



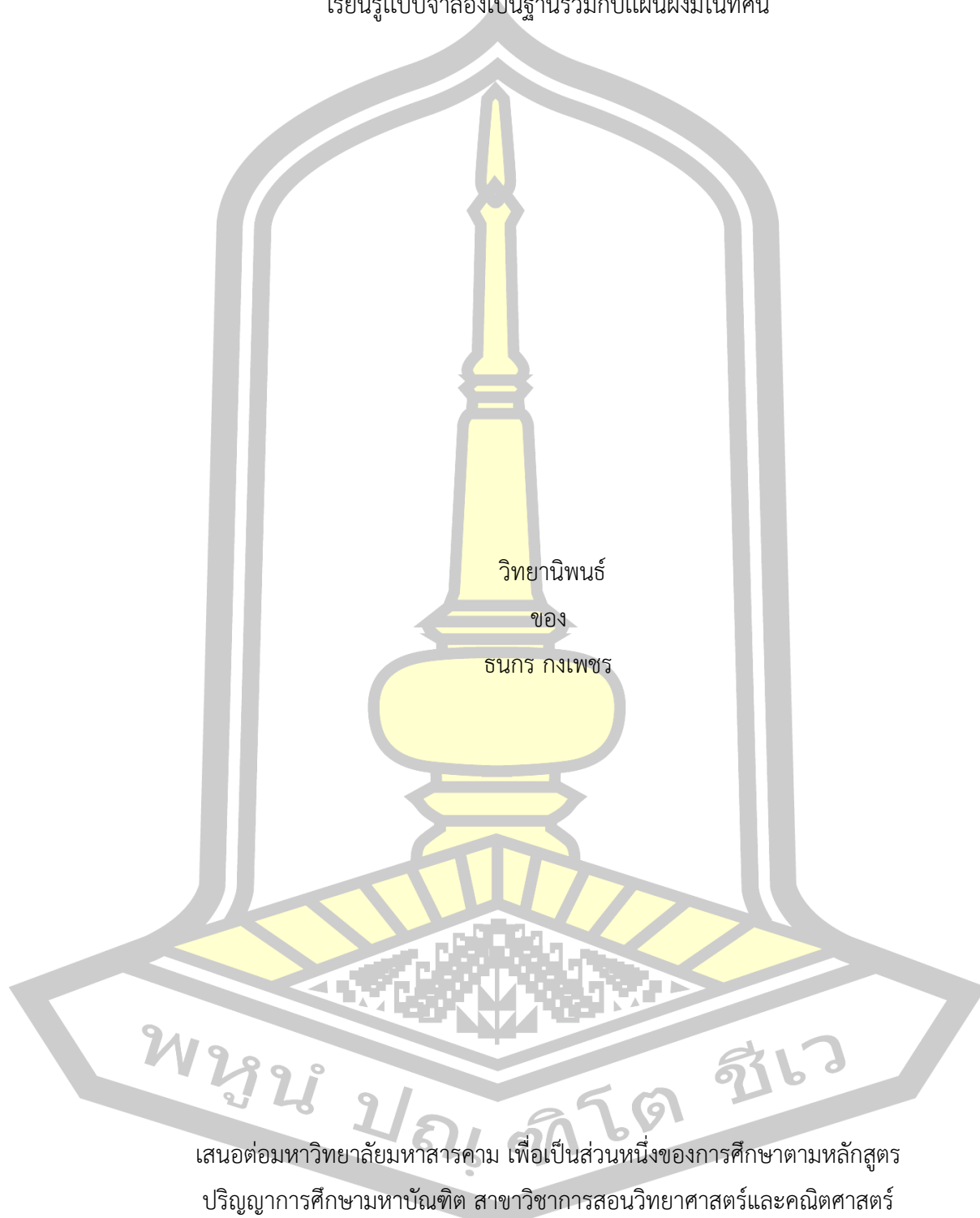
การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการ
เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

วิทยานิพนธ์
ของ
ธนกร กงเพชร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการ
เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

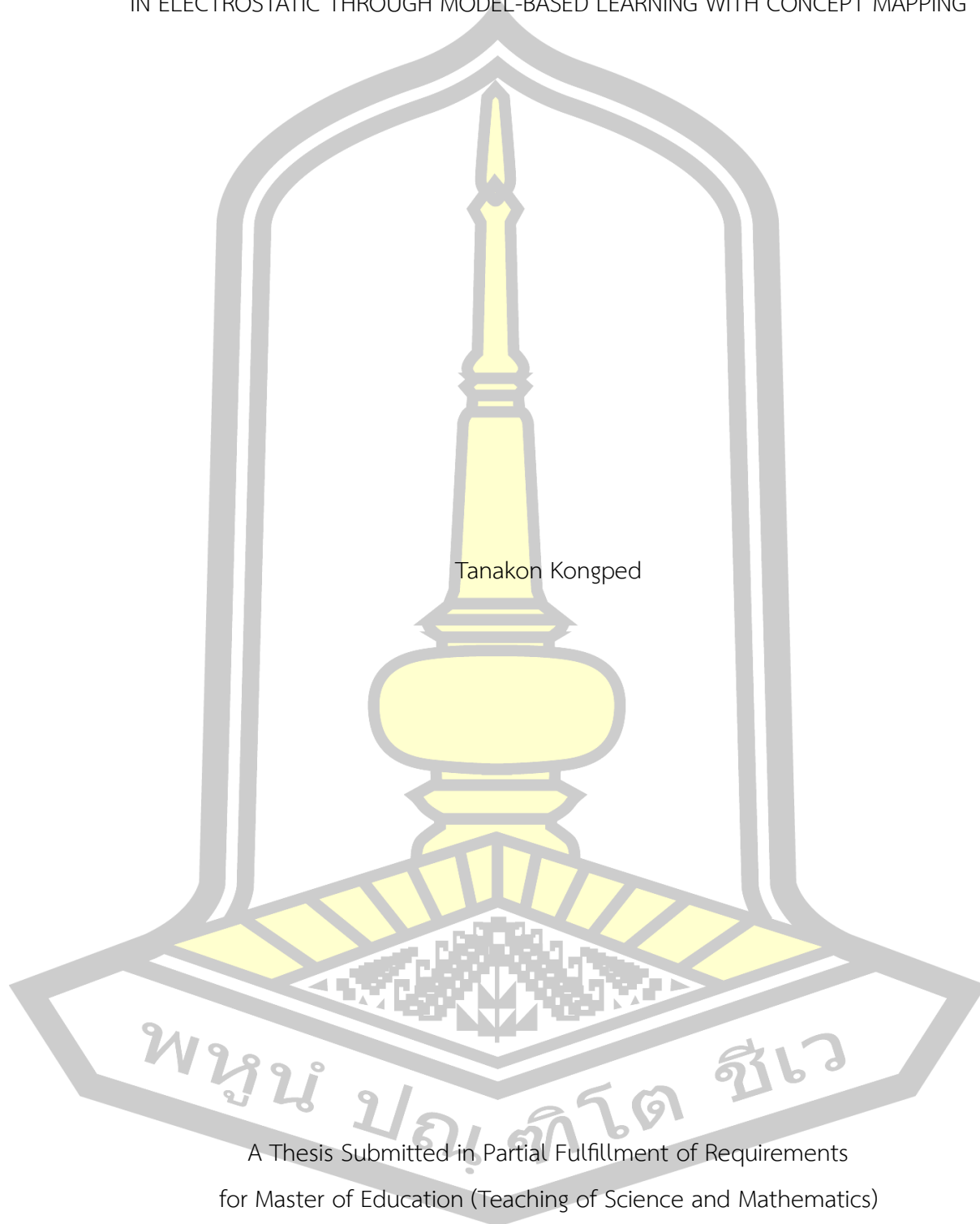


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

DEVELOPING OF SYSTEMS THINKING FOR MATTHAYOMSUKSA 5 STUDENTS
IN ELECTROSTATIC THROUGH MODEL-BASED LEARNING WITH CONCEPT MAPPING



Tanakon Kongped

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

June 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายธนกร กองเพชร แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการ
สอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมทรง สิทธิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

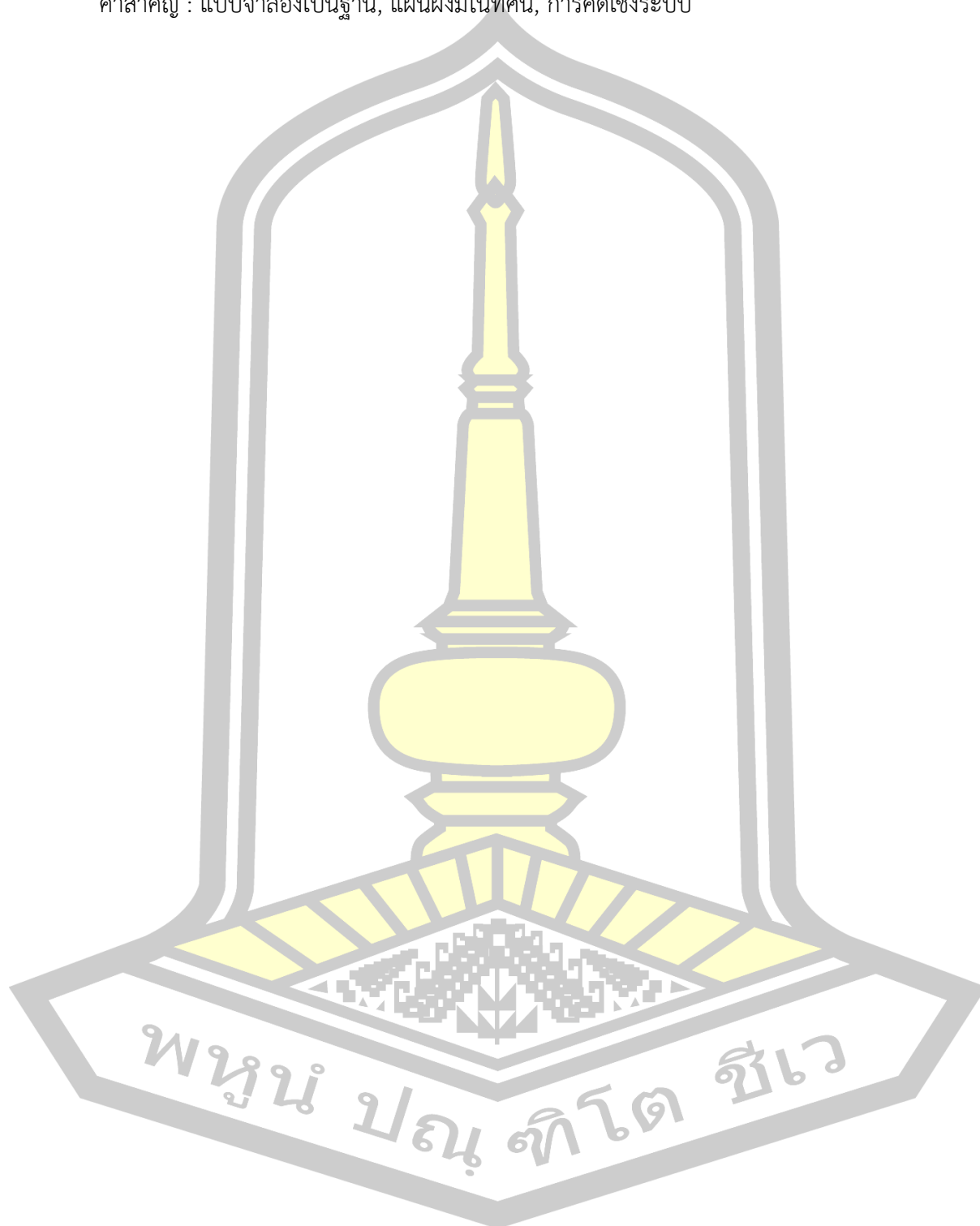
ชื่อเรื่อง	การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์		
ผู้วิจัย	ธนกร กองเพชร		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ให้ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70 โดยนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน 32 คน โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง วิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งมีวงรอบปฏิบัติการ 3 วงรอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 แผน เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รวม 14 ชั่วโมง 2) แบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 ชุด มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์จำนวน 2 สถานการณ์ต่อชุด โดยแต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อย่อย 3) แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าจากนักเรียนทั้งหมด 32 คน นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ของนักเรียนทั้งหมด วงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 17 คน คิดเป็นร้อยละ 53.13 ของนักเรียนทั้งหมด และในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน เพิ่มขึ้นเป็น 26 คน คิดเป็นร้อยละ 81.25 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด สรุปได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการพัฒนาการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70 ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ สามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้

คำสำคัญ : แบบจำลองเป็นฐาน, แผนผังมโนทัศน์, การคิดเชิงระบบ



TITLE	DEVELOPING OF SYSTEMS THINKING FOR MATTHAYOMSUKSA 5 STUDENTS IN ELECTROSTATIC THROUGH MODEL-BASED LEARNING WITH CONCEPT MAPPING		
AUTHOR	Tanakon Kongped		
ADVISORS	Associate Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

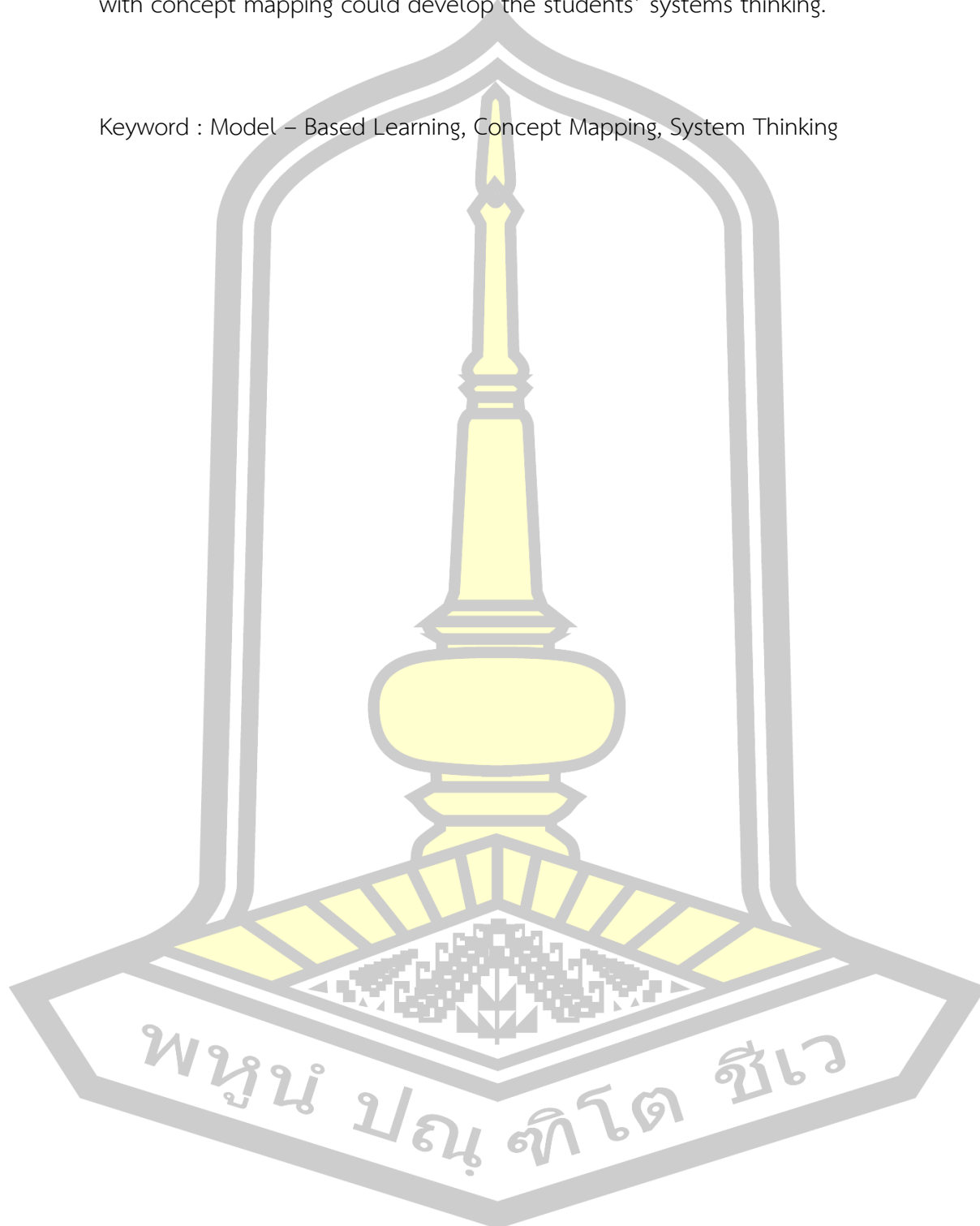
ABSTRACT

The purpose of this research was to develop system thinking by using model-based learning with concept mapping in Electrostatic topics that achieved at least 70% of total scores. The study was conducted to investigate 32 Matthayomsuksa 5 students at Sarakhampittayakhom School, MahaSarakhm, in the second semester of the academic year 2023. The target group was selected through a purposive sampling method. This study used action research, which consisted of 3 cycles. The research tools included 1) plans of model-based learning with concept mapping in Electrostatic topics total 9 plans with 14 hours, 2) 3 sets of system thinking assessments which were situational subjective tests, consisting of 2 situations each, and 3) the observations. The statistics used were percentage, mean values, and standard deviation (S.D.).

The results for the first cycle showed that there were 10 students gaining 70 percent of the full score, and was counted as 31.25 percent of all students. It was found in the second cycle that the number of students who passed the test increased to 17 which was 53.13 percent of the whole number of students. Lastly, in the third cycle, the results revealed that there were 26 students passing the test and the percentage was up to 81.25. It can be concluded that the number of students participating in the model-based learning with concept mapping and gaining passing

scores was higher. Therefore, it could be concluded that the model-based learning with concept mapping could develop the students' systems thinking.

