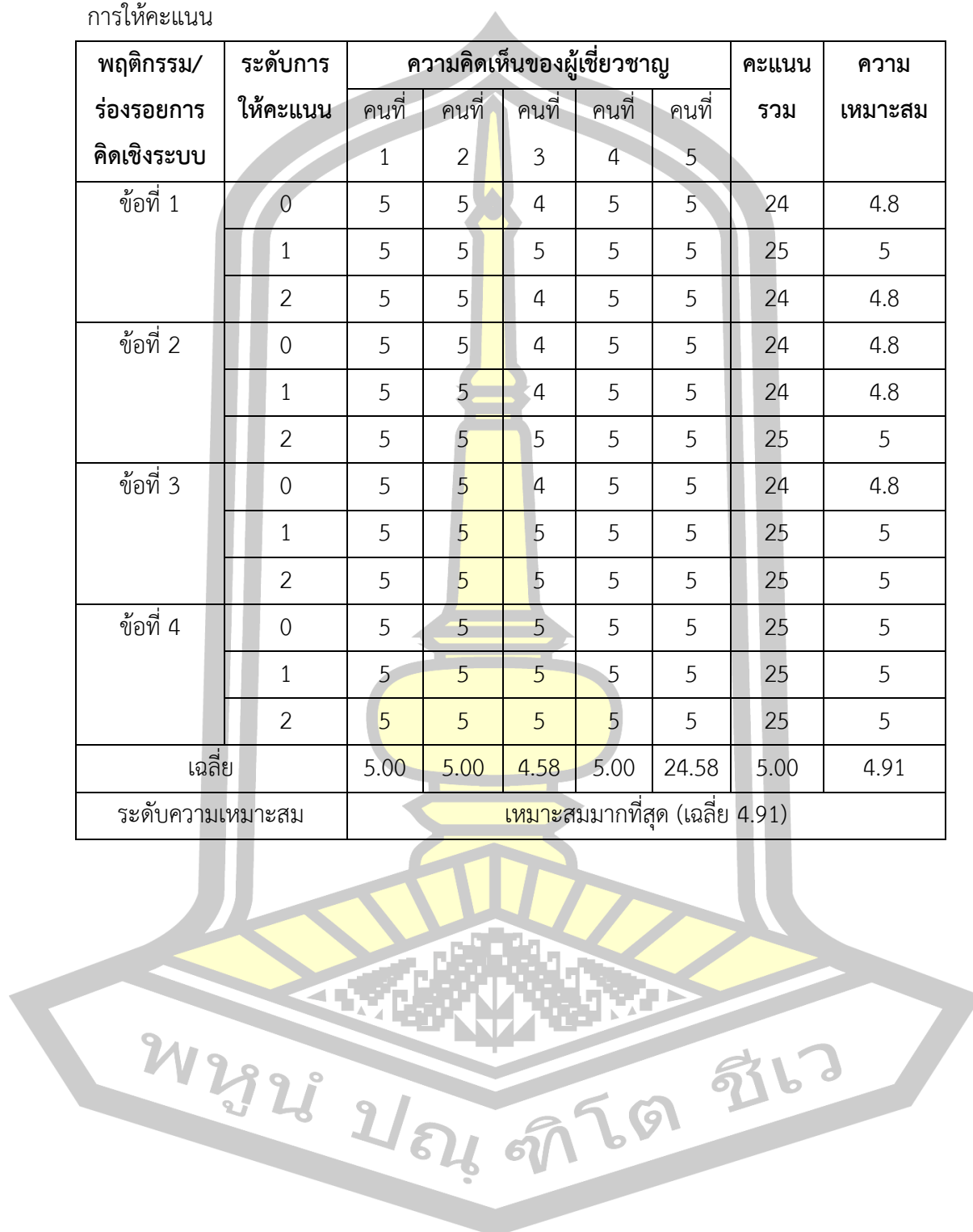
ประเด็นที่ สังเกต	พฤติกรรม/ร่องรอย การคิดเชิงระบบ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่า IOC	แปล ผล
		1	2	3	4	5			
การกำหนด ประเด็น ปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุย ภายในกลุ่ม และเขียน ประเด็นปัญหาได้ สอดคล้องและ ครอบคลุมสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนด ทั้งหมด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
การระบุตัว แปรที่เป็น ปัจจัย เกี่ยวเนื่องกับ ปัญหา	นักเรียนมีการพูดคุย กันภายในกลุ่ม และ เขียนตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวข้อง กับ ปัญหาจาก สถานการณ์ปัญหาได้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ 56 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างประเด็นที่สังเกตและพฤติกรรมหรือร่องรอยการคิด
เชิงระบบที่นักเรียนแสดง (ต่อ)