Keyword : Model – Based Learning, Concept Mapping, System Thinking



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความรู้ให้คำปรึกษาตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุฤทธิ์ เจริญอินทร์ ประธานกรรมการ กรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมทรง สิทธิ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ดร.อุทธิไกร ไชยงาม ดร. สุทธญาณ์ จำปาทอง นาง พิกุล พรหมสาเพชร ที่ได้กรุณา สละเวลามาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ นายทรงศักดิ์ ชาวไพร ผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคมคณะครูและนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทำวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณบิดา มารดา ขอบพระคุณญาติพี่น้องทุกคน ครอบครัว และขอบคุณเพื่อนทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ คอยให้กำลังใจ ให้ความรัก ความห่วงใย จงงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดาครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนจนประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต และก้าวหน้าในหน้าที่การงาน

ธนกร กงเพชร

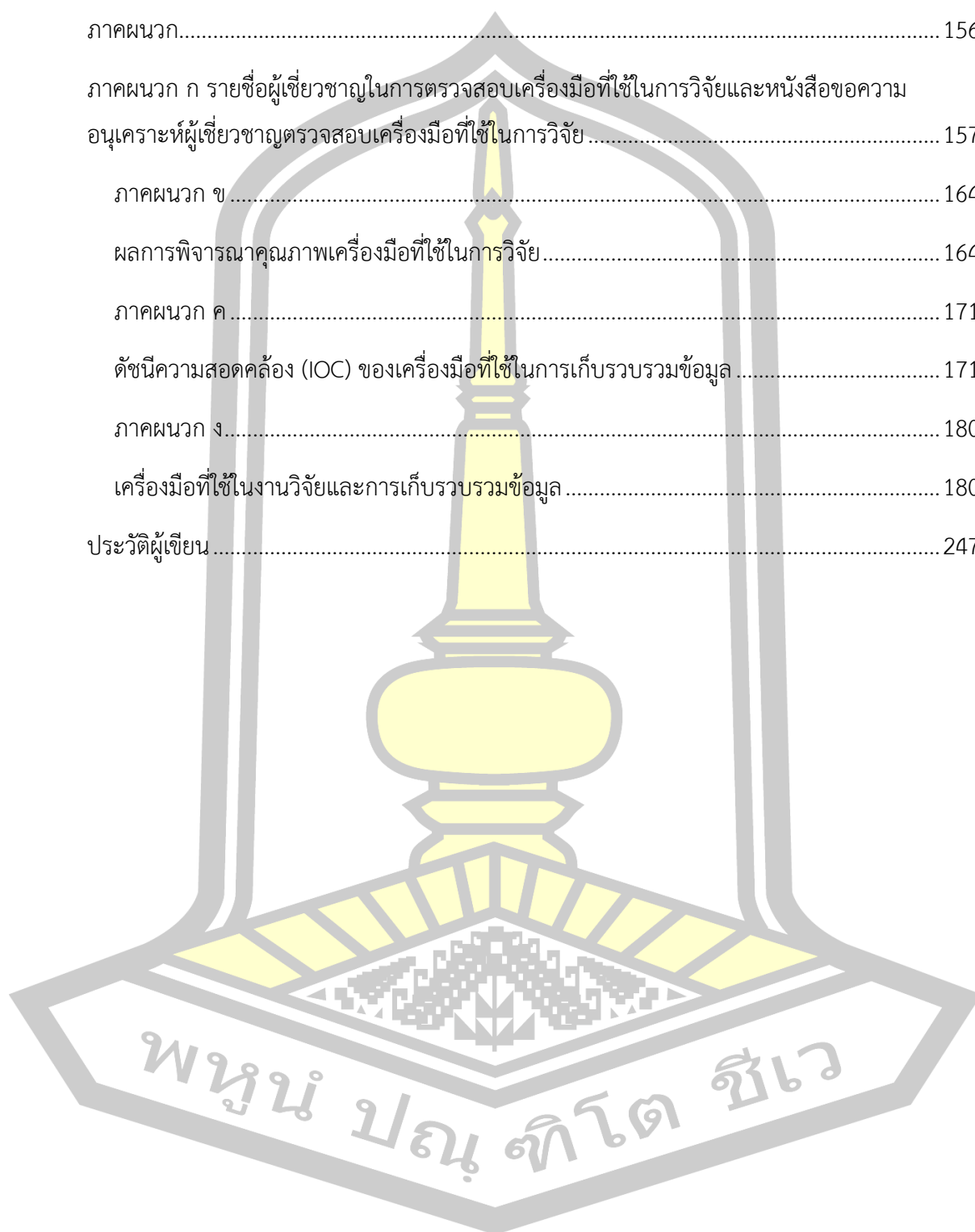
พูน ปณ จิตโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ท
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1. ภูมิหลัง.....	1
2. ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
3. ความสำคัญของการวิจัย.....	5
4. ขอบเขตของการวิจัย	5
5. นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
1. การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน	10
2. แผนผังมโนทัศน์	18
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ (Model-Based Learning with Concept Mapping).....	28
4. การคิดเชิงระบบ	34
5. พฤติกรรมในชั้นเรียน.....	59

6. วิจัยเชิงปฏิบัติการ	63
7. บริบทของโรงเรียน	71
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	73
8. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	77
บทที่ 3	78
วิธีดำเนินการวิจัย	78
1. กลุ่มเป้าหมาย	78
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	80
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย	80
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	99
4. การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	101
บทที่ 4	103
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	103
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	103
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	103
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	103
4. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ	109
บทที่ 5	138
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	138
1. ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	138
2. สรุปผล.....	139
3. อภิปรายผล	140
4. ข้อเสนอแนะ	145

บรรณานุกรม.....	147
ภาคผนวก.....	156
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและหนังสือขอความ อนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	157
ภาคผนวก ข	164
ผลการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	164
ภาคผนวก ค	171
ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	171
ภาคผนวก ง.....	180
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล	180
ประวัติผู้เขียน.....	247



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	16
ตาราง 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	30
ตารางที่ 3 ระดับการให้คะแนนองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ	51
ตารางที่ 4 ระดับคะแนนรายการประเมิน	57
ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์คะแนนในการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8	79
ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา	81
ตารางที่ 7 กำหนดการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อ พัฒนาการคิดเชิงระบบ	88
ตาราง 8 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 1	93
ตาราง 9 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการ ที่ 2	93
ตาราง 10 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการ ที่ 3	93
ตาราง 11 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ	94
ตารางที่ 12 พฤติกรรมที่สังเกตนักเรียนในชั้นเรียน	96
ตารางที่ 13 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบที่ผ่านเกณฑ์และ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ	104
ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 32 คน ในแต่ละ วงจรปฏิบัติการ	105
ตารางที่ 15 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงจร ปฏิบัติการที่ 1 (n=32)	110

ตารางที่ 16 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการ จัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1	113
ตารางที่ 17 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2	117
ตารางที่ 18 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (n=22)	121
ตารางที่ 19 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการ จัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2	124
ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3	128
ตารางที่ 21 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงรอบปฏิบัติการที่ 3 (n=15)	131
ตารางที่ 22 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการ จัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3	133
ตารางที่ 23 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา	137
ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยผู้เชี่ยวชาญ	168
ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	172
ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	174
ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	176
ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ	178
ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้องแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	178
ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรม ..	179

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพ 1 ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์.....	20
ภาพ 2 การสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย.....	21
ภาพ 3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping).....	22
ภาพ 4 ชนิดปลายเปิด (Open Grouping).....	23
ภาพ 5 ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping).....	23
ภาพ 6 ชนิดปลายปิดหรือล้อมเป็นวงกลม (Closed Grouping).....	24
ภาพ 7 แผนผังมโนทัศน์เรื่องสัตว์.....	25
ภาพ 8 แผนผังมโนทัศน์แบบแมงมุม.....	25
ภาพ 9 แผนผังมโนทัศน์แบบลำดับขั้นตอน.....	26
ภาพ 10 แผนผังมโนทัศน์แบบวัฏจักร.....	26
ภาพ 11 ผังวงกลมซ้อนหรือเป็นไดอะแกรม.....	26
ภาพ 12 ผังไดอะแกรม.....	27
ภาพ 13 ผังฟลोटไดอะแกรม.....	27
ภาพ 14 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart.....	65
ภาพ 15 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick.....	65
ภาพ 16 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer.....	66
ภาพที่ 17 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ.....	108
ภาพที่ 18 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1.....	112
ภาพที่ 19 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2.....	123
ภาพที่ 20 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1.....	132

บทที่ 1

บทนำ

1. ภูมิหลัง

การพัฒนากระบวนการคิดสำหรับเยาวชนไทยมีความสำคัญในระดับชาติ ดังปรากฏในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2553 ที่มีจุดมุ่งหมายในการสร้าง สังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สร้างโอกาสให้คนไทยทุกคนคิดเป็น ทำเป็น มีเหตุผล สามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และได้กำหนดแนวการจัดการกระบวนการเรียนรู้ไว้ใน หมวด 4 มาตรา 24 ระบุว่า ครูควรจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับ ความสนใจและความถนัดของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญ สถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา (สำนักงานคณะกรรมการ ศึกษาแห่งชาติ, 2553) นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังได้ กำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการ ซึ่งสมรรถนะสำคัญประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการคิดของผู้เรียน ได้แก่ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเชิงระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ โดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงระบบมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาและทำความเข้าใจถึงแก่นของวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน การทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติจึงต้องมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ องค์ประกอบในระบบ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงให้ความสำคัญต่อการอธิบายเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์ธรรมชาติและเป็นพื้นฐานสำคัญในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ จะพบว่าผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในกระบวนการของระบบที่ซับซ้อน จึงจะสามารถเข้าถึงแก่น ของเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง (Assaraf & Orion, 2010)

การคิดเชิงระบบเป็นทักษะหนึ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกปัจจุบัน เป็นองค์ประกอบหนึ่งของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นโลกแห่งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นเกิดขึ้นในส่วนใดของโลกล้วนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน มีผลกระทบต่อกัน มีอิทธิพลต่อกันและกัน นอกจากนั้นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และส่งผลกระทบให้มีปัญหาอื่นตามมาได้ การคิดเชิงระบบจึงเป็นประโยชน์อย่างมากในการมองปัญหา (Hoban, 2010) ผู้เรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ สามารถมองลึกลงไปเกินกว่าเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นเห็นโครงสร้างของเหตุการณ์นั้น มองเห็นแบบองค์รวมและเห็นความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่าง ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์เชิงเหตุ

และผลที่ส่งผลกระทบต่อกันและกัน เป็นการคิดในลักษณะของภาพรวมสามารถย้อนกลับไปได้กลับมาได้ ช่วยให้เข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาอย่างลึกซึ้ง (ฤทัยรัตน์ ชิตมงคล และสมยศ ชิตมงคล, 2560) นอกจากนี้ การดำรงชีวิตของมนุษย์ล้วนอยู่ในสิ่งแวดล้อมซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างระบบหนึ่งกับระบบอื่นๆ ทั้งในธรรมชาติหรือกิจกรรมมนุษย์การคิดอย่างเป็นระบบจึงเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาระดับระบบทางสังคมและธรรมชาติที่ซับซ้อนได้ในศตวรรษที่ 21 (Ritchie, 2017)

จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้มีนโยบายและจุดเน้นหนึ่งในนั้นคือ การยกระดับคุณภาพการศึกษา ได้มีการตระหนักถึงความสำคัญของผลการประเมินสมรรถนะ PISA ที่มีต่อภาพลักษณ์การแข่งขันของประเทศในด้านต่าง ๆ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2566) ซึ่งความสำคัญดังกล่าวเป็นปัญหาในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ดังปรากฏในผลการประเมิน PISA 2022 ที่รายงานสัดส่วนของนักเรียน ที่มีสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในระดับสูง โดยนักเรียนที่มีสมรรถนะในระดับนี้จะต้องมีความสามารถในการระบุองค์ประกอบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนในชีวิต สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เหมาะสม ตลอดจนการแสดงออกว่ามีความคิดเป็นวิทยาศาสตร์ และมีความเป็นเหตุผลในระดับสูง ผลการประเมินพบว่า ประเทศไทยมีคะแนน PISA 2022 ต่ำที่สุดในรอบ 20 ปี เนื่องจาก ประเทศไทยต้องเผชิญกับความท้าทายของการจัดการเรียนรู้ในช่วงที่มีวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในลำดับที่ 58 จากทั้งหมด 81 ประเทศ โดยคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยเท่ากับ 409 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานนานาชาติ ซึ่งมีคะแนน เท่ากับ 485 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) สอดคล้องกับ รายงานผลการทดสอบคุณภาพการศึกษาระดับชาติ (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสารคามพิทยาคม ปีการศึกษา 2565 ที่พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เท่ากับ 33.79 ซึ่งมีคะแนนลดลงจาก 34.69 36.25 ในปีการศึกษา 2563 และ 2564 ตามลำดับ คะแนนจากผลการประเมินดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 มีผลต่อนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม ทำให้ขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในช่วงวิกฤตการณ์ที่ผ่านมา ส่งผลให้ไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาสาระได้อย่างเป็นระบบ แสดงให้เห็นว่านักเรียนขาดการคิดเชิงระบบ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นผู้มีเหตุผล และมีความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากการที่ผู้วิจัยได้ประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ในปีการศึกษา 2566 ณ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติการสอนวิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 42 คน จากการสังเกตในชั้นเรียนพบว่านักเรียนขาดการทบทวนเนื้อหาจึงไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาใหม่ได้ เกิดการเรียนรู้ไม่ต่อเนื่อง การวิเคราะห์ปัญหาการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง จึงได้นำแบบวัดการคิดเชิงระบบไปทดสอบ ซึ่งเป็นแบบ

อัตรายเชิงสถานการณ์พร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 1 สถานการณ์ต่อชุด โดยในสถานการณ์มี 9 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว (Breil Brenda, 2018) ซึ่งพบว่ามึนักเรียนจำนวน 32 คนที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จากวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์ เกิดจากการที่นักเรียนขาดการคิดเชิงระบบในด้านวิเคราะห์ระบบในแนวลึก การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการคิดเชิงระบบแก่ผู้เรียน จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม เพราะการคิดเชิงระบบ เป็นการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นองค์รวมทั้งหมด (Whole) โดยระบบต่าง ๆ เกิดขึ้นจากองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ส่วนขึ้นไป องค์ประกอบแต่ละส่วน มีคุณสมบัติ เป้าหมาย พฤติกรรม และหน้าที่ของตนเอง การมีความสัมพันธ์ การปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกัน ระหว่างองค์ประกอบทั้งหมด (ประจักษ์ ปฏิทัศน์, 2562)

การจัดการเรียนการสอนแบบเดิม ครูเป็นศูนย์กลาง การสอนโดยตรง เน้นความรู้ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ ต่างจากในปัจจุบัน จะเห็นว่าวงการ การศึกษามีการตื่นตัวสู่การเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นการแลกเปลี่ยนความรู้ เน้นทักษะ เน้นกระบวนการ (ปราณี อ่อนศรี, 2558) โดยเฉพาะในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องทำความเข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆที่ได้เรียนมาและผลกระทบจากองค์ประกอบนั้นกับส่วนอื่น ๆ ของระบบด้วยตนเองส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ หรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ผิดพลาดนำมาสู่การเข้าใจที่ผิดพลาด (Boersma, Waarlo & Klaassen, 2011) วิธีการช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถรับมือกับระบบอันซับซ้อนนี้ได้ นั้นต้องปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้โดยเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจ และเน้นวิธีการที่ช่วยให้เกิดการร่วมมือกันเรียนรู้อภิปราย และสะท้อนคิด (Jacobson & Wilensky, 2006) รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรที่จะเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบเดิมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ และการสร้างแบบจำลองระบบเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อให้นักเรียนได้รับแนวคิดที่จะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ (National Research Council, 2015) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ แบบจำลองเป็นฐาน (Model based learning) เป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับ การแก้ปัญหาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนเรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนปรากฏการณ์ทางกายภาพ ประกอบด้วยรูปธรรมและลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ของปรากฏการณ์นั้น นำไปสู่การแสดงออกถึงความเข้าใจปรากฏการณ์ และช่วยให้นักเรียนมีกลไกในการสร้างความเข้าใจที่ดีขึ้น (ชาตรี ฝ่ายคำตา และ ภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2557)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนั้น สามารถช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจแต่ละหน่วยย่อยของระบบได้ เพราะทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองในเชิงรูปธรรม และนำไปพัฒนาต่อยอดจนสามารถสร้างแบบจำลองนามธรรม อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งในกระบวนการสร้างแบบจำลองของนักเรียน นักเรียนจะต้องเรียนรู้ส่วนประกอบแต่ละส่วนนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง และเชื่อมโยงแต่ละแบบจำลองย่อยเข้าเป็นระบบโดยรวมของแบบจำลองหลักได้ (Coll, France & Taylor, 2005) กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้และความสัมพันธ์มากขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายความคิด และเชื่อมโยงความคิดระหว่างองค์ประกอบของระบบไปสู่ประยุกต์ใช้เข้ากับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต้องเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบเดิม เพื่อพัฒนาคิดเชิงระบบ อีกทั้งการสร้างแบบจำลองระบบจะช่วยให้ นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ง่ายขึ้น และช่วยให้นักเรียนได้รับแนวคิดที่จะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นคือ กระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองช่วยทำให้นักเรียนเข้าถึงจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น (Barack and Hussein-Farraj, 2013) อีกทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานยังช่วยแก้ปัญหาความยากของวิชาฟิสิกส์ที่มีความเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้จากลักษณะสำคัญและตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) แผนผังมโนทัศน์เป็นหนึ่งในผังกราฟิก ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แผนผังกราฟิก มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมและสร้างความหมายและความเข้าใจในเนื้อหาสาระหรือข้อมูลที่เรียนรู้ และจัดระเบียบข้อมูลที่เรียนรู้ด้วยผังกราฟิก ซึ่งช่วยแก้การจดจำ (ทิตินา แคมมณี, 2551) ทำให้การนำแผนผังมโนทัศน์ มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถจัดระเบียบข้อมูลให้เป็นระบบมากขึ้น

แผนผังมโนทัศน์เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาผู้เรียน ซึ่งทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ คือ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของ (Ausubel 1968,) ซึ่งทฤษฎีนี้เน้นความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมายทั้งนี้ Ausubel กล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้เมื่อนักเรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจได้ชัดเจนขึ้นและมองเห็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันมากขึ้น ทำให้เห็นภาพรวมทั้งหมด นอกจากนี้ยังช่วยทำให้สามารถคิดหรือมองปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างทะลุปรุโปร่ง (สมาน ลอยฟ้า ,2542) ช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบมีผลการทดสอบความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ อยู่ในระดับดี (สมานา โสติพลอนันต์,2560)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงสรุปได้ว่า การพัฒนาการคิดเชิงระบบในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นสิ่งจำเป็นเพราะการคิดเชิงระบบช่วยให้เกิดความเข้าใจในปัญหาในภาพรวม และสามารถเข้าใจถึงประเด็นย่อย ๆ ของปัญหา จนสามารถคิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาได้ โดยคำตอบที่ได้อาจจะไม่มีเพียงคำตอบเดียว แต่ก็สามารถเลือกวิธีการ ในการจัดการกับปัญหานั้นได้ ซึ่งการคิดเชิงระบบจะสามารถช่วยในการเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละส่วน ไปสู่การประยุกต์และพัฒนา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ งานวิจัยนี้จึงศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียน

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ให้ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70

3. ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางให้ครูผู้สนใจในเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงระบบ และการจัดการเรียนการสอนแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความพร้อมต่อการใช้ชีวิต และพัฒนาให้ผู้เรียนมีพื้นฐานในการทำงานร่วมกับผู้อื่นโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560)

2. กลุ่มเป้าหมาย

เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีจำนวน 32 คน โดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากการวัดแบบวัดการคิดเชิงระบบ เป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ พร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 1 สถานการณ์ โดยในสถานการณ์มี 9 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ระบบในแนวคิด การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว (Breil Brenda, 2018) แล้วพบว่านักเรียนจำนวน 32 คนนี้ที่มีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 9 แผนจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

4. ตัวแปรที่วิจัย

4.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

4.2 ตัวแปรตาม คือ การคิดเชิงระบบ

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model- Based Learning) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนในการสอน ได้แก่

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้ร่างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วนำข้อมูลมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นผู้เรียนตรวจสอบดูความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ โดยผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมี การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจ

แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่

2. แผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) เป็นรูปแบบที่ให้นักเรียนได้ใช้เสนอกรอบความคิดซึ่งทำให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ ด้วยเส้นและคำเชื่อมโยงคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมอย่างมีลำดับขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย มโนทัศน์ต่าง ๆ โดยการเขียนแผนผังมโนทัศน์จะมีมโนทัศน์ที่กว้าง ครอบคลุมอยู่บนสุดของแผนผังแล้วลดหลั่นความสำคัญของมโนทัศน์ที่มีความหมายแคบ แผนผังมโนทัศน์ทำให้ทราบถึง ความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหาทั้งระบบของนักเรียน และทำให้ทราบความสัมพันธ์ของเนื้อหาทั้งระบบ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) และแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping)

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ในการช่วยสรุปเนื้อหาและมองภาพรวม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่สร้างความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าที่เรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้ร่างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วผู้เรียนนำมาสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) นักเรียนที่ได้ข้อมูลจากการสรุป มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบดูความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ จากนั้นผู้เรียนสรุปสิ่งที่ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติมเป็นแผนผังมโนทัศน์ใหม่ แล้วเชื่อมโยงระหว่างแผนผังมโนทัศน์ใหม่ กับแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยงเดิม (Linked Grouping) ในขั้น

การประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่

4. การคิดเชิงระบบ (System thinking) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่แสดงออกถึงการพิจารณาปัญหาต่างๆ ทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ คำนึงถึงกระบวนการคิดในเชิงองค์รวม มีลำดับขั้นตอน มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เข้าใจในกระบวนการความสัมพันธ์ จนนำไปสู่การไขปัญหาที่สมบูรณ์มากที่สุด โดยใช้วิธีคิดหลาย ๆ แบบขึ้นอยู่กับสถานการณ์ วัดได้โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 3 ชุด โดยแต่ละชุดมีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ 2 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อย่อย จำนวน 18 ข้อ ซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ

กระบวนการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก คือการที่นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น

กระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล คือการที่นักเรียนสามารถเขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ขั้นตอนของปัญหา การแก้ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการแก้ปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้น ตอบปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้น ผู้อ่านสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย

การป้อนกลับของเรื่องราว คือการที่นักเรียนสามารถเขียนอธิบายการให้ผล สะท้อนตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปได้ รวมถึงการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้นเป็นระบบเข้าใจง่าย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยตามลำดับดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.1 ความหมายของแบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.3 บทบาทของครูผู้สอนและบทบาทของผู้เรียน
2. แผนผังมโนทัศน์
 - 2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์
 - 2.2 ทฤษฎีของแผนผังมโนทัศน์
 - 2.3 การสร้างแผนผังมโนทัศน์
 - 2.4 ประเภทของแผนผังมโนทัศน์
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับแผนผังมโนทัศน์
 - 3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 3.2 แผนผังมโนทัศน์
 - 3.3 การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์
4. การคิดเชิงระบบ
 - 4.1 ความหมายการคิดเชิงระบบ
 - 4.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ
 - 4.3 ประโยชน์ของการคิดเชิงระบบ
 - 4.4 เครื่องมือของการคิดเชิงระบบ
 - 4.5 การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ
5. พฤติกรรมในชั้นเรียน
6. วิจัยเชิงปฏิบัติการ
 - 6.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
 - 6.2 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

6.3 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

7. บริบทของโรงเรียน

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

9. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

Buckley et al. (2004) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ การจัดการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ โดยผ่านการสร้าง และปรับปรุงแบบจำลองนั้นอย่างต่อเนื่อง

Rea-Ramirez, Clement, and Nune-Oviedo (2008) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียน มีรากฐานมาจาก 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change theory) ซึ่งมาจากแนวคิดของ Piaget เกี่ยวกับการพัฒนาทางสติปัญญาโดย Piaget ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนนั้นเกิดจากความไม่สมดุลหรือความไม่พอใจ (Dissatisfaction) ในความรู้เดิมของนักเรียนแต่ละคน และนักเรียนต้องการปรับสภาพหรือจัดระบบโครงสร้างทางความคิดให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบๆ และการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาของ Posner และคณะโดยได้ออกแบบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนซึ่งจะช่วยอธิบายถึงเงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงจากแนวคิดเดิมไป แนวคิดใหม่เงื่อนไขดังกล่าวได้แก่เงื่อนไขของความเข้าใจในความรู้ใหม่ (Intelligibility) ความเป็นไปได้ของความรู้ใหม่ (Plausibility) และประโยชน์ของความรู้ใหม่ (Fruitfulness) 2) การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ (Science Studies) ของ Kuhn ที่มีความสำคัญต่อความก้าวหน้าในวงการวิทยาศาสตร์แล 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาและการจินตนาการ (Psychology of mental models, Analogy, Imagery)

Jong et al (2015) การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือการจัดการเรียนรู้โดยมีการสร้างแบบจำลองขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอน โดยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน เพื่อพัฒนาความคิด

สรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหาความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การทำกิจกรรมในห้องเรียนที่เปิด

โอกาสให้ นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองโดยอาศัยความรู้เดิม และข้อมูลใหม่ โดยใช้การสร้างและการปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์อย่างต่อเนื่องให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้

1.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา ได้มีนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวถึงขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานตามรายละเอียดดังนี้

Gobert and Buckley (2000) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานออกเป็น 6 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา
- 2) ครูประเมินและทบทวนแนวคิดหรือเนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างแบบจำลองในขั้น ครูจึงทำได้เพียงสรุปความคิดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้อธิบาย
- 3) นักเรียนลงมือสร้างแบบจำลองโดยการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเอากับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึงกับสิ่งที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูล แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง
- 4) นำแบบจำลองไปใช้และประเมิน หากแบบจำลองใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาไม่ได้ นักเรียนต้องนำกลับมาดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง
- 5) การปรับปรุง (revision) และแก้ไขแบบจำลอง เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น
- 6) ขยายแบบจำลอง (elaboration) ในขั้นนี้นักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Gilbert and Justi (2016) ได้อธิบายวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งมีลักษณะเป็นขั้นตอนที่เหมาะสมสำหรับเนื้อหาที่เป็นนามธรรม โดยมีทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) ขั้นการสร้างแบบจำลองเป็นขั้นการสำรวจแนวคิดเพื่อให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษาโดยครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่เคยได้รับโดยการตั้งคำถาม

2) ขั้นการแสดงออกแบบจำลองผู้เรียนจะต้องแสดงออกแบบจำลองความคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ เช่นการวาดภาพและเขียนอธิบาย (Verbal Model) การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (Concrete Model) เป็นต้น

3) ขั้นการทดสอบแบบจำลองผู้เรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นแล้วไปใช้ทดสอบผ่านการทดลองเชิงความคิดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อดูว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่หากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่จากนั้นนักเรียนและครูจะร่วมกันอภิปรายเพื่อให้มีการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกัน (Class-consensus Models) เป็นแบบจำลองมติของกลุ่ม

4) ขั้นการประเมินแบบจำลองผู้เรียนประเมินแบบจำลองของตนเองโดยนำแบบจำลองที่ได้ปรับปรุงแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นที่มีความคล้ายคลึงกัน

ชาตรี ฝ่ายคำตา (2558) ที่เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (generating model) ครูเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองความคิดให้ออกมาให้มากที่สุด โดยอาจใช้คำถามหรือกิจกรรมที่สร้างความสนใจผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองขึ้นมาและอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ กิจกรรมนี้เป็นโอกาสที่ดีที่จะเข้าใจแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร เหมือนหรือแตกต่างกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างไร เมื่อครูได้ล่วงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้วครูจะสามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนให้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ตามเป้าหมายที่วางไว้ได้

2) การประเมินแบบจำลอง (evaluating model) ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินความ สอดคล้องของแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นกับหลักฐานที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ในขั้นนี้ควรฝึกให้ ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือทำการศึกษาค้นคว้าเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ หรืออาจค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ประเมินแบบจำลองของคน ผู้เรียนต้องตรวจสอบว่าแบบจำลองของตนเองมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่เพียงใด และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (modifying model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะต้องดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งสามารถใช้อธิบายข้อมูลได้ โดยผู้เรียนอาจเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มที่สร้างขึ้นและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง

มติของกลุ่ม (consensus model) ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (elaborating model) ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้แบบจำลองที่ผ่านการ ดัดแปลงแก้ไขแล้วมาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์อื่น ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างหรือที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์อื่นได้หรือไม่

วรวัฒน์ ศีลบุตร และบุญนาถ สุขุมเมฆ (2561) ได้เสนอรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับวิธีการแบบเปิด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนคือ

- 1) ขั้นการนำเสนอปัญหาปลายเปิด
- 2) ขั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ประกอบด้วย
 - 2.1) การสร้างแบบจำลอง
 - 2.2) การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง
- 3) ขั้นการอภิปรายทั้งชั้นเรียนสู่การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง
- 4) ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน
- 5) ขั้นขยายแบบจำลอง

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานที่กล่าวมาทั้งหมดพบว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีจุดเด่นจุดอ่อนที่แตกต่างกัน สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานของ ชาตรี ฝ้ายตา (2558) มาใช้ในงานวิจัย เนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่ามีความเหมาะสมกับการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วนำข้อมูลมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบดูความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ ผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่

1.3 บทบาทของครูผู้สอนและบทบาทของผู้เรียน

Rea-Ramirez, Clement, and Nune-Oviedo (2008) โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตอนแรกจะมีทั้งความสอดคล้องหรือไม่ สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์แต่ผู้สอนจะใช้แบบจำลองนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการสนับสนุนให้เกิดการอภิปรายและปรับปรุงแก้ไขเพื่อสร้างแนวคิดขึ้นมาใหม่อย่างช้า ๆ ผู้สอนอาจจะต้องมีบทบาทที่สำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนให้คิดและสะท้อนความคิดของตนเองว่ามีจุดเด่นและจุดด้อยอะไรบ้าง เกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเองกระบวนการที่ผู้เรียนใช้การเรียนรู้ธรรมชาติของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้
2. กระตุ้นและล้างแบบจำลองความคิดของผู้เรียนโดยใช้การสัมภาษณ์สั้น ๆ อภิปรายสาธิต เหตุการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว
3. ส่งเสริมผู้เรียนให้ปรับ conceptual model เป็นรูปธรรมมากขึ้น
4. ในระหว่างกิจกรรม ควรแสดงความคิดเห็นหรือสาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้ผู้เรียน ได้เห็น
5. สนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ
6. ให้ผู้เรียนแสดงบทบาทเป็นครูเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนร่วมชั้นเข้าใจ
7. ใช้วิธีการอ่าน เขียน อภิปราย และโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความเข้าใจ เจตคติ และความเชื่อของผู้เรียน
8. ถามคำถามผู้เรียนว่า ใคร อะไร เมื่อไร ที่ไหน ทำไม และอย่างไร

9. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้แนวคิดดังกล่าว

10. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินแบบจำลอง

11. กระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตั้งคำถาม สร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง

ชาตรี ฝ่ายคำตาและภรติพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2557) บทบาทของครูผู้สอน ในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ครูมีบทบาทสำคัญที่จะต้องวางแผนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และมีบทบาทขณะจัดการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมา โดยสื่อสารได้หลากหลายช่องทาง เช่น คำพูด ภาพวาด เป็นต้น

2. ล้างแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนเพื่อนำข้อมูลไปเชื่อมต่อในกระบวนการจัดการเรียนการสอนขั้นต่อไป อาจทำได้โดยการสัมภาษณ์สั้น ๆ หรือมีการสาธิตเหตุการณ์ ที่นักเรียนคุ้นเคยแล้วอภิปรายเกี่ยวกับเหตุการณ์ดังกล่าว

3. ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนพัฒนาแบบจำลองแนวคิดโดยการถามนักเรียนเพื่อหาความสัมพันธ์แนวคิดในส่วนต่างๆ หรือมีการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ

4. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับแบบจำลองแนวคิดให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น

5. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ครูควรแสดงความคิดเห็นและสาธิตการจัดการเรียนรู้การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและมีการสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น การเขียนวาดรูป แสดงความสัมพันธ์บางสิ่งทางคณิตศาสตร์

6. ให้นักเรียนแสดงบทบาทเป็นครู โดยแสดงการสอนหรือถ่ายทอดแนวคิดให้เพื่อนร่วมชั้นได้เข้าใจแบบจำลองแนวคิดของตน

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

8. กระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ด้วยตัวนักเรียนเองฝึกสร้างสมมติฐาน ค้นหาคำตอบ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง ให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงบทเรียนเข้าสู่ชีวิตประจำวันได้

9. ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง เช่น ลักษณะสำคัญของแบบจำลอง คืออะไร จงอธิบายว่าทำไมนักเรียนถึงใช้แบบจำลองนี้ แบบจำลองนี้มีประโยชน์ อย่างไร นักเรียนคิดว่าควรมีอะไรหรือไม่ที่จะเพิ่มเข้าไปในแบบจำลองนี้ แม้กระทั่งนักเรียนอาจตอบ คำถามนี้ได้ เช่น ฉันเปลี่ยนแบบจำลองเดิมตรง.....เพราะว่ามันไม่สามารถอธิบาย..... ได้จากการศึกษาบทบาทของครูผู้สอนและนักเรียน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตาราง 1 บทบาทของครูผู้สอนและนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model)	1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยแนวคิดที่ง่ายและสร้างประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองออกมา 2. ล้างแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียน	1. นักเรียนร่วมกันสนทนา ตอบประเด็นคำถาม วิเคราะห์สถานการณ์ 2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยการเขียนภาพ เพื่อให้แสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด
2) การประเมินและการ ดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model)	1. ในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ ครูแสดงความคิดเห็น สาธิตการเรียนรู้ การแก้ปัญหา ให้นักเรียนได้เห็น และสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาแบบจำลองโดยการวาดภาพ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบ	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง แล้วนำข้อมูลเพื่อตรวจสอบ ประเมินดูความสอดคล้องว่าสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้กว้างขวางเพียงใด 2. นักเรียนใช้ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเพื่ออธิบายผลการทดลอง
3) การดัดแปลงแก้ไข แบบจำลอง (Modifying model)	1. ในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ ครูแสดงความคิดเห็น สาธิตการเรียนรู้	1. นักเรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลง

ขั้นตอนการเรียนรู้การสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้เห็นและสนับสนุนให้นักเรียนแสดงปัญหาในหลาย ๆ รูปแบบ 2.ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาแบบจำลองโดยการวาดภาพเพื่อแสดงการเปรียบเทียบ	แก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ 2.นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) 3. นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 4. นักเรียนออกมานำเสนอแบบจำลอง
4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)	1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามทั้งที่ถูกและผิด 2. ตั้งคำถามให้นักเรียนประเมินแบบจำลอง	1. นักเรียนแบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุงแล้วมาแสดงความสัมพันธ์ ทำนายปรากฏการณ์ อธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่อย่างไร 3. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

2. แผนผังมโนทัศน์

2.1 ความหมายของแผนผังมโนทัศน์

Farmer and Wolf (1991) ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่า เป็นแนวทางที่ใช้แสดง เหล่ามโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกัน และกันของเหล่ามโนทัศน์ ดังนั้นมโนทัศน์ต่าง ๆ จึงถูกเชื่อมโยงด้วยคำศัพท์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้เข้าใจองค์ความรู้ส่วนสำคัญที่เป็นความหมายเฉพาะได้ ชัดเจน ดังนั้นทุก ๆ แผนผังมโนทัศน์จึงมีทั้งส่วนข้อมูลและส่วนออกแบบ

Novak et al (1994) ที่กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ว่า แผนผังมโนทัศน์สามารถใช้เป็นเครื่องมือ ในการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ คือ สามารถช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจและเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ความรู้ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้แผนผังมโนทัศน์ยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ความรู้และคุณภาพของผู้เรียน ซึ่ง ทำให้เห็นช่องว่างระหว่างความรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้สอนสามารถ พบจุดบกพร่องในการเรียนการสอน ซึ่งมีส่วนช่วยให้ผู้สอนเล็งเห็นเป้าหมายในการสอนอีกด้วย

มนัส บุญประกอบ (2533) ได้กล่าวถึงความหมายของแผนผังมโนทัศน์ที่สอดคล้องกันว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นเทคนิคที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันด้วยการใช้เส้นและ คำเชื่อมในการแสดงความสัมพันธ์ เพื่อทำให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มมโนทัศน์และทำความเข้าใจได้ง่ายในการอ่าน

วัชรรา เล่าเรียนดี (2554) ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่า แผนผังมโนทัศน์หรือบางแห่ง เรียกว่า แผนผังความคิดซึ่งมีลักษณะเป็นแผนผังหรือแผนภาพที่สร้างขึ้นจากความเข้าใจหรือสามารถ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์หลัก มโนทัศน์ย่อย หรือมโนทัศน์ด้วยกัน สำคัญและ แนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การเชื่อมโยงอาจมีทิศทางเดียว 2 ทิศทางหรือมากกว่าอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนโดยมีคำเชื่อม หรือข้อความเชื่อมระหว่างมโนทัศน์

ทิตนา แคมมณี (2561) ให้ความหมายของแผนผังมโนทัศน์ว่า เป็นผังที่แสดงมโนทัศน์หรือ ความคิดรวบยอดใหญ่ไว้ตรงกลาง และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหญ่และมโนทัศน์ย่อย ๆ เป็นลำดับขั้นด้วยเส้นเชื่อมโยง

สรุปได้ว่า แผนผังมโนทัศน์เป็นรูปแบบที่ให้นักเรียนได้ใช้เสนอกรอบความคิด ซึ่งทำให้นักเรียนแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ ด้วยเส้นและคำเชื่อมโยง คำศัพท์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมอย่างมีลำดับขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วย มโนทัศน์ต่าง ๆ โดยการเขียนแผนผัง มโนทัศน์จะมีมโนทัศน์ที่กว้าง ครอบคลุมอยู่บนสุดของแผนผังแล้วลดหลั่นความสำคัญของมโนทัศน์

ที่มีความหมายแคบ แผนผังมโนทัศน์ทำให้ทราบถึง ความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหาทั้งระบบ ของนักเรียน และทำให้ทราบความสัมพันธ์ของเนื้อหาทั้งระบบ

2.2 ทฤษฎีของแผนผังมโนทัศน์

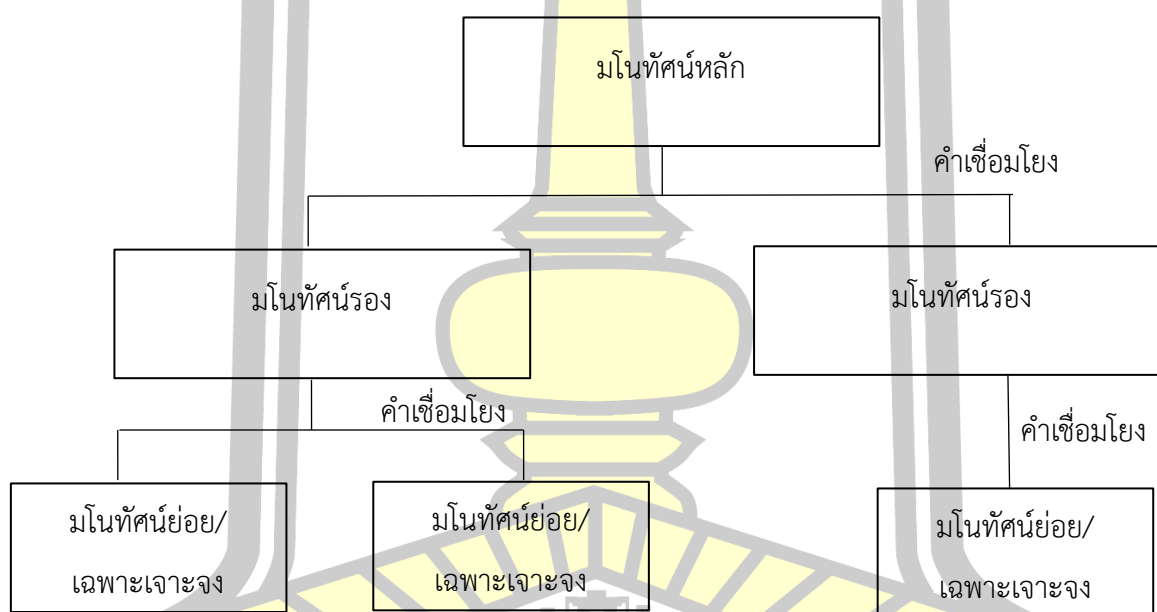
ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) แผนผังมโนทัศน์มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Theory of Meaningful Verbal Learning) ของออสซูเบล (Ausubel) ได้บรรยายลักษณะของการเรียนรู้ที่มีความหมายว่าเป็น การเรียนรู้ที่แบ่งเป็น 2 มิติ มิติที่หนึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ มี 2 แบบได้แก่ การเรียนรู้แบบรับรู้ไว้และ การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตัวเอง ส่วนมิติที่สองเป็นกระบวนการเรียนรู้ภายใน ได้แก่ การเรียนรู้แบบท่องจำและการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยออสซูเบลสนับสนุนให้มีการเรียนรู้ที่มีความหมาย ซึ่งการสอนให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายนั้นจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างความรู้ ความคิดของผู้เรียน ต้องมีการจัดการล่วงหน้า ผู้เรียนต้องเตรียมตนเองให้พร้อมที่จะเรียน วัสดุ อุปกรณ์ต้องจัดให้มีความหมายน่าสนใจ นอกจากนี้ออสซูเบลก็ยังสนับสนุนการสอนแบบค้นพบด้วย ตัวเองด้วยว่า การสอนแบบค้นพบด้วยตัวเองเหมาะสำหรับเด็กที่อยู่ในวัยที่สามารถคิดแก้ปัญหาหรือหาเหตุผลได้กับสิ่งที่ป็นรูปธรรม ออสซูเบลเน้นให้ผู้เรียนได้มีความรู้หรือผลผลิตมากกว่ากระบวนการ เขาจึงเสนอให้มีการสอนแบบบรรยายอย่างมีความหมายหรือใช้วิธีสอนแบบชี้แนะให้ค้นพบ