ประเด็นที่ สังเกต	พฤติกรรม/ร่องรอย การคิดเชิงระบบ	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	ค่า IOC	แปล ผล
		1	2	3	4	5			
	ถูกต้องและครบทุกตัว แปร								
การระบุ ความสัมพันธ์ ระหว่างตัว แปร	นักเรียนมีการพูดคุย กันภายในกลุ่ม และ เขียนความสัมพันธ์ ด้วยเครื่องหมายบวก หรือลบระหว่างตัว แปรเหตุและตัวแปร ผลทุกคู่ และ ความสัมพันธ์ถูกต้อง ทั้งหมด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
การสร้าง แผนภาพ วงจรสาเหตุ	นักเรียนมีการพูดคุย กันภายในกลุ่ม และ นำทุกคู่ตัวแปรที่ระบุ ความสัมพันธ์มาเขียน เชื่อมโยงเป็นแผนผัง วงจรสาเหตุ หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล และ ถูกต้องทุก ความสัมพันธ์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
		เฉลี่ย					5	1	ใช้ได้

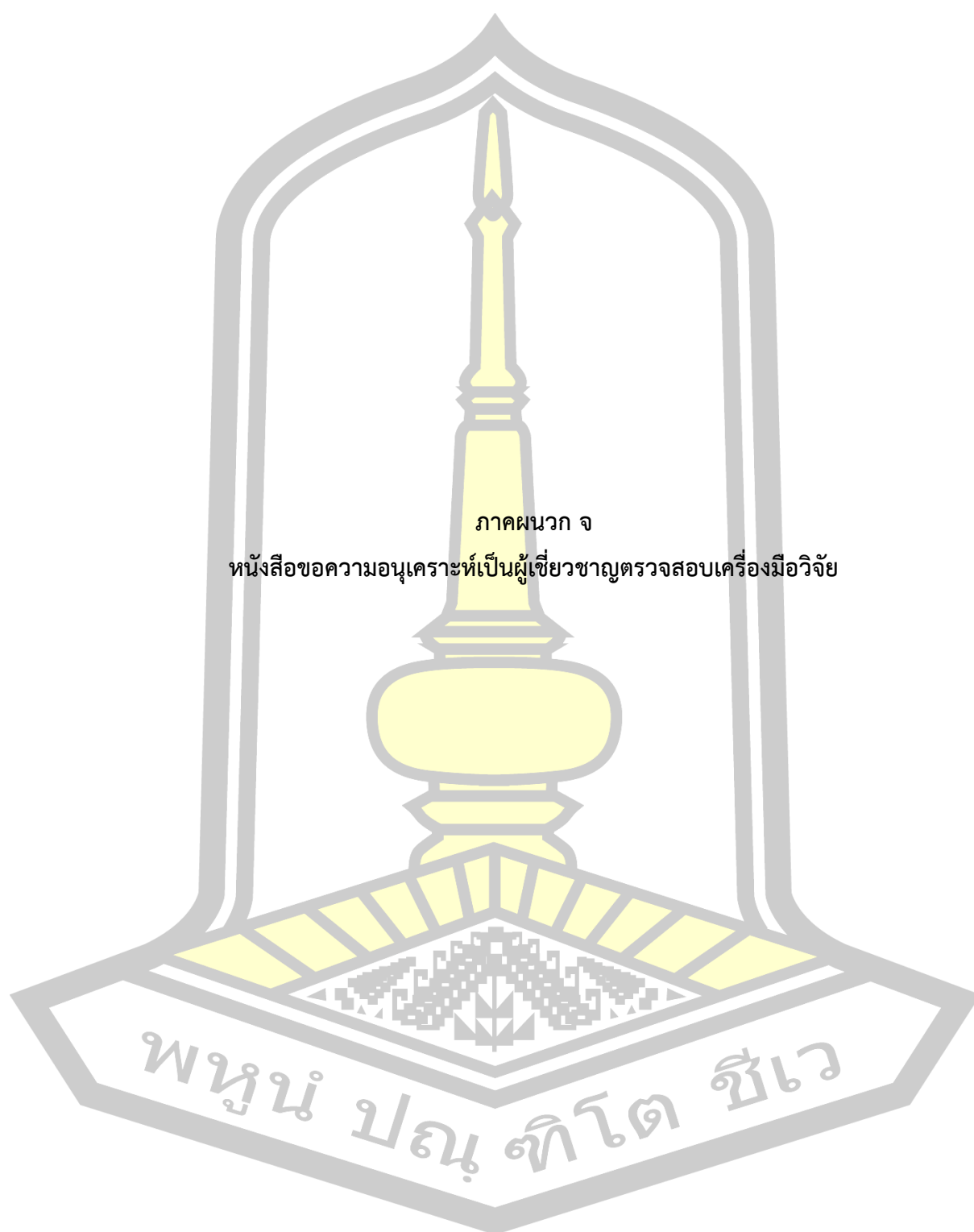
ตารางที่ 57 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างพฤติกรรม/ร่องรอยการคิดเชิงระบบ กับระดับการให้คะแนน