กล่าวสรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของแผนผังมโนทัศน์ มีพื้นฐานมาจาก ทฤษฎีการเรียนรู้ของออสซูเบล 3 ประการ คือ 1. โครงสร้างของความรู้ (Cognitive Structure) เป็นโครงสร้างที่อยู่ในสมอง จะมีการ จัดลำดับมโนทัศน์จากมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างไปสู่มโนทัศน์ที่แคบลงและมีความ เฉพาะเจาะจงมากขึ้น 2. กระบวนการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้า (Progressive Differentiation) จากหลักการของออสซูเบลที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อมีการนำความรู้ ใหม่ไปสัมพันธ์กับความรู้เดิมที่มีอยู่เกิดเป็นความสัมพันธ์ใหม่ ดังนั้นจึงเกิดการเรียนรู้อย่างไม่สิ้นสุด จะเป็นการขยายความรู้ให้กว้างขึ้นจนกลายเป็นการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้า โดยประกอบด้วยมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างอยู่ด้านบนสุดของโครงสร้างความรู้และมโนทัศน์ที่มีความหมายเฉพาะเจาะจงอยู่ถัดลงมา กระบวนการแยกแยะความแตกต่างเชิงก้าวหน้าจะเพิ่มขึ้น ถ้าผู้เรียนมีโอกาสอภิปรายร่วมกันและจะทำให้เห็นความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่เรียน ได้ดีขึ้น 3. การประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการ (Integrative Reconciliation) จากหลักการเรียนรู้ ของออสซูเบลที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายจะเกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับ

ความรู้เดิมที่มีอยู่ ดังนั้นถ้าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทำให้เกิดความสัมพันธ์ใหม่และเชื่อมโยงระหว่างชุดของมโนทัศน์จะทำให้เกิดการประสานสัมพันธ์เชิงบูรณาการของมโนทัศน์ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายเพิ่มขึ้น

2.3 การสร้างแผนผังมโนทัศน์

มนัส บุญประกอบ (2533) การสร้างแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) แผนผังมโนทัศน์ที่ดีจะช่วยให้ นักเรียนและผู้สอนเกิดความชัดเจนขึ้น ทำให้เห็นวิธีเชื่อมโยงความหมายของมโนทัศน์ และสามารถทำให้นักเรียนสามารถสรุปสิ่งที่เรียนรู้ได้ แผนผังมโนทัศน์จะเรียงลำดับความซับซ้อนจากมโนทัศน์ ที่มีความหมายกว้างและซับซ้อนจะอยู่ด้านบนและจะมีความหมายเฉพาะเจาะจงมากขึ้น หรือ ซับซ้อนน้อยลงมาในด้านล่าง ดังภาพที่ 1

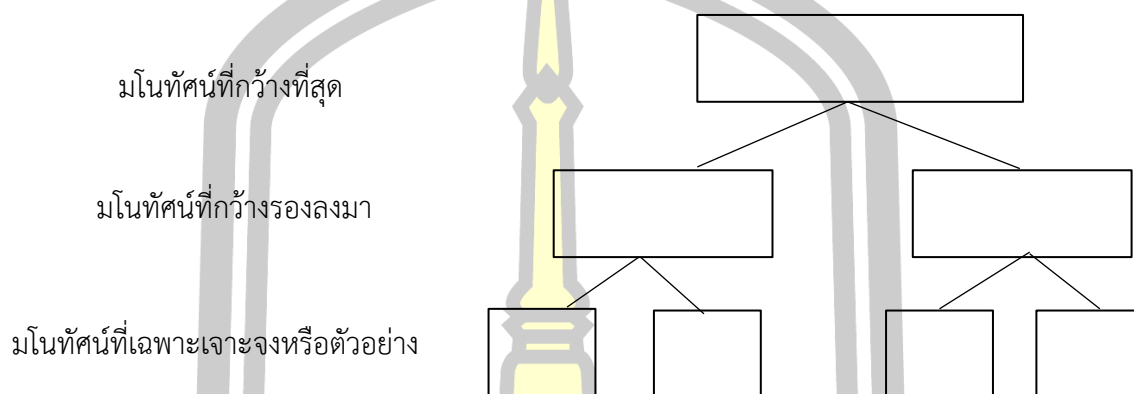


ภาพ 1 ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์

ที่มา : มนัส บุญประกอบ. (2533). ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิมโนทัศน์.

จากภาพที่ 1 เป็นการสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่ายที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่เรียงลำดับจากมโนทัศน์หลักซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่มีความหมายกว้างลงไปหามโนทัศน์รอง มโนทัศน์ย่อย ไปจนถึงมโนทัศน์เฉพาะซึ่งจะมีความหมายแคบที่สุด โดยมีคำเชื่อมระหว่าง มโนทัศน์ซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านแผนผังมโนทัศน์ได้เกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ต่าง ๆ โดยมโนทัศน์ที่มีลักษณะทั่วไปมากที่สุดหรือครอบคลุมมากที่สุดจะอยู่บนสุดของแผนผัง โดยมโนทัศน์

ที่ครอบคลุมน้อยกว่า หรือเฉพาะเจาะจงกว่า โดยลำดับจะถูกจัดให้อยู่ตอนล่างลดหลั่นกันเป็นชั้น ๆ ดังภาพที่ 2



ภาพ 2 การสร้างแผนผังมโนทัศน์อย่างง่าย

ที่มา: อรรัมภา คำนุเอนก. (2554)

อัญชลี ตนานนท์ (2542) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแผนผังมโนทัศน์ไว้ดังนี้

1. เลือกมโนทัศน์ที่สำคัญและเชื่อมโยงกัน
2. ลำดับความสำคัญของคำมโนทัศน์ โดยเรียงลำดับจากมโนทัศน์หลักไปยังมโนทัศน์รองและลดหลั่นไปเรื่อย ๆ เป็นลำดับชั้น และแบ่งมโนทัศน์เหล่านั้นเป็นกลุ่ม ๆ ตามเนื้อเรื่องที่ต้องการเขียน
3. เขียนแผนผังมโนทัศน์จากคำมโนทัศน์ โดยโยงความสัมพันธ์หรือสร้างข้อความขึ้นใหม่ผู้สร้างอาจเพิ่มเติมคำมโนทัศน์ไว้ในแผนผังได้ หากคำมโนทัศน์นั้นช่วยทำให้แผนผังเข้าใจง่ายขึ้น และอาจตัดคำมโนทัศน์ที่กำหนดไว้ในตอนแรกออก ถ้าคำมโนทัศน์นั้นไม่ได้ช่วยให้แผนผังมีความเข้าใจง่ายขึ้น
4. สร้างความสัมพันธ์ข้ามชุด นอกจากความสัมพันธ์ของมโนทัศน์จากด้านบนสู่ด้านล่างแล้วอาจจะอยู่ในรูปแบบย้อนกลับจากด้านล่างไปยังด้านบน หรืออาจเป็นความสัมพันธ์ในแนวนอนก็ได้ โดยการเขียนหัวลูกศรกำกับเพื่อแสดงทิศทางของความสัมพันธ์นั้น
5. ประเมินความถูกต้องของแผนผังมโนทัศน์ด้วยตัวของผู้เขียนเอง หลังจากนั้นปรับปรุงแผนผังให้ถูกต้องตามองค์ประกอบของเนื้อหา
6. นำแผนผังมโนทัศน์ที่ปรับปรุงแล้ว ประเมินความถูกต้องของเนื้อหา และ โครงสร้างของแผนผังมโนทัศน์

7. ปรับปรุงแผนผังมโนทัศน์ใหม่อีกครั้งตามคำแนะนำของครูผู้สอน
 สุวิทย์มูลคำและอรรถัย มูลคำ (2547) ได้เสนอแนะการสร้างแผนผังมโนทัศน์ ไว้ดังนี้

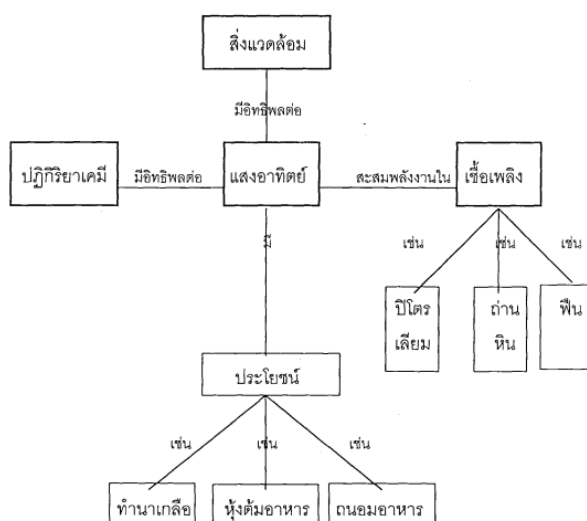
1. เขียนความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์หลักไว้ตรงกลาง
2. เขียนมโนทัศน์ที่มีความสำคัญรองลงมาเป็นลำดับชั้นจากใหญ่ไปย่อย
3. เชื่อมความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์ต่าง ๆ โดยใช้เส้นเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์
4. ระบุคำเชื่อมโยงกำกับที่เส้นเชื่อมโยง เพื่อแสดงถึงลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์
5. คำที่นำมาเขียนแผนผังมโนทัศน์ต้องเป็นคำสำคัญ (Key word)

สรุปได้ว่าการสร้างมโนทัศน์จะเริ่มมาจากการเลือกคำที่เป็นมโนทัศน์แล้วนำมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่กว้างไปสู่มโนทัศน์แคบ โดยให้มโนทัศน์ที่กว้างอยู่บนสุด มโนทัศน์ที่แคบ อยู่ถัดลงมา จนถึงมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงมากที่สุด รวมทั้ง ตัวอย่างอยู่ด้านล่างสุดแล้วจึงเชื่อม ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์พร้อมทั้ง หาคำเชื่อมโยงที่เหมาะสมใส่กำกับลงในแต่ละเส้น

2.4 ประเภทของแผนผังมโนทัศน์

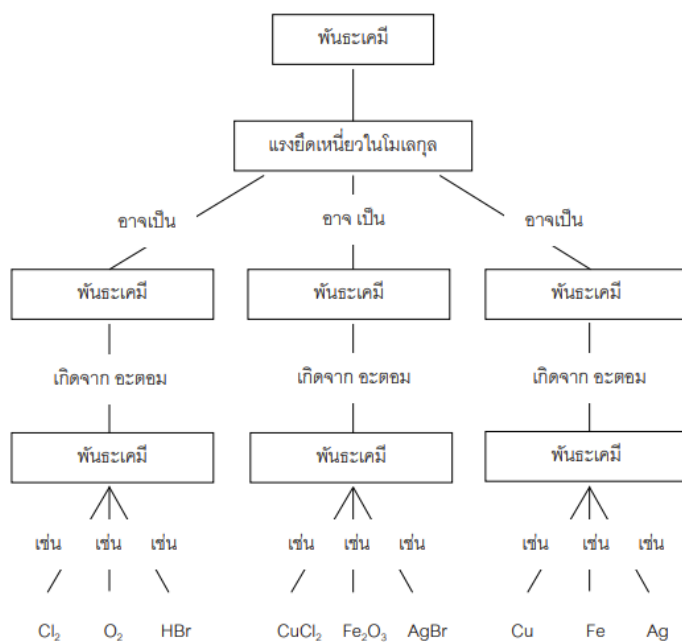
มนัส บุญประกอบ (2533) ได้จำแนกประเภทของแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. ชนิดกระจายออก (Point Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากคำที่เป็นมโนทัศน์หลักจะเชื่อมโยงกระจายออกไปทุกทิศทางเพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อย ๆ ดังแสดงในภาพ 3



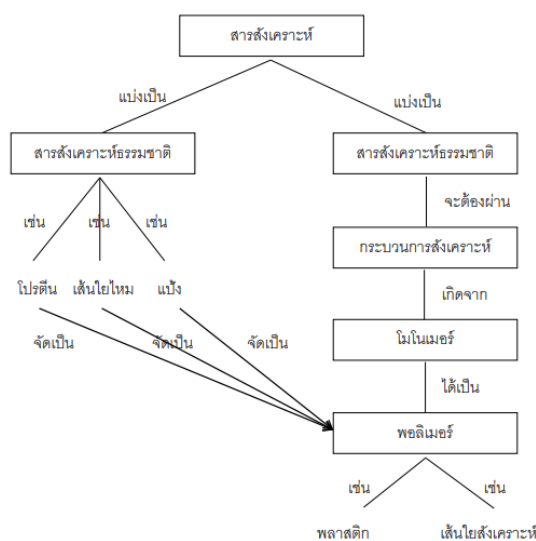
ภาพ 3 แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping)

2. ชนิดปลายเปิด (Open Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการเชื่อมโยงกลุ่มมโนทัศน์ต่าง ๆ ลดหลั่นกันลงไปตามลำดับความสำคัญของมโนทัศน์ที่ผู้เขียนกำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 4



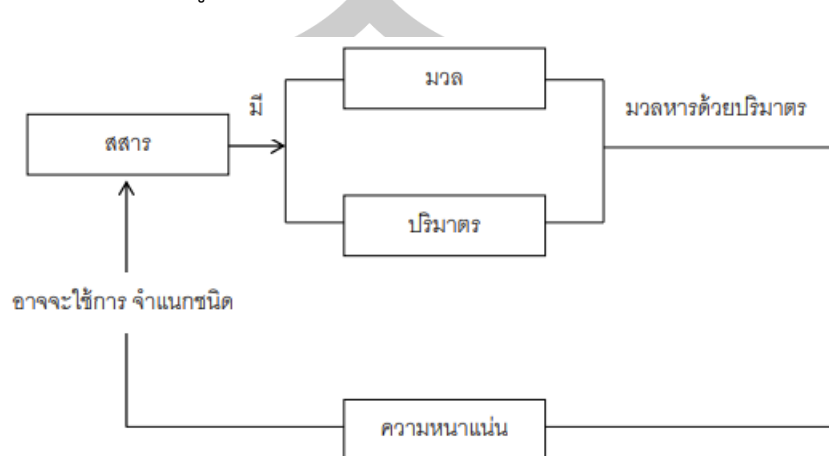
ภาพ 4 ชนิดปลายเปิด (Open Grouping)

3. ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) มีลักษณะคล้ายกับชนิดปลายเปิดแต่มีการเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์ได้ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพ 5 ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

4. ชนิดปลายปิดหรือล้อมเป็นวงกลม (Closed Grouping) เป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ค่อนข้างจะมีลักษณะจำกัดอยู่ในตัวเอง ดังแสดงในภาพที่ 6



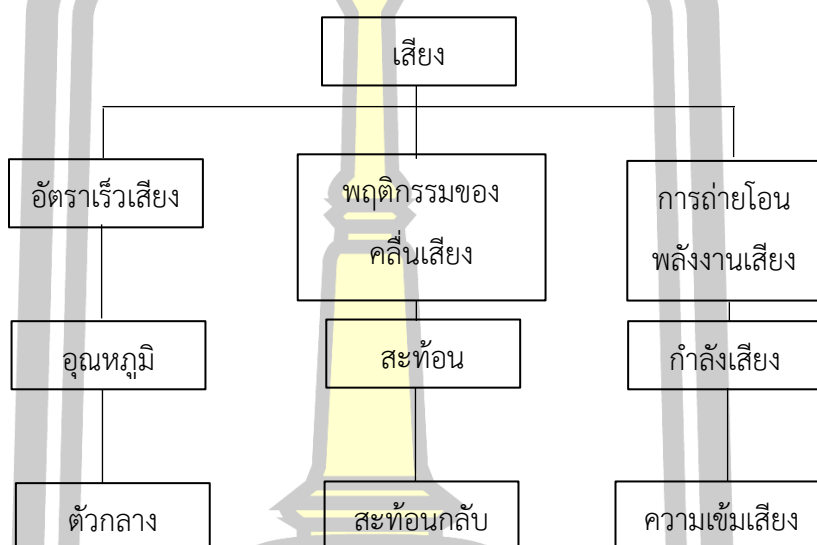
ภาพ 6 ชนิดปลายปิดหรือล้อมเป็นวงกลม (Closed Grouping)

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ได้กล่าวถึงแผนผังมโนทัศน์ไว้ว่า เป็นผังกราฟิกชนิดหนึ่ง ที่แสดงความคิดรวบยอดของข้อมูลหรือสาระสำคัญของข้อมูล มีหลายชนิดหลายรูปแบบ สามารถแยกตามจุดประสงค์ในการนำเสนอข้อมูลได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์ที่แสดงความคิดรวบยอดของข้อมูลหรือสาระสำคัญของข้อมูล เช่น ผังความคิด (Mind Mapping) แผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) ไดอะแกรม เป็นต้น
2. แผนผังมโนทัศน์ที่ต้องการแสดงการเปรียบเทียบข้อมูล เช่น เวนน (Venn Diagram) ผังที่ชาร์ท (T-Chart) แผนภูมิแท่ง (Bar-Chart) แผนภูมิตาราง (Table-Chart) เป็นต้น
3. แผนผังมโนทัศน์ที่แสดงข้อมูลที่เป็นเหตุเป็นผลกัน เช่น ผังก้างปลา (Fishbone Map) ผังใยแมงมุม (Spider Web) เป็นต้น
4. แผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการเรียงลำดับข้อมูล เหตุการณ์ หรือขั้นตอนต่าง ๆ เช่น ผังลำดับขั้นตอน (A Sequential Map) ผังวัฏจักร (Circle Map) ผังขั้นบันได (Ranking Ladder) ผังแบบต่อเนื่อง (Spectrum) เป็นต้น
5. แผนผังมโนทัศน์ที่แสดงการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลหรือหมวดหมู่ของความคิด เช่น แผนภูมิวงกลม (Pie Chart) นั่งมองต่างมุม (Thinking at Right Angles) แผนภูมิเป้าหมาย (Target) เป็นต้น

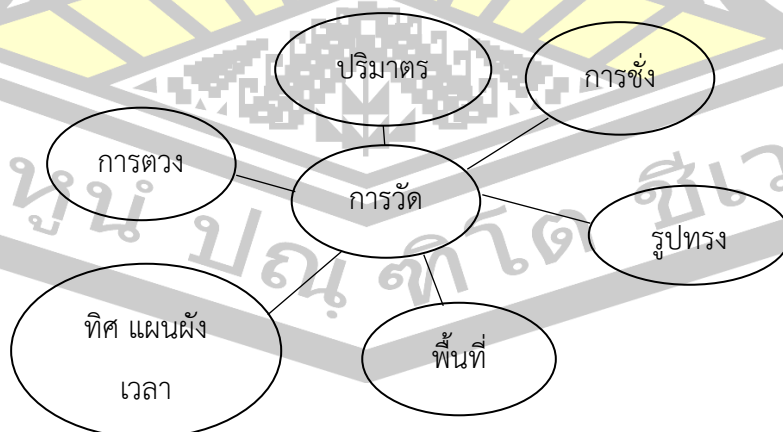
ทศนา แคมมณี (2561) ได้เสนอตัวอย่างผังกราฟิกแบบต่าง ๆ ซึ่ง ผังมโนทัศน์ (A concept map) เป็นหนึ่งในนั้น โดยมีตัวอย่างดังนี้

1. ผังมโนทัศน์ (A concept map) เป็นผังที่แสดงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดใหญ่ไว้ตรงกลางและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหญ่และมโนทัศน์ย่อย ๆ เป็นลำดับชั้นด้วยเส้นเชื่อมโยง



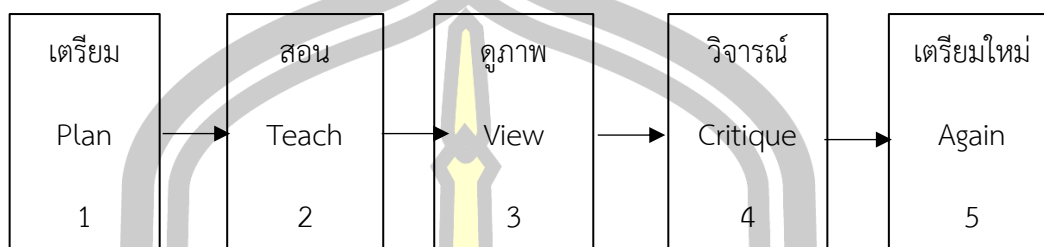
ภาพ 7 ผังมโนทัศน์เรื่องสัตว์

2. ผังมโนทัศน์แบบแมงมุม (A spider map) เป็นผังมโนทัศน์อีกแบบหนึ่งซึ่งมีลักษณะคล้ายใยแมงมุม



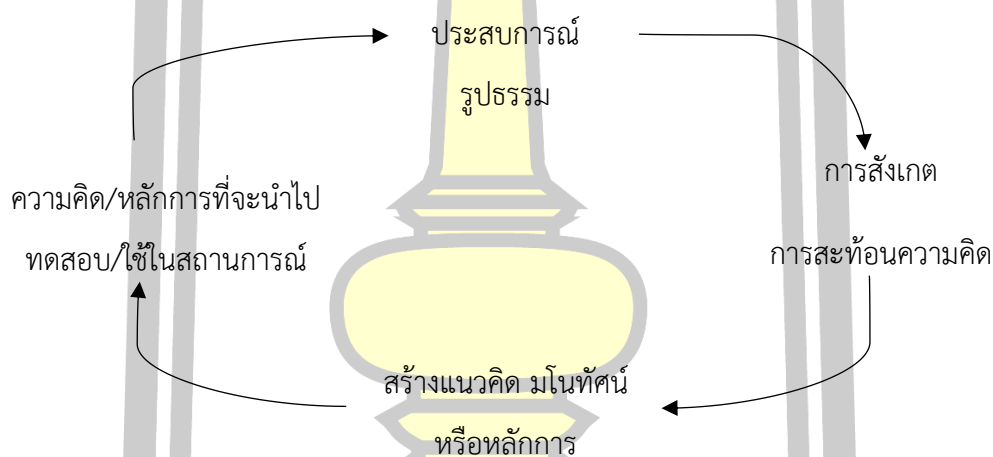
ภาพ 8 ผังมโนทัศน์แบบแมงมุม

3.ผังมโนทัศน์แบบลำดับขั้นตอน (A Sequential Map) เป็นผังที่แสดงลำดับขั้นตอนของสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น



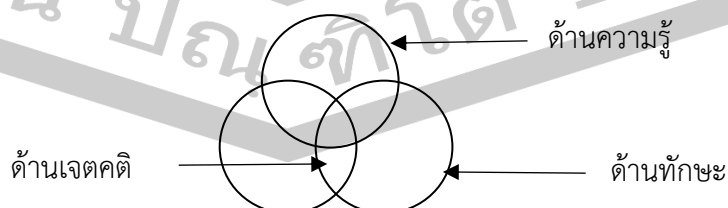
ภาพ 9 ผังมโนทัศน์แบบลำดับขั้นตอน

4. ผังมโนทัศน์แบบวัฏจักร (A Circle or Cyclical Map) เป็นผังที่แสดงลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันเป็นวงกลม หรือวัฏจักรที่ไม่แสดงจุดสิ้นสุด หรือจุดเริ่มต้นที่แน่นอน



ภาพ 10 ผังมโนทัศน์แบบวัฏจักร

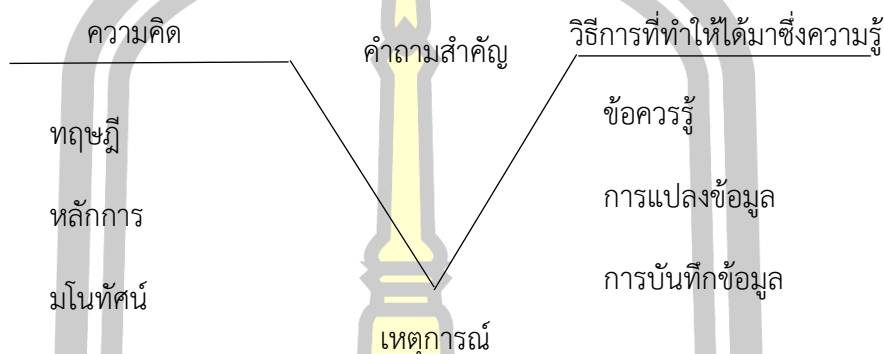
5. ผังวงกลมซ้อนหรือเป็นไดอะแกรม (Venn Diagram) เป็นผังวงกลม 2 วง หรือมากกว่าที่มีส่วนหนึ่งซ้อนกันอยู่เป็นผังที่เหมาะสมสำหรับการนำเสนอสิ่ง 2 สิ่งหรือมากกว่า ซึ่งมีทั้งความเหมือน และความต่าง ดังภาพ



ภาพ 11 ผังวงกลมซ้อนหรือเป็นไดอะแกรม

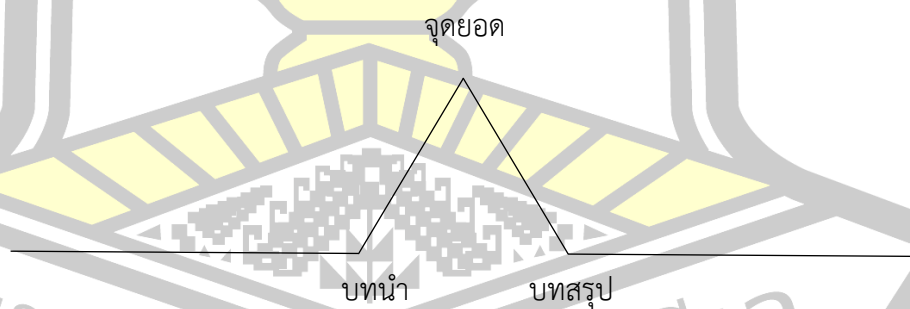
6. ผังไดอะแกรม (Vee Diagram) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาธรรมชาติความรู้และ ผลิตของความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ แผนผังรูปตัววีเป็นแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี กับวิธีการความคิดกับการสังเกตและวิธีการเชื่อมโยงความเข้าใจระหว่างกิจกรรมการทดลองกับเนื้อหาใน

ตำราเรียน ลักษณะของแผนผังเป็นดังนี้



ภาพ 12 ผังไดอะแกรม

7. ผังพล็อตไดอะแกรม (Plot Diagram) เป็นผังที่ช่วยในการอ่านเรื่องราวที่มีเหตุการณ์ ต่อเนื่องกัน ยืดยาวเหมาะสำหรับการสอนอ่าน นักเรียนสามารถใช้ผังนี้ช่วยในการหาพล็อตเรื่อง ซึ่งก็คือ เหตุการณ์สำคัญที่นำไปสู่จุดยอดของเรื่องและเมื่อเรื่องดำเนินไปสู่จุดยอดคือจุดสำคัญที่สุดของเรื่อง แล้วเหตุการณ์ก็จะคลี่คลายไปสู่บทสรุปของเรื่อง



ภาพ 13 ผังพล็อตไดอะแกรม

สรุปแผนผังมโนทัศน์ (concept map) เป็นหนึ่งในผังกราฟิกซึ่งจำแนกประเภทของแผนผังมโนทัศน์ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ชนิดกระจายออก (Point Grouping) ชนิดปลายเปิด (Open Grouping) ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ชนิดปลายปิดหรือล้อมเป็นวงกลม (Closed Grouping) โดยแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายประการ ซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อจำกัด

ไม่เหมือนกันบางประเภทใช้เขียนได้ซับซ้อนกว้างขวาง บางประเภทได้ค่อนข้างจำกัด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ด้วยแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์ได้ ทำให้จัดระเบียบข้อมูลให้เป็นระบบมากขึ้น และแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) ที่สามารถเชื่อมโยงกระจายออกไปทุกทิศทางเพื่อเชื่อมต่อกับมโนทัศน์ย่อย ๆ ทำให้สามารถแยกย่อย องค์ความรู้ก่อนหน้าได้ง่ายขึ้น

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ (Model-Based Learning with Concept Mapping)

3.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) หมายถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาโดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลอง ในการแก้ไขปัญหาหรือทำนายเหตุการณ์ได้ ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนในการสอนได้แก่

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้ล้วงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วนำ ข้อมูลมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบดูความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ โดยผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจ

แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่

3.2 แผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) หลักการในการสร้างมโนทัศน์จะเริ่มมาจากการเลือกคำที่เป็นมโนทัศน์แล้วนำมาจัดลำดับจากมโนทัศน์ที่กว้างไปสู่มโนทัศน์แคบ โดยให้มโนทัศน์ที่กว้างอยู่บนสุด มโนทัศน์ที่แคบอยู่ถัดลงมาจนถึงมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงมากที่สุด รวมทั้งตัวอย่างอยู่ด้านล่างสุดแล้วจึงเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์พร้อมทั้ง หาคำเชื่อมที่เหมาะสมใส่กำกับลงในแต่ละเส้น

3.3 การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ คือ การจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมา โดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ร่วม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้ร่างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้วผู้เรียนนำมาสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) นักเรียนที่ได้ข้อมูลจากการสรุป มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบดูความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้ จากนั้นผู้เรียนสรุปสิ่งที่ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติมเป็นแผนผังมโนทัศน์ใหม่ แล้วเชื่อมโยงระหว่างแผนผังมโนทัศน์ใหม่ กับแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยงเดิม (Linked Grouping) ในขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์อื่นได้หรือไม่

ตาราง 2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)	1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุดโดยใช้คำถาม หรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกต และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้ล้วงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียน	1. เริ่มต้นบทเรียนด้วยประเด็นปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองออกมา โดยสื่อความหมายออกมาผ่านแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน 2. ล้วงแบบจำลองทางความคิดผ่านสถานการณ์ที่ให้นักเรียนได้ดู	1. นักเรียนร่วมกันสนทนาตอบประเด็นคำถามวิเคราะห์สถานการณ์ 2. นักเรียนออกมาร่วมตอบถามเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างแบบจำลองเบื้องต้นด้วยการเขียนภาพเพื่อให้เห็นแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด

ขั้นตอนของการ จัดกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลอง เป็นฐานร่วมกับ แผนผัง มโนทัศน์	กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	แล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริม แบบจำลองทางความคิด		
ขั้นที่ 2 การ ประเมินและการ ดัดแปลง แบบจำลอง (Evaluating model)	2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง หรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิง ประจักษ์แล้วผู้เรียนนำมา สรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) นักเรียนที่ได้ ข้อมูลจากการสรุปมาใช้ เป็นข้อมูลเพื่อประเมิน แบบจำลองของตนใน ขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบความ สอดคล้องว่าแบบจำลอง สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์อื่นได้อย่าง กว้างขวางเพียงใด	1.ในระหว่างกิจกรรมการ เรียนรู้ ครูแสดงความ คิดเห็นสาคิดการเรียนรู้ การแก้ปัญหาให้นักเรียนได้ เห็นและสนับสนุนให้ นักเรียนแสดงปัญหาใน หลาย ๆ รูปแบบ 2.ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนา แบบจำลองโดยการวาด ภาพเพื่อแสดงการ เปรียบเทียบ	1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ออกแบบการทดลอง ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ดำเนินการทดลอง ตรวจสอบความ สอดคล้องว่าสามารถ อธิบายปรากฏการณ์ได้ กว้างขวางเพียงใด 2. นักเรียนสรุปข้อมูลเป็น แผนผังมโนทัศน์ชนิด เชื่อมโยง (Linked Grouping) 3.นักเรียนนำข้อมูลจาก การสรุป มาใช้เป็นข้อมูล เพื่อประเมินแบบจำลอง ของตนในขั้นตอน แบบจำลองจากนั้น ตรวจสอบความ สอดคล้องของแบบจำลอง

ขั้นตอนของการ จัดกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลอง เป็นฐานร่วมกับ แผนผัง มโนทัศน์	กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
ขั้นที่ 3 การ ดัดแปลงแก้ไข แบบจำลอง (Modifying model)	3) การดัดแปลงแก้ไข แบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติม จนกระทั่งแบบจำลองที่ ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้ว สามารถอธิบายข้อมูลได้ จากนั้นผู้เรียนสรุปสิ่งที่ ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่าง มโนทัศน์เข้าไปในแผนผัง มโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในขั้นการประเมิน แบบจำลองผู้เรียน เปรียบเทียบแบบจำลอง ของกลุ่มเพื่อนที่สร้าง และรวมแบบจำลองของ แต่ละกลุ่มเข้าด้วยกัน เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง มติของกลุ่มหรือของชั้น เรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการ	1. ส่งเสริมให้นักเรียนปรับ แบบจำลองแนวคิดให้เป็น รูปธรรมมากขึ้น	1.นักเรียนดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติม จนกระทั่งแบบจำลอง ที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไข แล้วสามารถอธิบายข้อมูล ได้อย่างถูกต้อง 2. ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ดัดแปลง แก้ไขเพิ่มเติมเป็นแผนผัง มโนทัศน์ใหม่ แล้วเชื่อมโยง ระหว่างแผนผังมโนทัศน์ ใหม่กับแผนผังมโนทัศน์ ชนิดเชื่อมโยงเดิม (Linked Grouping) ในขั้น การประเมินแบบจำลอง 3. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันสร้างเป็น แบบจำลองมติของกลุ่ม หรือของชั้นเรียน (consensus model)

ขั้นตอนของการ จัดกิจกรรมการ จัดการเรียนรู้โดย ใช้แบบจำลอง เป็นฐานร่วมกับ แผนผัง มโนทัศน์	กิจกรรมการจัดการ เรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	แลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกัน และกันเพื่อสร้าง แบบจำลองที่ดีที่สุดและ สอดคล้องกับแบบจำลอง ทางวิทยาศาสตร์		
ขั้นที่ 4 การขยาย แบบจำลอง (Elaborating model)	4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้ แบบจำลองที่ผ่านการ ดัดแปลงแก้ไขมาอธิบาย สถานการณ์หรือโจทย์ ปัญหาอื่น ๆ ทำให้ผู้เรียน เชื่อและเข้าใจแบบจำลอง ที่ตนสร้างขึ้นหรือ แบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่า สามารถอธิบายหรือทำนาย เหตุการณ์อื่นได้หรือไม่	1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนตั้ง คำถาม เพื่อให้นักเรียน ตอบคำถามทั้งที่ถูกและผิด 2. ตั้งคำถามให้นักเรียน ประเมินแบบจำลอง	1. นักเรียนใช้แบบจำลองที่ ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมา อธิบายสถานการณ์อื่นหรือ โจทย์ปัญหาอื่น ๆ

4. การคิดเชิงระบบ

4.1 ความหมายการคิดเชิงระบบ

Arnold and Wade (2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่าการคิดเชิงระบบหมายถึงชุดของทักษะ การคิดวิเคราะห์หลากหลายรูปแบบที่ถูกประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อทำความเข้าใจ พยากรณ์ ปรับปรุง และควบคุมระบบ ให้ระบบทำงานตามหน้าที่ของตนและสร้างผลลัพธ์ที่พึงพอใจเพิ่มมากขึ้น

ชัยวัฒน์ ธีระพันธุ์ (2552) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึงการคิดแบบ ไม่แยกส่วน คิดแบบองค์รวม คิดเห็นสรรพสิ่งทั้งหลายเป็นอนิจจัง มีขึ้นมีลง มีดีมีชั่ว เห็นว่าตนเป็นส่วนหนึ่งของปัญหา

มาเรียม นิลพันธ์ (2553) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึงการคิดเชื่อมโยง องค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นขั้นตอนหรือเป็นกระบวนการอย่างต่อเนื่องและแต่ละองค์ประกอบนั้น จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่กำหนด

ทิตินา แคมมณี (2561) ได้ให้ความหมายว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึงการจัดระบบด้วย วิธีการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การจัดองค์ประกอบของระบบในกรอบแนวคิดของตัวป้อนกระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต ข้อมูลป้อนกลับ และนำเสนอผลของระบบนั้นในรูปแบบของระบบที่สมบูรณ์

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2562) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึงพฤติกรรม การรู้คิดโดยยึดทฤษฎีระบบเป็นหลักในการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรม การปฏิสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในขอบเขตของระบบ ทำให้เข้าใจลักษณะองค์รวมทั้งหมดของระบบ และอธิบาย ทำนาย ปรับปรุง และควบคุมระบบดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถมองเห็น ภาพรวมทั้งหมดและรายละเอียดย่อย ๆ ของเรื่องราวประเด็นปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงระบบ หมายถึงความสามารถของบุคคล ที่แสดงออกถึงการพิจารณาปัญหาต่างๆ ทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ คำนึงถึง กระบวนการคิดในเชิงองค์รวม มีลำดับขั้นตอน มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ เข้าใจ ในกระบวนการความสัมพันธ์ จนนำไปสู่การไขปัญหาที่สมบูรณ์มากที่สุด โดยใช้วิธีคิดหลาย ๆ แบบขึ้นอยู่กับสถานการณ์

4.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ

Peter M. Senge (1990) ผู้ก่อตั้งและผู้อำนวยการของ Center for Organization Learning แห่ง MIT Sloan School of Management ได้นำทฤษฎีกระบวนการระบบ (System Theory) มา ประยุกต์ใช้กับการบริหารและการเสริมสร้างภาวะผู้นำ Peter M. Senge ได้เขียน

หนังสือ The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization ที่นำเสนอแนวคิด และทฤษฎี การพัฒนาองค์การเรียนรู้ (Learning Organization) ซึ่งประกอบไปด้วย 5 องค์ความรู้ 1. การพัฒนาตนเองเพื่อบรรลุเป้าหมาย (Personal Mastery) 2. แบบจำลองความคิด (Mental Models) 3. การมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน (Shared Vision) 4. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นทีม (Team Learning) 5. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

Lunenberg and Ormstien (1996) ได้เสนอแนวคิดในมุมมองเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบ ว่ามีอยู่ 5 ประการคือ

1. แหล่งทรัพยากร (sources) หมายถึง แหล่งทรัพยากรต่าง ๆ สำหรับปัจจัยแต่ละปัจจัยที่นำเข้าสู่ระบบ ซึ่งในข้อนี้ Lunenberg and Ormstien ได้ระบุองค์ประกอบที่แตกต่างจาก Smith โดยเสนอว่า สิ่งแวดล้อม (environment) ที่อยู่ล้อมรอบองค์การ ซึ่งประกอบด้วย สังคมการเมือง และแรงกดดันจากระบบเศรษฐกิจ เป็นองค์ประกอบแทนที่ แหล่งทรัพยากร ของ Smith
2. ปัจจัย (inputs) หมายถึง แหล่งของวัตถุดิบหรือปัจจัย แต่ละปัจจัยที่นำเข้าสู่ระบบซึ่งจะมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงาน และผลผลิตที่ได้รับตามลำดับต่อไป
3. กระบวนการ และการแปรสภาพ (process and transformation) หมายถึง กรรมวิธีในการแปรสภาพวัตถุดิบ หรือปัจจัยนำเข้าไปสู่ผลผลิตที่ต้องการ กระบวนการที่มีประสิทธิภาพจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม
4. ผลผลิต (outputs) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ออกมาจากกระบวนการของระบบ และเข้าไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ระบบ ซึ่งอาจจะออกมาในรูปข่าวสาร พลังงาน หรือข้อมูล สารสนเทศ ทั้งที่เป็นรูปธรรม และนามธรรม
5. ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) หมายถึง สารสนเทศที่ได้มาจากการดำเนินงานของระบบ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อการเลือกปัจจัยนำเข้ากระบวนการ และผลผลิตต่อไปในอนาคต

Anderson and Johnson (1997) เขียนหนังสือชื่อ "Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops " ปี 1997 ซึ่งแปลเป็นภาษาไทย “การคิดเชิงระบบ: เครื่องมือจัดการความซับซ้อนในโลกธุรกิจ “ แปลโดยวิทยา สุหฤตดำรง และศิริศักดิ์ เทพจิต ได้กล่าวถึงลักษณะเฉพาะของการคิดเชิงระบบแสดงออกมาโดยหลักการเหล่านี้.