พฤติกรรม/ ร่องรอยการ คิดเชิงระบบ	ระดับการ ให้คะแนน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
ข้อที่ 1	0	5	5	4	5	5	24	4.8
	1	5	5	5	5	5	25	5
	2	5	5	4	5	5	24	4.8
ข้อที่ 2	0	5	5	4	5	5	24	4.8
	1	5	5	4	5	5	24	4.8
	2	5	5	5	5	5	25	5
ข้อที่ 3	0	5	5	4	5	5	24	4.8
	1	5	5	5	5	5	25	5
	2	5	5	5	5	5	25	5
ข้อที่ 4	0	5	5	5	5	5	25	5
	1	5	5	5	5	5	25	5
	2	5	5	5	5	5	25	5
เฉลี่ย		5.00	5.00	4.58	5.00	24.58	5.00	4.91
ระดับความเหมาะสม		เหมาะสมมากที่สุด (เฉลี่ย 4.91)						



ตารางที่ 58 ผลการพิจารณาความเหมาะสมระหว่างหัวข้อในการบันทึกกับประเด็นคำถามในอนุทินสะท้อนความคิด

หัวข้อ ในการ บันทึก	ประเด็นคำถามใน อนุทิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					คะแนน รวม	ความ เหมาะสม
		1	2	3	4	5		
1	หากจะระบุประเด็น ปัญหาจากสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนด นักเรียนมีหลักการ พิจารณาอย่างไร	5	5	5	5	5	25	5
2	หากจะระบุตัวแปรที่เป็น ปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับ ปัญหา นักเรียนมี หลักการพิจารณา อย่างไร	5	5	5	5	5	25	5
3	หากจะระบุ ความสัมพันธ์ระหว่างตัว แปร นักเรียนมีหลักการ พิจารณาอย่างไร	5	5	5	5	5	25	5
4	หากจะนำตัวแปรมา สร้างเป็นแผนภาพวงจร สาเหตุ นักเรียนมี หลักการพิจารณา อย่างไร	5	5	5	5	5	25	5
เฉลี่ย		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	25.00	5.00
ระดับความเหมาะสม		เหมาะสมมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.00)						





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว31

วันที่ 3 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์

ด้วย นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ 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 กุสืออ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ศูนย์ ปณ. จิตโต ขบ.



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว31

วันที่ 3 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ 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

พญนั ปณฺ ทิโต ชีเว



ที่ อว 0605.5(2)/ว31

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

3 มกราคม 2567

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห้เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ปวีศร ภูมิสูง

ด้วย นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตเคราะห้จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0986013711



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว31

วันที่ 3 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.วุฒิศักดิ์ บุญแน่น

ด้วย นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ศูนย์ ปณ. จิตโต ขบ.