- เป็นการคิดที่มอง "องค์รวม"
- การคิดที่มองผลที่สมดุลทั้งระยะสั้นและระยะยาว
- การคิดที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

- การคิดที่ให้ความสำคัญกับทุกส่วนที่ประกอบกันเป็นภาพรวม ซึ่งได้กล่าวใน รายละเอียดดังนี้

การคิดที่มององค์รวม หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่แสดงออกถึงการคิดที่มองปัญหา หาสาเหตุ และย้อนกลับไปจากจุดที่เกิดปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน (Step by step) แต่เนื่อง (Continues) คิดให้ตลอด (Break Through) คิดให้ครบจนบรรลุวัตถุประสงค์ และหาสาเหตุของปัญหาที่เกี่ยวข้องมาจากส่วนอื่นๆ อย่างรอบคอบ รอบด้าน

การคิดที่มองผลที่สมดุลทั้งระยะสั้นและระยะยาว หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์งานในระยะเวลาที่เหมาะสม พิจารณาทางเลือกในการแก้ปัญหา โดยสร้างการตัดสินใจด้วยความคิดแรกแล้วแตกแขนงออกไป เพื่อพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสม อันจะส่งผลต่อไปในอนาคต สาเหตุกับผลลัพธ์ไม่อยู่ใกล้กัน มีมิติของระยะทางและเวลา มีการสร้างความคิด หรือมุมมองที่หลากหลาย เป็นการสร้างความสำเร็จและให้ความสนใจกับทุกส่วนของปัญหา สามารถพิจารณาและเปรียบเทียบสิ่งต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาเพื่อหาคำตอบเกี่ยวกับเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและส่งผลกระทบต่อไปในอนาคต

การคิดที่ใช้ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลที่แสดงถึงการยอมรับและใช้ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงระบบทั้งที่เป็นตัวเลข และไม่เป็นตัวเลข เป็นการแยกแยะและเจาะลึกลงไปในองค์ประกอบและขอบเขตต่างๆ ของปัญหาว่า สามารถจะดำเนินการให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการแก้ปัญหา เป็นการตรวจสอบวิธีคิดที่เป็นอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบทางความคิดที่ตายตัว ต้องมีการรวบรวมข้อมูล (Gathering) ให้สอดคล้องกับเรื่องที่คิด และเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการตัดสินใจ ดำเนินการต่อไป

การคิดที่ให้ความสำคัญกับทุกส่วนที่ประกอบกันเป็นภาพรวม หมายถึง ความสามารถในการคิดของบุคคลที่ให้ความสำคัญกับทุกๆ ระบบว่ามีส่วนสนับสนุนหรือขับเคลื่อนระบบ เพื่อให้งานหรือกิจกรรมในภาพรวมบรรลุผล สามารถระบุได้ว่าปัจจัยใดยังบกพร่องและเป็นปัญหา ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญนำไปสู่การแก้ไขในส่วนที่เป็นปัญหา

O'Connor & McDermott (2001) ได้เขียนหนังสือชื่อ The Art of Systems Thinking เป็นการเปิดประตูสู่การพัฒนา รูปแบบการคิด (mental models) วิธีคิดและวิธีเขียนแม่แบบในระบบ (systems archetypes) อย่างง่าย ๆ ที่จะช่วยให้ทุกคนเข้าใจตนเอง เข้าใจผู้อื่น เข้าใจระบบ และเข้าใจในความเป็นไป ของโลก อันจะทำให้ทุก ๆ คน และทุกองค์การได้ก้าวสู่ความเป็นเลิศ ในองค์การเรียนรู้ ได้ให้ความหมายของ “ระบบ” ไว้ว่า คือ “การดำรงอยู่ คงไว้ได้ทั้งหมดด้วย

การทำงานของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเป็นตัวอย่างที่เห็นได้อย่าง ชัดเจนอันหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย หลาย ๆ อวัยวะมาอยู่ร่วมกัน ทำหน้าที่สัมพันธ์กัน...” และแก่นแท้ของระบบ คือ การอยู่ดำรงคงไว้ได้ ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ต่างกัน ทำหน้าที่ปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง และได้ให้ความหมายการคิดเป็นระบบเป็นการคิดในลักษณะเป็นวงมากกว่าที่จะเป็นเส้นตรง การเชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ จะก่อให้เกิดวงจรการป้อนกลับของระบบมาอยู่ที่จุดเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง โดยข้อมูลนั้น ก็จะมีอิทธิพลต่อขั้นตอนต่อไปในพฤติกรรมของระบบ

ปิยนถ ประยูร (2548) นำเสนอแนวคิดสำคัญของวิธีคิดเชิงระบบ ซึ่งสามารถ นำไปปฏิบัติได้ เป็นกฎ 5 ข้อ ของวิธีคิดเชิงระบบหรือการคิดแบบองค์รวม ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ คือการคิดเชิงเครือข่าย (Networks) สามารถนำองค์ประกอบของระบบต่าง ๆ มาเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันได้ การเชื่อมโยงเครือข่ายของระบบนั้น เป็นคุณสมบัติของระบบที่มีชีวิต ซึ่งทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบเครือข่าย การคิดเชิงระบบ จึงต้องมองเห็นถึงความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันภายในระบบนั้น

2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนกันในระบบใหญ่ยังมีระบบย่อยลงมาเป็นชั้น จะเห็นได้ว่าระบบซ้อนระบบนั้นมีความเชื่อมโยงกันหมด การที่จะเข้าใจสิ่งใดได้จึงต้องเห็นความเชื่อมโยงนั้น นอกจากความสัมพันธ์เชื่อมโยงแล้ว ระบบยังมีการซ้อนกันเป็นชั้นและเชื่อมโยงต่อกัน สามารถส่งผลกระทบถึงกันหมด เพียงจะกระทบมากหรือน้อยไม่เท่าเทียมกัน

3. การคิดเชิงระบบ คือการคิดแบบสัมพันธ์กับบริบท คิดถึงสัมพันธ์ภาพระหว่างตัวเรากับระบบสิ่งแวดล้อมต้องทำความเข้าใจกับสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบสิ่งนี้ เพื่อที่จะสามารถทำความเข้าใจ หรือวิเคราะห์คุณสมบัติของสิ่งนั้นหรือระบบนั้นได้อย่างถูกต้อง การวิเคราะห์คุณสมบัติของบริบท ก็เพื่อให้เข้าใจระบบทั้งหมด แต่เลือกวิเคราะห์ว่าบริบทไหนจำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ แล้วตัดบริบทที่ไม่จำเป็นออกไปบ้าง เพื่อให้ขอบเขตการวิเคราะห์นั้นชัดเจนขึ้น

4. การคิดเชิงระบบจะต้องจับความสัมพันธ์หรือการปฏิสัมพันธ์ให้ได้ หัวใจอยู่ที่การเชื่อมความสัมพันธ์ป้อนกลับ (Feedback) ระหว่างองค์ประกอบหรือส่วนต่าง ๆ เส้นแห่งความสัมพันธ์สำคัญมาก เพราะหากเป็นวิธีคิดแบบกลไกหรือคิดแบบแยกส่วนจะทำให้มองเป็นปัญหาคือปัญหาแล้วแก้ให้ตรงจุด เช่น ถ้าจะแก้ปัญหาความยากจน วิธีคิดแบบกลไกก็จะแก้ที่ความยากจน คือการมองไปที่เส้นความสัมพันธ์ พบว่ามีเรื่องวัฒนธรรมถูกทำลาย คนหันไปหาวัฒนธรรมใหม่ ซึ่งนำไปสู่การทำลายสิ่งแวดล้อมและนำไปสู่คุณภาพชีวิตที่ลดลงทำให้คนทำมาหากินลำบากขึ้น สิ่งตามมาคือปัญหาสังคมและปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามีไม่พอ การแก้ปัญหาด้วยการทำให้คน

มีการศึกษามากขึ้น แก่เรื่องระบบนิเวศไม่ให้อุณหภูมิทำลายซึ่งสำคัญมาก การมองต้องมองให้เห็นเส้นทางความสัมพันธ์นี้ว่ามีความสำคัญมากกว่าตัวปัญหาเอง

5. วิธีคิดเชิงระบบ คือการคิดอย่างเป็นกระบวนการระบบที่มีชีวิตจะมีการเคลื่อนไหว ไม่หยุดนิ่ง มีการเติบโต มีพัฒนาการ มีวิวัฒนาการ โครงสร้างของระบบที่มีชีวิตจึงไม่เคยแยก ออกจากกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการพัฒนา กระบวนการเรียนรู้ กระบวนการเติบโต กระบวนการเป็นหลักเกณฑ์สำคัญของการอธิบายระบบ กระบวนการระบบนั้นอยู่ในกิจกรรมของระบบ อยู่ในองค์ประกอบของระบบ ดังนั้นกระบวนการจึงช่วยให้การเชื่อมโยงของส่วนประกอบต่าง ๆ ต่อเนื่องกันจากกันไม่ได้ และกระบวนการเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เราเข้าใจระบบมากขึ้นได้ คุณสมบัติของวิธีคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) มีวิธี ดังนี้

1. ระบบเปิด โดยเฉพาะระบบที่มีชีวิตเป็นองค์รวมของส่วนประกอบต่าง ๆ คุณสมบัติ ของระบบนั้นที่แสดงคุณภาพหรือคุณลักษณะรวม ไม่สามารถจะยกหรือแยกส่วน (Reduction) ไปสู่ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบแต่ละชิ้นได้

2. ระบบต่าง ๆ จะซ้อนกันเป็นลำดับจากระบบใหญ่มาเป็นระบบย่อย จากระบบย่อย

3. วิธีคิดเชิงระบบ เป็นวิธีคิดที่เชื่อมโยงกับบริบท (Context) หรือสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบสิ่งนั้น เราจะไม่สามารถเข้าใจหรือวิเคราะห์คุณสมบัติของสิ่งนั้นหรือระบบนั้นได้อย่างถูกต้องว่าไม่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับบริบทรอบตัวระบบนั้น แต่ขณะเดียวกันก็มีการขีดเส้นแบ่งระหว่างระบบและบริบทด้วย

4. เป็นวิธีคิดที่เป็นเครือข่ายของความสัมพันธ์เชื่อมโยง ไม่ได้อยู่อย่างโดด ๆ แยกส่วน และหัวใจอยู่ที่การเชื่อมสัมพันธ์ย้อนกลับ (Feedback) ระหว่างองค์ประกอบหรือส่วนต่าง ๆ

5. วิธีคิดเชิงระบบ คือ การคิดอย่างเป็นกระบวนการ (System Thinking is a Process of Thinking)

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2562) ได้กล่าวถึงทฤษฎีระบบว่า หมายถึง แนวคิดหรือกฎที่เป็นศาสตร์ในการศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นองค์รวมทั้งหมด (Whole) โดยเชื่อว่าระบบต่าง ๆ เกิดขึ้นจากองค์ประกอบตั้งแต่ 2 ส่วนขึ้นไป องค์ประกอบแต่ละส่วนมีคุณสมบัติ เป้าหมาย พฤติกรรม และหน้าที่ของตนเอง การมีความสัมพันธ์ การปฏิสัมพันธ์ต่อกัน และกันระหว่างองค์ประกอบทั้งหมด เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดสภาวะองค์รวมทั้งหมดของระบบ

สภาวะองค์รวมทั้งหมดมีคุณสมบัติ มีเป้าหมาย มีพฤติกรรม และหน้าที่แตกต่างไปจากคุณสมบัติเป้าหมาย พฤติกรรม และหน้าที่ขององค์ประกอบแต่ละส่วนที่มีในระบบทั้งหมด

สรุปได้ว่า แนวคิดการคิดเชิงระบบเป็นการคิดแบบองค์รวม จากองค์ประกอบ 2 ส่วนขึ้นไป มีความเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ของเหตุและผลมองเห็นถึงโครงสร้างที่อยู่ภายใน ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกัน เกิดความสัมพันธ์เชิงลึก เน้นการคิดแบบกระบวนการ ทำหน้าที่ปฏิสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง เป็นการคิดในลักษณะวงกลมมากกว่าเส้นตรง เชื่อมต่อระหว่างส่วนต่าง ๆ จนก่อให้เกิดวงจรป้อนกลับของระบบมายังจุดเริ่มต้น

4.3 ประโยชน์ของการคิดเชิงระบบ

ปิยนถ ประยูร (2548) กล่าวถึงประโยชน์ของความคิดเชิงระบบไว้ว่า เมื่อใช้ความคิดเชิงระบบแล้ว เราจะเห็นอะไรบ้าง

1. เราจะเห็นว่าคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว มีการกระทำที่เต็มไปด้วยศักยภาพแตกต่างหลากหลาย บางปฏิบัติการทำให้เราบรรลุเป้าหมายอันพึงปรารถนาแต่บางการกระทำก็ทำให้เกิดผลข้างเคียงที่คาดไม่ถึง หรือไม่ได้ตั้งใจ ไม่น่าปรารถนา หรือเรียกว่า Side effects ดังนั้น ศิลปะของความคิดเชิงระบบ จึงครอบคลุม “การเรียนรู้เพื่อให้เห็นและรู้จัก” ว่าความเป็นไปได้ที่เรา จะทำนั้นมันสามารถแตกแขนงออกไปได้ ทำให้เราต้องสนใจพิจารณาถ่วงถ่วงและเลือกมัน

2. เราจะเห็นว่าเราไม่สามารถแบ่งข้างออกเป็นครึ่งตัวได้ ระบบเปรียบเสมือนช้างทั้งตัว เราต้องมองเห็นภาพรวม เพราะการที่เราจะได้ผลลัพธ์ที่ดีจากระบบซับซ้อนนั้น ขึ้นอยู่กับการนำเอา มิติหลายแง่มุมออกมาให้เห็นให้มากที่สุด โดยธรรมชาติของ Systems thinking จะชี้ให้เราเห็นการพึ่งพาอาศัยกันและกัน และความจำเป็นที่ต้องร่วมมือกัน ดังนั้น เมื่อเราทำงานต่อไป จำเป็นต้องหาสมาชิกใหม่มาเพิ่มโดยเฉพาะคนที่เคยคิดว่าเขาเป็นฝ่ายตรงกันข้าม น่าจะเข้ามาร่วม เป็นฝ่ายเดียวกับเราได้

3. เราจะเห็นว่าสาเหตุและผลลัพธ์จะไม่อยู่ใกล้กัน ไม่ว่าจะเป็นมิติด้านกาลหรือเทศะเราต้องวิ่งไปดูสายธารแห่งการเปลี่ยนแปลงทั้งที่ตื้นน้ำและปลายน้ำ เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงให้ได้ การปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งละเอียดอ่อนที่สุด จึงไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว เพราะบางครั้งอาจใช้ความสงบสยบเคลื่อนไหว แต่บางครั้งเราอาจจะพบว่าจุดลานวัดที่ดีที่สุดมาจากเรื่องราวของบุคคล หรือทรัพยากรที่นอกเหนือความคาดหมาย

4. เราจะเห็นว่าเรามีข้าวทั้งจานที่จะกินไม่หมด แต่เรากินได้ที่ละคำ เรื่องที่ยากและซับซ้อนก็เช่นกัน เราไม่สามารถจะจัดการให้เสร็จในทันทีทันใด และต้องอดทนเพื่อจะทำให้สำเร็จตามจังหวะไป

5. เราจะเห็นว่าเราต้องระวางการคิดแบบเดินทางตรง เพราะมักพาเราลงเหวบ่อยครั้ง หนทางและวิธีการที่เราคิดและวิธีการที่เราคิดว่าเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด เดินสะดวกที่สุด จะสร้างปัญหาหาติดตามมาอย่างมากมาย ชนิดที่เราคาดไม่ถึงเลยทีเดียว

6. เราจะเห็นว่าพฤติกรรมของระบบจะแย่งก่อนที่จะดีขึ้น Jay Forrester เป็นปรมาจารย์ แห่งนักคิดเชิงระบบรุ่นแรก ๆ เรียกระบบพลวัตว่าเป็นวิทยาศาสตร์ของความทุกข์แบบใหม่ เพราะมันชี้ให้เราเห็นจุดอ่อนของความเข้าใจที่จำกัดและความเย็นเฉียบของส่วนต่าง ๆ ในแต่ละวัน เป็นเหตุให้เห็นปัญหา เพราะทำให้คนเรียนมองเห็นปัญหาที่เมื่อก่อนไม่สามารถนำมาถกได้ ปรากฏออกมาให้เห็น ซึ่งมีผลกระทบต่อตัวเรา ให้เราตระหนักว่าวิธีคิดเก่าคือตัวสร้างปัญหา ความตื่นและตระหนักฉับนี้ จะสร้างความสำนึกที่เป็นพลังทวีคูณในตัวของเขาจนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพ

สมจิต การ์ดเสนา (2553) ได้สรุปประโยชน์ของ การคิดเชิงระบบไว้ในทำนองเดียวกัน ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบช่วยให้เกิดความคิดในภาพรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. การคิดเชิงระบบช่วยให้เกิดการประสานความร่วมมือกับบุคคลอื่น
3. การคิดเชิงระบบสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเป็นกระบวนการและเป็นระบบ
4. สามารถแก้ปัญหาข้อขัดแย้งที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. การคิดเชิงระบบช่วยให้มองเห็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยการเชื่อมโยงติดต่อกัน

สรุปได้ว่า การคิดเชิงระบบช่วยให้ เกิดความเข้าใจในปัญหาในภาพรวม และสามารถเข้าใจถึงประเด็นย่อย ๆ ของปัญหา จนสามารถ คิดค้นวิธีการแก้ไขปัญหาได้ โดยคำตอบที่ได้อาจจะไม่มีเพียงคำตอบเดียว แต่ก็สามารถเลือกวิธีการ ในการจัดการกับปัญหานั้นได้

4.4 เครื่องมือของการคิดเชิงระบบ

มนตรี แยมกสิกร (2546) ได้กำหนดเครื่องมือการประเมินกระบวนการคิดเชิงระบบ โดยใช้แบบตรวจวัดกระบวนการคิดเชิงระบบและกำหนดระดับการให้คะแนน 3 ระดับ (Rubric Score) ดังนี้

- 1 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้เล็กน้อย
 - 2 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้ในระดับปานกลางหรือระดับผ่าน
 - 3 หมายถึง แสดงพฤติกรรมดังกล่าวได้ในระดับมากหรือระดับดี
- โดยกำหนดพฤติกรรมที่สะท้อนถึงกระบวนการคิดเชิงระบบ ดังนี้

1. สังเคราะห์สถานการณ์

- 1.1 แนวทางในการตอบมีประเด็นถูกต้องเหมาะสมตามประเด็น 80 %
- 1.2 แนวทางในการตอบมีประเด็นถูกต้องเหมาะสมตามประเด็น 50 %
- 1.3 แนวทางในการตอบมีประเด็นถูกต้องเหมาะสมน้อยกว่า 50 %

2. การจัดระเบียบความคิด

- 2.1 มีวิธีการจัดแบ่ง แยกแยะ จัดกลุ่ม เรียงลำดับองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างชัดเจน
- 2.2 มีวิธีการจัดแบ่ง แยกแยะ จัดกลุ่ม เรียงลำดับองค์ประกอบต่าง ๆ

มีความชัดเจน เป็นส่วนใหญ่ แต่ยังมีบางส่วนขาดความชัดเจน

- 2.3 ขาดแหล่งอ้างอิง ข้อมูลขาดความสมบูรณ์เป็นส่วนใหญ่

3. ความสมเหตุสมผลของการคิด

- 3.1 มีความสมเหตุสมผลระหว่างเหตุกับผลในทุกกรณี
- 3.2 มีความสมเหตุสมผลระหว่างเหตุกับผลบางกรณี (เป็นส่วนน้อย) ที่ยังขาดความ

ชัดเจน

- 3.3 ขาดความสมเหตุสมผลระหว่างเหตุกับผลในทุกกรณีหรือเป็นส่วนใหญ่

4. เป้าหมายของการคิด

- 4.1 ประเด็นเนื้อหาของการคิดทิศทางที่ชัดเจน
- 4.2 ประเด็นเนื้อหาของการคิดมีทิศทางบ้าง แต่ยังมีบางประเด็นที่ขาด
- 4.3 ประเด็นเนื้อหาของการคิดยังไม่มีทิศทางกลับสน

- 5.ความต่อเนื่องของความคิด

- 5.1 การเชื่อมโยงประเด็นย่อยเข้าด้วยกันเป็นวงจรต่อเนื่องครบวงจรกลมกลืน

เป็นอย่างดีชัดเจน

- 5.2 การเชื่อมโยงประเด็นย่อยเข้าด้วยกันเป็นวงจรต่อเนื่องครบวงจรยังขาดความกลมกลืน หรือยังขาดความชัดเจนเป็นบางส่วน

5.3 การเชื่อมโยงประเด็นเข้าด้วยกัน ยังไม่เป็นวงจรต่อเนื่องครบวงจรและ/หรือขาดความกลมกลืนและขาดความชัดเจน

6. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรสาเหตุ

- 6.1 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด
- 6.2 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย
- 6.3 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนมาก

7. ระบุลักษณะวงจรสาเหตุ

- 7.1 ระบุวงจรสาเหตุถูกต้องทั้งหมด
- 7.2 ระบุวงจรสาเหตุถูกต้อง แต่ไม่ทั้งหมดหรือไม่ระบุเลย
- 7.3 ระบุวงจรสาเหตุผิดหรือไม่ระบุเลย

8. การออกแบบโครงสร้างวงจรสัมพันธ์

- 8.1 วงจรสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิด เข้าใจง่าย โครงสร้างถูกต้อง
- 8.2 วงจรสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิด เข้าใจยาก โครงสร้างบางส่วนแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง
- 8.3 วงจรสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิด ไม่สามารถสื่อสารความคิดได้ โครงสร้างผิดพลาดหรือเป็นส่วนใหญ่

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2553) ได้กำหนดเกณฑ์เครื่องมือในการให้คะแนนพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในกระบวนการคิดเชิงระบบไว้ ดังนี้

1. ระบุตัวแปรที่เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่องกับปัญหา
 - 1.1 ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามถูกต้อง ชัดเจนครบทุกตัวแปรที่กำหนด ได้ 4 คะแนน
 - 1.2 ระบุตัวแปรที่มีลักษณะเป็นคำนามถูกต้องมากกว่าครึ่งหนึ่ง และยังมีบางตัวแปร กำหนดผิด ไม่มีลักษณะเป็นตัวแปร ได้ 3 คะแนน
 - 1.3 ระบุตัวแปรไม่ถูกต้องเลยหรือผิดเป็นส่วนมาก ได้ 2 คะแนน
 - 1.4 ไม่มีการระบุตัวแปรและผิดเป็นส่วนมาก ได้ 1 คะแนน
2. เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลา
 - 2.1 เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาได้ครบทุกตัวแปรและมีความสมเหตุสมผลเป็นไปได้อย่างสอดคล้องกับบริบทของเรื่องนั้น ได้ 4 คะแนน

2.2 เขียนกราฟแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาได้ไม่ครบทุกตัวแปร แต่ความสัมพันธ์ที่กำหนดไม่ถูกต้อง ขาดความสมเหตุสมผล เป็นไปได้หรือไม่สอดคล้องกับบริบทของเรื่องนั้น ได้ 3 คะแนน

2.3 เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาได้แต่ขาด ความสมเหตุสมผล ไม่เหมาะสมกับบริบทของเรื่องนั้นเป็นส่วนมาก ได้ 2 คะแนน

2.4 เขียนกราฟแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรกับระยะเวลาไม่ได้เลย หรือเขียนได้แต่ไม่ถูกต้องขาดความสมเหตุสมผล ไม่เหมาะสมกับบริบท ได้ 1 คะแนน

3. การใช้ตัวแปรสร้างแผนภาพวงจรสาเหตุ (Causal Loop Diagram: CLD)

3.1 สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ครบถ้วน และ/หรือเพิ่มเติม อย่างสมเหตุสมผล ได้ 3 คะแนน

3.2 สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยใช้ตัวแปรที่ระบุได้ไม่ครบถ้วนและ/หรือเพิ่มเติม อย่างไม่สมเหตุสมผล ได้ 2 คะแนน

3.3 สร้างแผนภาพวงจรสาเหตุโดยไม่ใช้ตัวแปรที่ระบุไว้เลยหรือใช้น้อยมาก ได้ 1 คะแนน.

4. การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในวงจรสาเหตุ

4.1 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้องทั้งหมด ได้ 4 คะแนน

4.2 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนน้อย ได้ 3 คะแนน

4.3 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผิดพลาดเป็นส่วนมาก ได้ 2 คะแนน

4.4 ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไม่ถูกต้อง ได้ 1 คะแนน

5. การระบุลักษณะวงจรสาเหตุ

5.1 ระบุวงจรสาเหตุถูกต้องทั้งหมด ได้ 2 คะแนน

5.2 ระบุวงจรสาเหตุผิดหรือไม่ถูกต้องเลย ได้ 1 คะแนน

6. การออกแบบโครงสร้างวงจรความสัมพันธ์

6.1 วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิดเข้าใจง่าย โครงสร้างถูกต้อง ได้ 3 คะแนน

6.2 วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิดเข้าใจยาก โครงสร้างบางส่วนแสดงความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง ได้ 2 คะแนน

6.3 วงจรความสัมพันธ์สามารถสื่อสารความคิด ไม่สามารถสื่อความคิดได้
โครงสร้าง ผิดหมดหรือเป็นส่วนใหญ่ ได้ 1 คะแนน

7. การวางแผนนำเสนอผลการคิดต่อที่ประชุมกลุ่ม

- 7.1 กำหนดขั้นตอนการนำเสนอที่สามารถเข้าใจและยอมรับได้ 3 คะแนน
- 7.2 กำหนดขั้นตอนการนำเสนอที่ไม่ชัดเจน ได้ 2 คะแนน
- 7.3 ไม่สามารถจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอของตนเองได้ชัดเจน
ได้ 1 คะแนน

8. จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอ

- 8.1 จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอครบถ้วน ได้ 3 คะแนน
- 8.2 จัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอไม่ครบ ได้ 2 คะแนน
- 8.3 ไม่มีการจัดเตรียมสื่อและสิ่งจำเป็นต่อการนำเสนอ ได้ 1 คะแนน

9. ปฏิบัติตามขั้นตอนการนำเสนอที่วางแผนไว้

- 9.1 ปฏิบัติตามขั้นตอนการนำเสนอที่วางแผนไว้ทุกขั้นตอน ได้ 3 คะแนน
- 9.2 ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้บางขั้นตอน แต่เป็นส่วนใหญ่
(2 > ร้อยละ 70) ได้ 2 คะแนน
- 9.3 ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ หรือปฏิบัติเป็นส่วนน้อย
(ไม่ถึงร้อยละ 30) ได้ 1 คะแนน

10. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มย่อย

- 10.1 มีส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งาน
ของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 80 ที่มีการนำเสนอ ได้ 3 คะแนน
- 10.2 มีส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งาน
ของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ ได้ 2 คะแนน
- 10.3 ไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการอภิปรายแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์
งานของเพื่อน หรือมีส่วนร่วมน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ ได้ 1 คะแนน

11. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของกลุ่มใหญ่

- 11.1 มีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งาน
ของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 80 ที่มีการนำเสนอ ได้ 3 คะแนน

11.2 มีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อน มากกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ ได้ 2 คะแนน

11.3 ไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการอภิปราย แสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์งานของเพื่อน หรือมีส่วนร่วมน้อยกว่าร้อยละ 50 ที่มีการนำเสนอ ได้ 1 คะแนน

12 การประเมินผลงานการคิดเชิงระบบ

12.1 สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอ ได้อย่างสมเหตุสมผล ในระดับที่เป็นตัวอย่างได้ได้ 3 คะแนน

12.2 สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอ ได้อย่างสมเหตุสมผล ในระดับพอใช้ได้ ได้ 2 คะแนน

12.3 สามารถสะท้อนและวิจารณ์ผลงานการคิดเชิงระบบของแต่ละกลุ่มที่นำเสนอ ได้อย่างสมเหตุสมผล ในระดับที่ยังไม่สมเหตุสมผล และยังมีจุดอ่อนมาก ได้ 1 คะแนน

13. พยายามแก้ปัญหา อุปสรรคในการคิด

13.1 ปรับเปลี่ยนวิธีคิดด้วยตนเอง เมื่อพบว่าแนวทางการคิดของตนเองไม่เหมาะสม ได้ 3 คะแนน

13.2 ทำตามที่คนอื่นเสนอแนะ เมื่อพบว่าแนวทางการคิดของตนเองไม่เหมาะสม ได้ 2 คะแนน

13.3 ไม่แก้ปัญหาหรือปรับเปลี่ยนใด ๆ เลย ได้ 1 คะแนน

14. ระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดของตน

14.1 แสดงความคิดเห็นวิพากษ์ชิ้นงานผลการคิดของตนเองทั้งที่เป็นจุดอ่อนและจุดแข็งอย่างมีเหตุผลยอมรับได้ ได้ 3 คะแนน

14.2 ระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดของตนเอง โดยไม่อธิบายรายละเอียด ได้ 2 คะแนน

14.3 ไม่สามารถระบุจุดอ่อนและจุดแข็งของวงจรการคิดที่ตนเองคิดขึ้นมาได้ หรือระบุได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้ 1 คะแนน

มกราพันธุ์ จุฑะรสก (2551) ได้กล่าวถึงการพัฒนาการคิดเชิงระบบมีหลายเครื่องมือ เช่น กระบวนการพื้นฐานของการคิดอย่างเป็นระบบการคิดเชิงระบบด้วยกระบวนการวิเคราะห์ระบบ ในแนวลึก การคิดเชิงระบบด้วยกระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การคิดเชิงระบบด้วยการป้อนกลับของเรื่องราว การคิดเชิงระบบด้วยวิธีการสอนโดยใช้กรณีศึกษา (Case Study) ซึ่งแต่ละแบบมีรายละเอียด ดังนี้

กระบวนการพื้นฐานของการคิดอย่างเป็นระบบ

ก่อนที่จะตอบคำถามจะคิดเป็นระบบได้อย่างไรต้องเข้าใจกระบวนการพื้นฐาน โดยตอบคำถามว่าระบบคืออะไร การที่จะเข้าใจคุณสมบัติของความเป็น “ระบบ” ต้องตอบคำถาม ต่อไปนี้ให้ได้ชัดเจนคือ สิ่งที่เราเห็น เป็น “กอง” หรือเป็น “ระบบ” หลักการพิจารณาคือ

1. "กอง" กับ "ระบบ" ประกอบด้วยสองส่วนหรือมากกว่าเสส แต่ความเป็นกอง เช่น กองข้าวสาร ไม่ว่าจะเอาออกหรือเพิ่มเข้าไป ก็ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในทางคุณภาพ แต่หากเป็นระบบ หากเราเอาบางส่วนออกไป มันจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น เอาแบตเตอรี่ออกจากรถยนต์ รถยนต์ไม่สามารถขับได้ ระบบร่างกายหากทำถูกตัดออกไปจากขา เท้านั้นก็ย่ำเดินไม่ได้

2. ความเป็นองค์รวม "เหนือกว่า" ความเป็นผลรวม ผลรวม หมายถึง “คุณสมบัติ” ของระบบรวมหรือ “คุณภาพ” ของระบบใหญ่ แตกต่างไปจากคุณสมบัติของส่วนย่อย การวัดคุณภาพของระบบใหญ่ ไม่ได้วัดจากปริมาณของส่วนย่อยที่เพิ่มเข้าไป เช่น คุณสมบัติของวงดนตรี การบรรเลงได้ ไพเราะไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนนักดนตรีในวงมากแต่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ ระหว่าง ผู้ควบคุมวงประสานกันกับนักดนตรี และระหว่างนักดนตรี ด้วยกันเอง

3. จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของระบบคืออะไร ระบบต่างๆ ล้วนมี จุดมุ่งหมายหรือเป้าหมายของตนในความสัมพันธ์กับระบบใหญ่ที่ตนเป็นส่วนหนึ่ง เช่นในระบบต่างๆ มีระบบครอบครัวอยู่ในระบบชุมชน อยู่ในระบบสังคม เป็นต้น

4. นักคิดอย่างเป็นระบบ (System Thinker) จะมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลเป็นวงจรที่สามารถวกกลับมาหากันได้ (feedback)

5. คำถามที่ต้องหาคำตอบเสมอ คือ สิ่งที่เราประสมนั้นจะเกิดครั้งเดียวหรือ พฤติกรรมของระบบจะทำให้เราเข้าใจว่า ความเป็นระบบเกี่ยวข้องกันทั้งหมด เช่น ระบบราชการ “มีการขึ้นต่อกันและกัน” การทำงานจะได้ผลต้องร่วมกันทำตามเป้าหมายที่กำหนด แต่การเรียนรู้วิธีคิด อย่างเป็นระบบต้องสนใจภาษาที่สื่อออกมา ดังนั้น พฤติกรรมของระบบ มิใช่เหตุที่เกิดครั้งเดียว เพราะ มีความเกี่ยวเนื่องของระบบย่อย

การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก หมายถึง การวิเคราะห์ระบบใดระบบหนึ่งทั้งระบบที่มีส่วนประกอบที่เป็นระบบย่อยซ้อนกันอยู่ เพื่อให้เห็นระดับความลึกของระบบที่ประกอบไปด้วย

- (1) ระดับปรากฏการณ์
- (2) ระดับแนวโน้มและแบบแผน
- (3) ระบบโครงสร้าง (Structure)
- (4) ระดับภาพจำลองของความคิด (mental model)

หากผู้วิเคราะห์ไม่ได้มีวิธีการวิเคราะห์ในแนวลึก 4 ระดับมาก่อน อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการด่วนสรุปปัญหาเฉพาะระดับปรากฏการณ์ ทำให้ปัญหาที่แท้จริงยังคงอยู่ไม่ได้ถูกแก้ไขเพื่อความเข้าใจพอสังเขป โดยมีความหมายในแต่ละระดับดังนี้

1. ระดับปรากฏการณ์ เหตุการณ์ที่ปรากฏในสังคมปัจจุบัน เช่น เหตุการณ์ความไม่สงบในภาคใต้ช่วงปีใหม่หรือช่วงสงกรานต์ เหตุการณ์ที่ปรากฏคืออุบัติเหตุรถชน เป็นต้น
2. ระดับแนวโน้มและแบบแผน แบบแผนพฤติกรรมของเหตุการณ์ คือสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่าหากแบบแผนเป็นเช่นนี้ ปรากฏการณ์จะเป็นเช่นไร แบบแผนจึงเหมือนการไหลของน้ำจะเห็นว่าบาง ช่วงแม่น้ำจะไหลวนหรือเปลี่ยนทิศทางได้เพราะมีหินหรือสิ่งกีดขวางอยู่ใต้น้ำมาปรับเปลี่ยนทางเดินของ น้ำ หินใต้น้ำจึงเปรียบเสมือนโครงสร้างซึ่งอยู่ในระดับถัดไป ส่วนแบบแผนการไหลของน้ำก็ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างนี้ ทำให้เราเห็นการไหลของน้ำว่ามีทั้งไหลเชี่ยวและไหลเรื่อยหรือววนเป็นบางช่วง การสังเกต แบบแผนของเหตุการณ์อีกอย่างหนึ่ง เช่น การจดบันทึกสถิติต่าง ๆ ของบุคลากรทางการแพทย์ และพยาบาล ความถี่ของการป่วยของโรคต่าง ๆ หรืออุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา สถิติเหล่านี้จะนำไปสู่ การวิเคราะห์แนวโน้มในอนาคตเพื่อที่จะวางแผนรองรับได้ ซึ่งเป็นการนำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงรุก
3. ระบบโครงสร้าง จากการอธิบายแบบแผนการไหลของน้ำเกิดจากโครงสร้างใต้น้ำ คือ หินความลาดชัน ความขรุขระ พื้นดินใต้น้ำ รวมไปถึงสิ่งที่เป็นกรอบกำหนดความคดเคี้ยว ดังนั้น โครงสร้างจึงเป็นตัวกำหนดแบบแผนพฤติกรรม และสิ่งที่แสดงออกมาให้เห็น เช่น การพัดถึง โครงสร้างของระบบราชการทำให้ข้าราชการทำงานไม่เต็มศักยภาพ อาจจะเป็นเพราะการทำงานภายใต้โครงสร้างที่มีกฎระเบียบมากมาย ไม่ยืดหยุ่น หรืออาจซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตาม บางหน่วยงาน โครงสร้างที่ดูภายนอกแล้วเหมือนกัน แต่ภายในอาจยืดหยุ่นต่างกัน
4. ระดับภาพจำลองความคิด วิธีคิดหรือแบบจำลองความคิด เกิดจากสัญญาณหรือโครงสร้างเป็นการเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ จากนั้นหล่อหลอมออกมาเป็นวิธีคิด เป็นเรื่องของความเชื่อ นิสัย และพฤติกรรมของบุคคล วิธีคิดของคนก็มีผลต่อโครงสร้างเช่นเดียวกัน

กระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล เป็นหลักการสำคัญของวิธีคิดอย่างเป็นระบบ คือความเชื่อมโยงของแต่ละองค์ประกอบในระบบนั้น พิจารณาว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร ซึ่งความเชื่อมโยง เรียกว่าเส้นสัมพันธ์ คำถามที่จะต้องตอบว่าส่วนประกอบของแต่ละองค์ประกอบนั้น ๆ เชื่อมโยงกันได้อย่างไร นักเรียนจะต้องเรียนรู้ในเชิงของระบบ (Learning as System) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ ทำให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงตนเอง อาศัยความรู้และประสบการณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องพิจารณาตนเองว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร เรียนรู้อะไร และครูจะรู้ได้อย่างไรว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้