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว31

วันที่ 3 มกราคม 2567

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ณิชาพัฒน์ จิรพันธุ์กุลชาติ

ด้วย นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกัน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับแผนผังเชิงสาเหตุ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้อย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

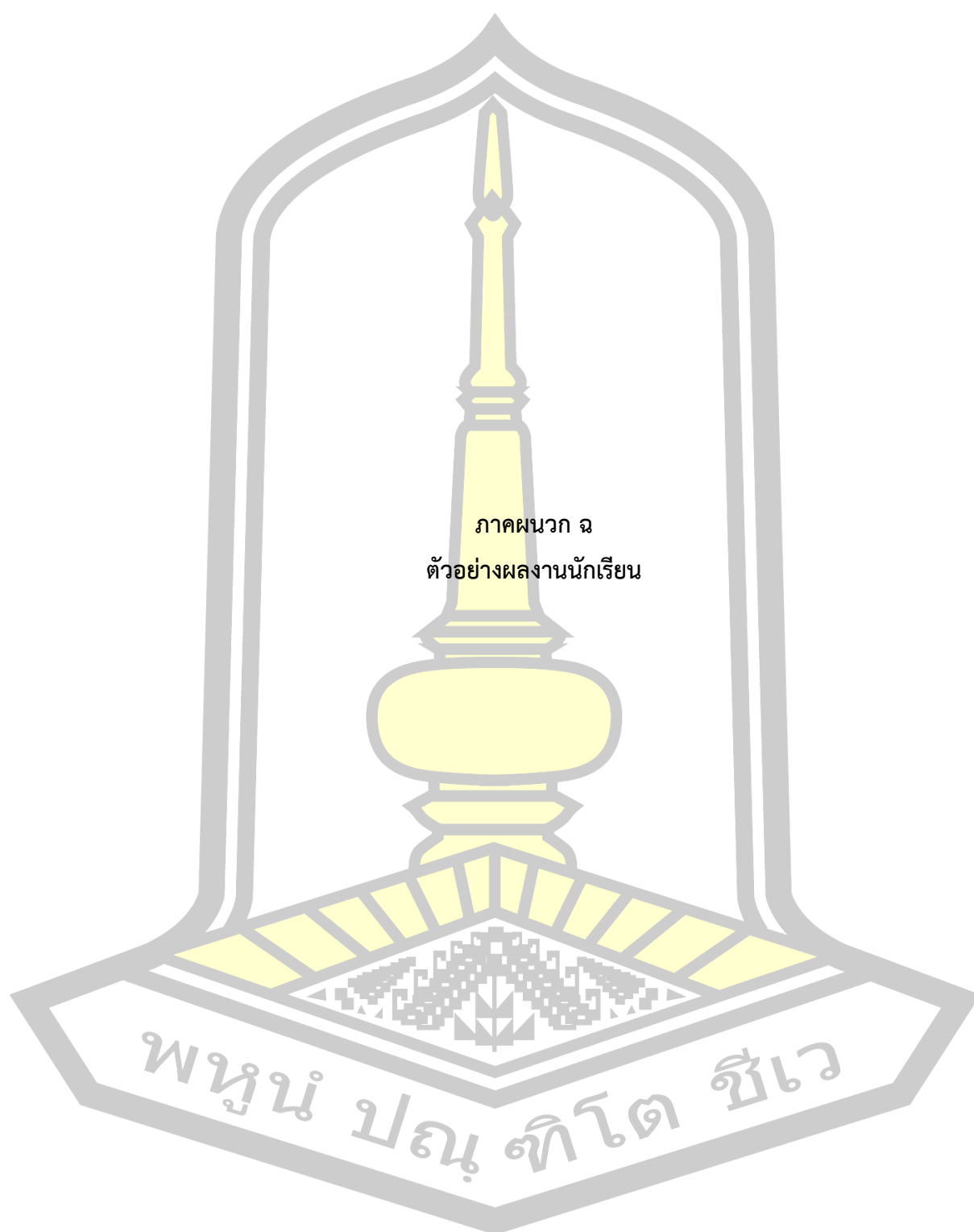
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พญ. ปณ. จิตโต ชีว



3. ให้นักเรียนระบุความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยการเขียนลูกศรเชื่อมโยงจากตัวแปรเหตุไปตัวแปรผล และแทนความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรดังกล่าว ด้วยการระบุเครื่องหมายบวกหรือลบ (+ หรือ -) บนเส้นลูกศรที่เชื่อมโยงระหว่างตัวแปร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นบวก (+) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B ลดลง ดังข้อ 3.1.1

3.1.1 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{+}$ ตัวแปร B (ผล)

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเป็นลบ (-) คือ ความสัมพันธ์ไปในทิศทางข้ามกัน เช่น หาก A เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ B ลดลง หรือหาก A ลดลง ส่งผลให้ B เพิ่มขึ้น ดังข้อ 3.1.2

3.1.2 ตัวแปร A (เหตุ) $\xrightarrow{-}$ ตัวแปร B (ผล)

รับประ.ทุนน.ม.ก. 1-2. รับต่อสปีด $\rightarrow$ ปริมาณสารออกฤทธิ์ในร่างกม
 ปริมาณสารออกฤทธิ์ในร่างกม $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไฟโตเซลล์และแอนติบอดีชนิด IgE
 การรับประ.ทุนน.ม.ก. (อันตรายที่) $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวที่มีไฟโตเซลล์และแอนติบอดีชนิด IgE
 การรับประ.ทุนน.ม.ก. (อันตรายที่) $\rightarrow$ ปริมาณสารออกฤทธิ์ในร่างกม
 การรับประ.ทุนน.ม.ก. (อันตรายที่) $\rightarrow$ ร่างกมหลั่งฮิสตามีน
 เม็ดเลือดขาวที่มีไฟโตเซลล์และแอนติบอดีชนิด IgE $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวบีเซลล์และเซลล์ฮิสตามีน
 เม็ดเลือดขาวบีเซลล์และเซลล์ฮิสตามีน $\rightarrow$ การออกฤทธิ์ของสารฮิสตามีน
 การออกฤทธิ์ของสารฮิสตามีน $\rightarrow$ ร่างกมหลั่งฮิสตามีน
 รับประ.ทุนน.ม.ก. ฮิสตามีน $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวบีเซลล์และเซลล์ฮิสตามีน
 เม็ดเลือดขาวบีเซลล์และเซลล์ฮิสตามีน $\rightarrow$ การออกฤทธิ์ของสารฮิสตามีน
 การออกฤทธิ์ของสารฮิสตามีน $\rightarrow$ ร่างกมหลั่งฮิสตามีน
 รับประ.ทุนน.ม.ก. ฮิสตามีน $\rightarrow$ ร่างกมหลั่งฮิสตามีน

ตัวอย่างคำตอบแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ

ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3
2. ข้อสอบในแบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย 2 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อครอบคลุม 4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การกำหนดประเด็นปัญหา การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และการสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ
3. ให้อเวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที โดยใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในพื้นที่ว่างที่กำหนดให้

ชื่อ-สกุล. ชั้น.....ม.4/3.....เลขที่ 22

แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3 ข้อที่ 1

หญิงคนหนึ่งมีรับประทานอาหารที่มีรสจัด ส่งผลให้มีภาวะความดันโลหิตสูงจึงต้องรับประทานยาลดความดันเป็นประจำ และหญิงคนนี้ประกอบอาชีพที่ต้องทำงานอยู่ในพื้นที่แจ้งในช่วงเวลากลางวัน และทำอาชีพเสริมในช่วงเวลากลางคืนทำให้มีเวลาในการนอนเฉลี่ย 4-5 ชั่วโมงต่อวัน และไม่มีเวลาในการออกกำลังกายเลย วันหนึ่งในขณะที่กำลังทำงานหญิงคนนี้สังเกตเห็นว่า บนใบหน้าของตนเอง มีผื่นเกิดขึ้นบนใบหน้าในลักษณะกระจายเป็นรูปผีเสื้อ และผื่นดังกล่าวจะมีลักษณะแดงอย่างรุนแรงเมื่อโดนแสงแดด และผลการตรวจเลือดของหญิงคนนี้ พบว่า หญิงคนดังกล่าว มีภาวะติดเชื้อชนิด A

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

ภาวะการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย

2

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา)

ช่วง กายติดเชื้อชนิด A เม็ดเลือดขาวที่ลิ้มโฟไซต์ทำงานบกพร่อง

แมโครฟาจทำงานบกพร่อง เม็ดเลือดขาวที่ลิ้มโฟไซต์ ทำงานบกพร่อง

การหลั่งฮิสตามีนและอินทีเฟอรอน เวลาในการพักผ่อน

การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย การสัมผัสกับแสงแดด

การเกิดผื่นแดงบนใบหน้า ทำงานกลางแจ้งในช่วงเวลากลางวัน

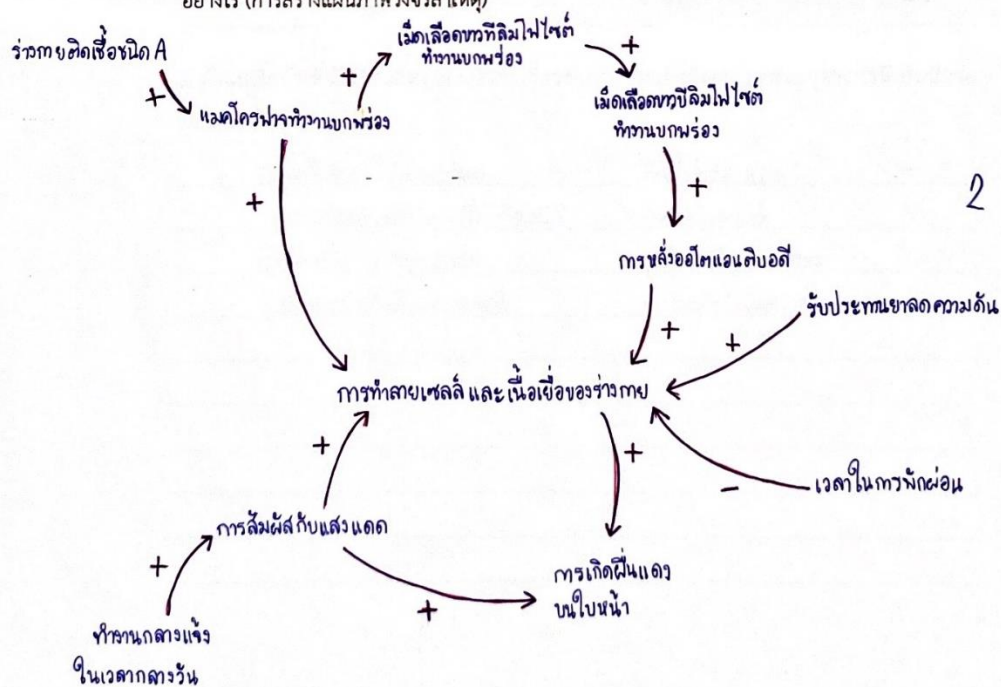
รับประทานยาลดความดัน

2

3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

รวบรวมข้อมูลเชิงชนิด A $\rightarrow$ แมคโครฟาจทำงานบกพร่อง
 แมคโครฟาจทำงานบกพร่อง $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวฟิลิปปินส์ทำงานบกพร่อง
 เม็ดเลือดขาวฟิลิปปินส์ทำงานบกพร่อง $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาวฟิลิปปินส์ทำงานบกพร่อง
 เม็ดเลือดขาวฟิลิปปินส์ทำงานบกพร่อง $\rightarrow$ การสร้างออสติโอบลัสต์
 การสร้างออสติโอบลัสต์ $\rightarrow$ การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย
 แมคโครฟาจทำงานบกพร่อง $\rightarrow$ การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย
 ทำานกลางแจ้งในเวลากลางวัน $\rightarrow$ การสัมผัสกับแสงแดด
 การสัมผัสกับแสงแดด $\rightarrow$ การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย
 การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย $\rightarrow$ การเกิดผื่นแดงบนใบหน้า
 รับประทานยาลดความดัน $\rightarrow$ การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย
 เวลาในการพักผ่อน $\rightarrow$ การทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)



ปณ ธิ ๒๕

แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 3 ข้อที่ 2

“ชายคนหนึ่งมีพฤติกรรมเที่ยวสถานบันเทิงเป็นประจำ และมักมีเพศสัมพันธ์โดยไม่สวมถุงยางอนามัย 1 เดือนต่อมาชายคนนี้สังเกตว่าร่างกายของตนเองมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น มีภาวะท้องเสียเรื้อรัง ร่างกายอ่อนเพลีย ปวดศีรษะรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน ไอเป็นเลือด น้ำหนักตัวลดลงผิดปกติ และมีผื่นคันตามตัวเกิดขึ้น ชายคนนี้จึงไปตรวจร่างกายที่โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ซึ่งผลการตรวจเลือดของชายคนดังกล่าว พบว่า มีภาวะการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี (Human Immunodeficiency Virus) และมีระดับเม็ดเลือดขาวทีลิมโฟไซด์ชนิด CD4 ในร่างกายประมาณ 100-150 เซลล์ต่อลูกบาศก์มิลลิเมตร โดยชายคนนี้ยังมีโรคแทรกซ้อน คือ วัณโรค และโรคปอดอักเสบเกิดขึ้นด้วย”

1. นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์ปัญหานี้ได้อย่างไร (การกำหนดประเด็นปัญหา)

การติดเชื้อ HIV ทำให้เกิดโรคแทรกซ้อน

2

2. ตัวแปรใดบ้างที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา (การระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา)

มีเพศสัมพันธ์ ไม่สวมถุงยาง

ติดเชื้อไวรัส HIV

การสูบบุหรี่และดื่มแอลกอฮอล์

ป่วยเป็นโรคเอดส์

เม็ดเลือดขาว CD4 ถูกทำลาย

ภูมิคุ้มกันทำงานบกพร่อง

การทำงานของเม็ดเลือดขาวบีเซลล์

ร่างกายติดโรคแทรกซ้อน

2

3. ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

มีเพศสัมพันธ์โดยไม่สวมถุงยาง $\rightarrow$ ติดเชื้อไวรัส HIV

ติดเชื้อไวรัส HIV $\rightarrow$ ภูมิคุ้มกันทำงานบกพร่อง

ติดเชื้อไวรัส HIV $\rightarrow$ เม็ดเลือดขาว CD4 ถูกทำลาย

เม็ดเลือดขาว CD4 ถูกทำลาย $\rightarrow$ การทำงานของเม็ดเลือดขาวบีเซลล์

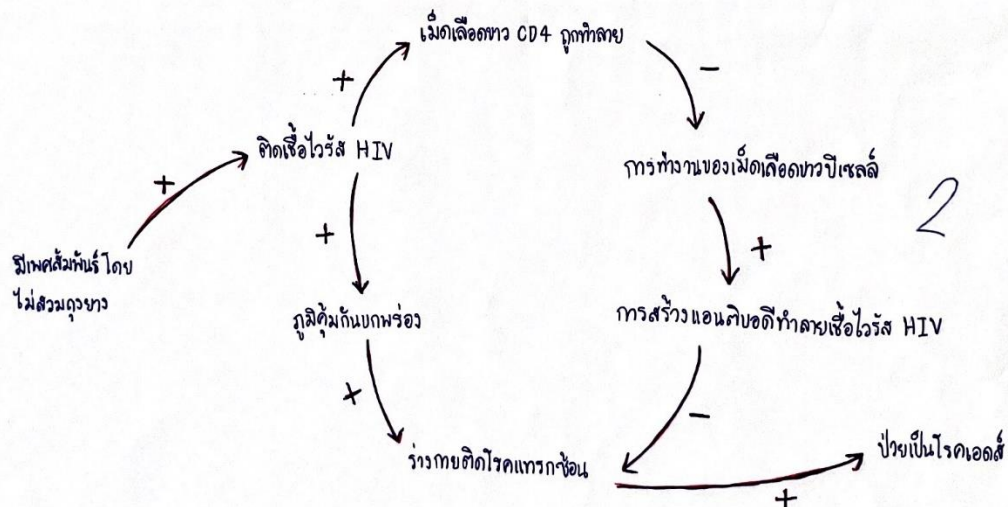
การทำงานของเม็ดเลือดขาวบีเซลล์ $\rightarrow$ การสร้างแอนติบอดีทำลายเชื้อไวรัส HIV

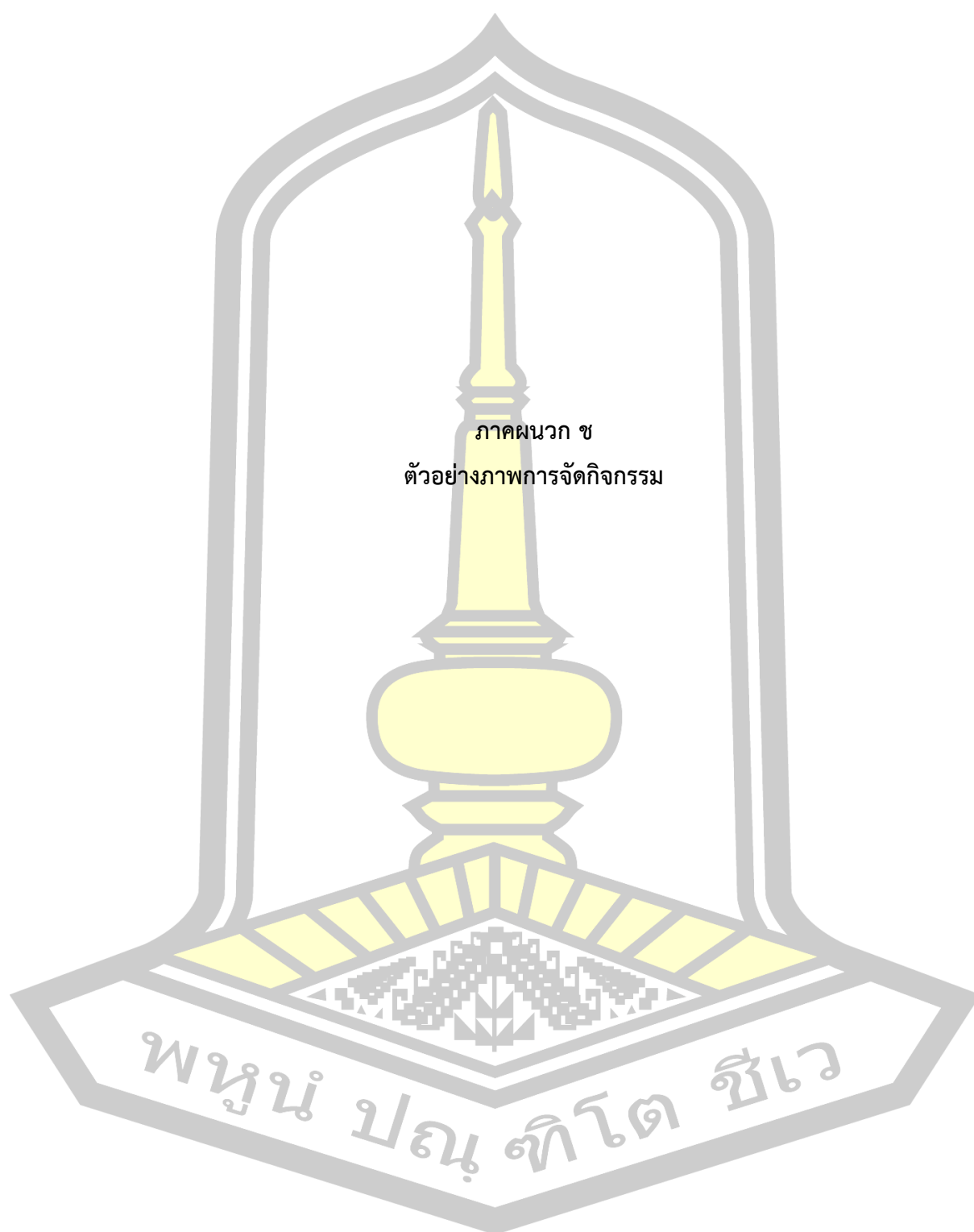
การสร้างแอนติบอดีทำลายเชื้อไวรัส HIV $\rightarrow$ ร่างกายติดเชื้อไวรัส HIV

ร่างกายติดเชื้อไวรัส HIV $\rightarrow$ ป่วยเป็นโรคเอดส์

ภูมิคุ้มกันทำงานบกพร่อง $\rightarrow$ ร่างกายติดเชื้อไวรัส HIV

4. จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ นักเรียนสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพวงจรสาเหตุได้อย่างไร (การสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ)













ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวพรชิตา บุตรวงศ์
วันเกิด 25 พฤษภาคม 2542
สถานที่เกิด อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 13/4 ตำบลกุดโดน อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46170
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนห้วยเม็กวิทยาคม
พ.ศ. 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนห้วยเม็กวิทยาคม
พ.ศ. 2565 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2567 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอน
วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภัโต ชีเว