โดยเฉพาะการ เปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล ดังนั้นเส้นสัมพันธ์จะต้องถูกนำมาใช้เพื่อให้ทั้งครู และนักเรียนได้เรียนรู้ความคิดของกันและกัน โดยใช้ความเป็นเหตุและเป็นผล เพราะวิธีคิดอย่างเป็น ระบบจะไม่มองข้ามความเป็นเหตุเป็นผล ไม่สนับสนุนให้เชื่อโดยไม่มีเหตุผล และเชื่อเพียงปรากฏการณ์ที่เห็น แต่สอนให้เข้าใจกับระบบด้วยเหตุและผล

การป้อนกลับของเรื่องราว เป็นการตอบสนองจากผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นการเชื่อมต่อ 2 ทาง (Two Way Link) การป้อนกลับเป็นแบบวงจรการคิดในลักษณะที่มีการป้อนกลับจึงเป็นเสมือนการคิดเป็นแบบวงกลม (Thinking in Circles) การค้นพบวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ซึ่งเป็นแนวคิด Cybernetics เกี่ยวกับการเชื่อมโยงของระบบในลักษณะการป้อนกลับจึงเป็นเสมือนการคิดเป็นแบบวงกลม (Thinking in Circles) การค้นพบวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) ซึ่งเป็นแนวคิด Cybernetics เกี่ยวกับการเชื่อมโยงของระบบในลักษณะที่แต่ละองค์ประกอบส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบถัดไปจนกระทั่งถึงองค์ประกอบสุดท้าย ป้อน ผลกระทบกลับ มาถึงองค์ประกอบแรกของระบบ เรียกว่าการป้อนกลับ เช่น สื่อมวลชน เมื่อสื่อสารไปยังผู้รับสารแล้วจะมีการป้อนกลับ จากผู้รับสารว่าเป็นอย่างไร การป้อนกลับซึ่ง เป็นการสื่อสาร 2 ทาง ในกระบวนการเรียนรู้ระหว่างครูและนักเรียนก็เช่นกัน เมื่อครูได้บรรยาย เนื้อหาให้กับนักเรียนแล้ว จำเป็นต้องให้นักเรียนป้อนกลับมามีความคิดเห็นอย่างไร การให้ข้อมูลป้อนกลับ จะช่วยประเมินการคิดของนักเรียนได้เป็นอย่างดี แต่ในสังคมไทยมักจะมีปัญหาในการกล้าแสดง ความคิดเห็นของนักเรียน ดังนั้นครูควรกระตุ้น สร้างบรรยากาศที่เป็นมิตรเพื่อให้นักเรียน กล้าแสดงความคิดเห็น และบอกกับนักเรียนเสมอว่าคำตอบที่ถูกต้องที่สุดไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว ดังนี้

1. วงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) วงจรป้อนกลับ จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือระหว่างสิ่งต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นทางเดียว (One Way) เพียงแต่การป้อนกลับไม่ได้ป้อนกลับอย่างเฉียบพลัน แต่อาจเป็นการป้อนกลับแบบเจียบ ๆ แล้วผลของการป้อนกลับก็จะมีผลแตกต่างกัน คำวิจารณ์ใด ๆ ที่มีอยู่ประจำในชีวิตนั้นจริง ๆ แล้วก็คือข้อมูลที่อยู่ในกระบวนการของการป้อนกลับ

2. การป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังทวีคูณ (Reinforcing Feedback) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการป้อนกลับของระบบได้เพิ่มขยายมากกว่าตอนต้น การขยายกำลังออกไป ในทิศทางเดียวกันยังมีการป้อนกลับมากขึ้นเท่าใดก็ทำให้ยิ่งขยายกำลังไปเรื่อย ๆ

3. การป้อนกลับแบบสมดุล (Balancing Feedback) เป็นการป้อนกลับตรงกันข้ามกับการป้อนกลับแบบเพิ่มกำลังทวีคูณ เพราะจะไม่ทำให้เกิดการบานปลาย แต่จะทำให้ผลกระทบน้อยลงและกลับคืนสู่สมดุลหรือเป็นการป้อนกลับแบบสมดุล

วิธีสอนโดยใช้กรณีศึกษา (Case Study)

การสอนโดยใช้กรณีศึกษา หมายถึง กระบวนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ให้ผู้เรียนได้ศึกษาเรื่องที่กำหนดไว้ อาจเป็นเรื่องที่สมมติขึ้นจากความเป็นจริง หรือเป็นเรื่องราวในสถานการณ์ปัจจุบันก็ได้ คำตอบและเหตุผลที่ผู้เรียนนำเสนอได้มาจากการอภิปรายร่วมกัน

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาจากการใช้มุมมองที่หลากหลาย โดยไม่ต้องรอให้เกิดปัญหาจริง ผู้เรียนจะได้คิดวิเคราะห์ และเรียนรู้ความคิดของตนเองและผู้อื่น ช่วยให้ผู้เรียนมีมุมมองที่กว้างขึ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ “การสอนโดยใช้กรณีศึกษา มิได้มุ่งเฉพาะคำตอบใดคำตอบหนึ่ง แต่ต้องการให้ ผู้เรียนเห็นคำตอบและเหตุผลที่หลากหลายจะนำมาซึ่ง การตัดสินใจที่รอบคอบยิ่งขึ้น เพื่อเป้าหมาย สุดท้ายคือ การคิดเป็นและคิดดี”

องค์ประกอบสำคัญของวิธีสอน

1. กรณีศึกษาที่คล้ายกับเหตุการณ์จริง
 2. มีประเด็นคำถามให้พิจารณาหาคำตอบ
 3. มีคำตอบที่หลากหลาย คำตอบที่ถูกต้องไม่มีเพียงคำตอบเดียว (คำตอบ ไม่มีผิดหรือถูกอย่างชัดเจน)
 4. มีการอภิปรายเกี่ยวกับสภาพการณ์ ปัญหา มุมมอง และวิธีแก้ปัญหา
- สรุปการเรียนรู้ที่ได้รับ

ขั้นตอนที่สำคัญของการสอน

1. เสนอกรณีตัวอย่าง (Case) โดยผู้สอน/ผู้เรียน
2. ผู้เรียนศึกษากรณีศึกษา
3. ผู้เรียนอภิปรายประเด็นคำถามเพื่อหาคำตอบ
4. ผู้เรียนอภิปรายคำตอบ
5. ผู้เรียนอภิปรายเกี่ยวกับปัญหา วิธีแก้ปัญหของผู้เรียนและสรุปการเรียนรู้ที่ได้รับ

Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2015) ได้รวบรวมบทความเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ ในชื่อว่า what is systems thinking? ได้กล่าวว่ามีเครื่องมือการคิดเชิงระบบมีอยู่มากมาย แต่ไม่ใช่ทั้งหมดที่เป็นพื้นฐาน โดยมีเกณฑ์ในการกำหนดว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานดังนี้ เครื่องมือนี้จะต้องใช้ได้กับระบบส่วนใหญ่อย่างกว้างขวางไม่ใช่หมวดหมู่ที่แคบ จะต้องอธิบายไว้ในงานเขียนการคิดเชิงระบบ เครื่องมือต้องใช้งานง่ายโดยไม่ต้องฝึกอบรม ต้องครอบคลุมแนวคิดอย่างน้อยหนึ่งข้อที่อธิบายไว้ข้างต้นภายใต้คำนิยามของการคิดเชิงระบบ ต้องอยู่ที่การทำความเข้าใจระบบที่มีอยู่แล้ว มากกว่าการออกแบบระบบใหม่ ซึ่งมีเครื่องมือ 8 รายการดังนี้ที่ตรงตามเกณฑ์

1. Systems Archetypes ในการคิดเชิงระบบ Archetypes โครงสร้างที่ก่อให้เกิดปัญหาซ้ำในหลายๆ ด้าน สถานการณ์ สภาพแวดล้อม และองค์กร
2. Behavior over Time Graphs คือ เวลาผ่านไปกราฟแสดงค่าของตัวแปรระบบที่เกี่ยวข้องในช่วงเวลาหนึ่ง
3. Causal Loops Diagrams with Feedback and Delays คือ การวาดแผนภาพไดอะแกรม และมีการป้อนกลับของเรื่องราว ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์ กระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล
4. Systemigrams มาจากคำว่า Systemic Diagram เป็นการอธิบายปัญหาระบบเป็นสตอรี่บอร์ด
5. Stock and Flow Diagrams (including Main Chain Infrastructures) คือระบบที่มักจะสะสมได้ เช่น ปริมาณทางกายภาพ ค่าไฟฟ้า จำนวนกระต่ายในสนาม เป็นต้น.
6. System Dynamics/Computer Modeling คือการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบในช่วงเวลาหนึ่ง
7. Root Cause Analysis คือการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก วิธีการแก้ปัญหาที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อระบุต้นตอของปัญหา หรือเหตุการณ์
8. Interpretive Structural Modeling (ISM) คือ กระบวนการตอบโต้โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยซึ่งพยายามระบุโครงสร้างของระบบ

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการพัฒนาการคิดเชิงระบบของ มกราพันธุ์ จุฑารส (2551) ทั้งหมด 3 ด้านได้แก่ 1. การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก หมายถึง การวิเคราะห์ระบบใดระบบหนึ่งทั้งระบบที่มีส่วนประกอบที่เป็นระบบย่อยซ้อนกันอยู่ เพื่อให้เห็นระดับความลึกของระบบ 2. กระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล เป็นหลักการสำคัญของวิธีคิดอย่างเป็นระบบ คือความเชื่อมโยงของแต่ละองค์ประกอบในระบบนั้น พิจารณาว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร 3. การป้อนกลับของเรื่องราว เป็นการตอบสนองจากผลของการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่ง เป็นการเชื่อมต่อ 2 ทาง (Two Way Link) การป้อนกลับเป็นแบบวงจร

4.5 การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงระบบ เป็นการกำหนดเกณฑ์หรือแนวทางในการวัดการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางและเกณฑ์การให้คะแนนจากการคิดเชิงระบบ เครื่องมือการวัดการคิดเชิงระบบ จากผลงานวิจัยทางการคิดเชิงระบบ ดังนี้

ศิริพร ภูยอดตา (2565) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการคิดเชิงระบบจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่ง กระบวนการคิดเชิงระบบที่มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การกำหนดประเด็นปัญหา 2) การระบุตัวแปร ที่เป็นปัจจัยเกี่ยวข้องกับปัญหา 3) การระบุความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และ 4) การสร้างแผนภาพ วงจรสาเหตุตามลำดับ โดยใช้เกณฑ์ของ มนตรี แยมกลสิกร (2546) และ บุญเลี้ยง ทุมทอง (2553) ที่ได้กำหนดระดับการให้คะแนน 3 ระดับ (1-3 คะแนน) ดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับการให้คะแนนองค์ประกอบการคิดเชิงระบบ

องค์ประกอบการคิด เชิงระบบ	ระดับการให้คะแนน		
	1	2	3
1. การกำหนด ประเด็นปัญหา	ระบุประเด็นปัญหา ไม่สัมพันธ์กับตัวแปร	ระบุประเด็นปัญหาได้ สัมพันธ์กับตัวแปร เล็กน้อย	ระบุประเด็นปัญหาได้ ครอบคลุมตัวแปร
2. การระบุตัวแปรที่ เป็นปัจจัยเกี่ยวเนื่อง กับปัญหา	ระบุตัวแปรไม่ถูกต้อง เลยหรือผิด เป็นส่วนมาก	ระบุตัวแปรที่มี ลักษณะเป็นคำนามได้ ถูกต้องมากกว่าครึ่ง	ระบุตัวแปรที่มี ลักษณะเป็นคำนามได้ ถูกต้องครบทุกตัวแปร
3. การระบุ ความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปร	ระบุความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรไม่ ถูกต้องทั้งหมด	ระบุความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร ผิดพลาดเป็นส่วนน้อย	ระบุความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรได้ ถูกต้องทั้งหมด
4. การสร้างแผนภาพ วงจรสาเหตุ	สร้างแผนภาพวงจร สาเหตุโดยไม่ใช้ตัว แปรที่ระบุไว้หรือใช้ น้อยมาก	สร้างแผนภาพวงจร สาเหตุโดยใช้ตัวแปร ได้ไม่ครบถ้วน หรือ เพิ่มเติมอย่าง ไม่สมเหตุสมผล	สร้างแผนภาพวงจร สาเหตุโดยใช้ตัวแปร ได้ครบถ้วน หรือ เพิ่มเติมอย่าง สมเหตุสมผล

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ช่วงคะแนน	ความสามารถในการคิดเชิงระบบ
0.00-4.00	น้อย
5.00-8.00	ปานกลาง
9.00-12.00	มาก

แบบวัดการคิดเชิงระบบเรื่องรอยเท้าพลาสติก

ให้นักเรียนเติมตัวเลขในช่องว่างในตาราง

Plastic Footprint (รอยเท้าพลาสติก)	
รอยเท้าพลาสติกของฉัน	Kg/year
รวมรอยเท้าพลาสติกของสมาชิก	Kg/year
การแปลผล	
รวมรอยเท้าพลาสติกของสมาชิกในห้อง	Kg/year
การแปลผล	

แล้วคำตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากข้อมูลข้างต้น นักเรียนสามารถกำหนดประเด็นปัญหาของสถานการณ์รอยเท้าพลาสติกนี้ได้ว่าอย่างไร

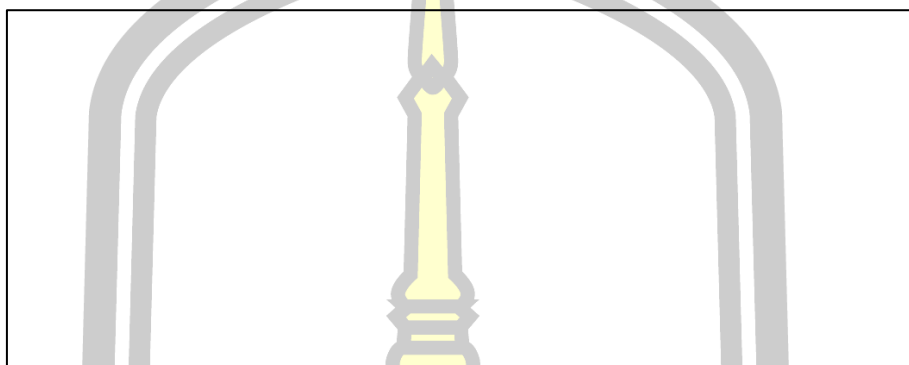
.....

2. ปัจจัยที่มีผลต่อประเด็นปัญหามีอะไรบ้าง

.....

3. ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเป็นอย่างไร

4. เขียนแผนภูมิจำลองเหตุและผล (Causal Loop Diagram: CLD)



นิยม กิมนววัฒน์ (2559) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยโครงสร้าง ของแบบวัดมุ่งวัดการคิดเชิงระบบที่มีองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบไว้ 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดประเด็นปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปัจจัยย่อย (ตัวแปร)

ขั้นตอนที่ 3 หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย

ขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์วงจรปัญหา

โดยลักษณะของแบบวัดคือ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ใช้วัดกระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ครอบคลุมความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ 4 ด้าน คือ กำหนดประเด็นปัญหา วิเคราะห์ปัจจัยย่อย หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยย่อย สังเคราะห์วงจรปัญหา

มีเกณฑ์การให้คะแนน คือให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูก และคะแนน 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด

ลักษณะของข้อคำถาม มีจำนวนข้อคำถาม 20 ข้อ ใช้เวลาในการตอบ 40 นาที มี 4 ตัวเลือก มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้

ส่วนที่ 2 ข้อสรุปที่มีความเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นการกำหนดตัวเลือก

เพื่อให้ผู้เรียนตัดสินใจเลือกคำตอบของข้อสรุปในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้ทักษะการคิดเชิงระบบในแต่ละด้าน ทั้ง 4 ด้าน แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย (x) ลงในช่อง ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ หรือ ง ในกระดาษคำตอบ

ตัวอย่างของแบบวัดกระบวนการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

อ่านข้อความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1- 4

ทรัพยากรดิน มีความสำคัญในการดำรงชีพของมนุษย์ ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ต้องใช้ดินเป็นปัจจัยหลัก การเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการใช้ที่ดิน เพื่อใช้ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เช่น การพัฒนาเมือง เขตอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ การนำพื้นที่ที่เหมาะสมทางการเกษตรมาใช้ในการขยายเมือง การนำพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตรมาใช้ในการเกษตร การใช้ประโยชน์จากที่ดินที่ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ การชะล้างพังทลายของดิน การตัดไม้ทำลายป่า ความแห้งแล้ง การปลูกพืชซ้ำซาก ทำให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน ซึ่งส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อเกษตรกร ปัญหาทรัพยากรดินของประเทศไทย สรุปได้ดังนี้ การพังทลายของดิน การเสื่อมโทรมของดิน การขาดความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินเป็นพิษจากสารเคมีปราบศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำแหล่งอาหารแหล่งผลิตแก๊สออกซิเจน เป็นการทำลายหน้าดินและปุ๋ยธรรมชาติ

ที่มา http://wiki.stjohn.ac.th/groups/poly_ordinarycourse/wiki/87adc/7_.html

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ข้อใดคือสาระสำคัญ

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ก. ดินเสื่อมสภาพ | ข. ประโยชน์ของดิน |
| ค. ปัญหาทรัพยากรดิน | ง. ความต้องการใช้ดิน |

เฉลย ค

2. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสาเหตุสำคัญจากข้อใด

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| ก. การเพิ่มขึ้นของประชากร | ข. การใช้สารเคมี |
| ค. การขยายเมืองและการเกษตร | ง. การปลูกพืชไม่ถูกวิธี |

เฉลย ก

3. จากสถานการณ์ดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อข้อใดมากที่สุด

- | | |
|---------------|--------------|
| ก. อุตสาหกรรม | ข. เกษตรกรรม |
| ค. อากาศ | ง. แหล่งน้ำ |

เฉลย ข

4. จากสถานการณ์ดังกล่าว น่าจะแก้ปัญหายังไร

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| ก. ใช้ดินให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ | ข. ใช้ดินให้เกิดประโยชน์มากที่สุด |
| ค. ใช้ดินให้น้อยที่สุด | ง. ปลูกพืชคลุมดิน |

เฉลย ข

ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2560) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ ของแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาจากข้อคำถามและสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบ ปรนัย 4 ตัวเลือก และอัตนัยพร้อมอธิบายเหตุและผล จำนวน 9 ข้อโดยใช้เครื่องมือของ มกราพันธุ์ จุฑารส (2551) วัดการคิดเชิงระบบ 3 ด้าน คือ ด้านการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก ด้านการคิด เชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล และด้านการป้อนกลับของเรื่องราว

ตัวอย่างเครื่องมือดังนี้

สถานการณ์

ในช่วงเดือนมีนาคม เกิดเหตุไฟลามทุ่งในอำเภอลำปาก จังหวัดนครพนม เป็นผลให้ไฟไหม้กระท่อมนา และป่าไม้ชุมชนเสียหายกว่า 1,000 ไร่ เจ้าหน้าที่และชาวบ้านร่วมกันระดมกำลัง เดินเท้าเข้าทำแนวป้องกันไฟ และดับไฟไหม้ครั้งนี้ ส่วนสาเหตุของไฟไหม้ครั้งนี้เชื่อว่า ชาวบ้านเผา ตอซังข้าว อีกทั้งสภาพอากาศในช่วงฤดูแล้ง และมีลมพัดแรงทำให้ไฟสามารถลุกลามได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศอีกด้วย

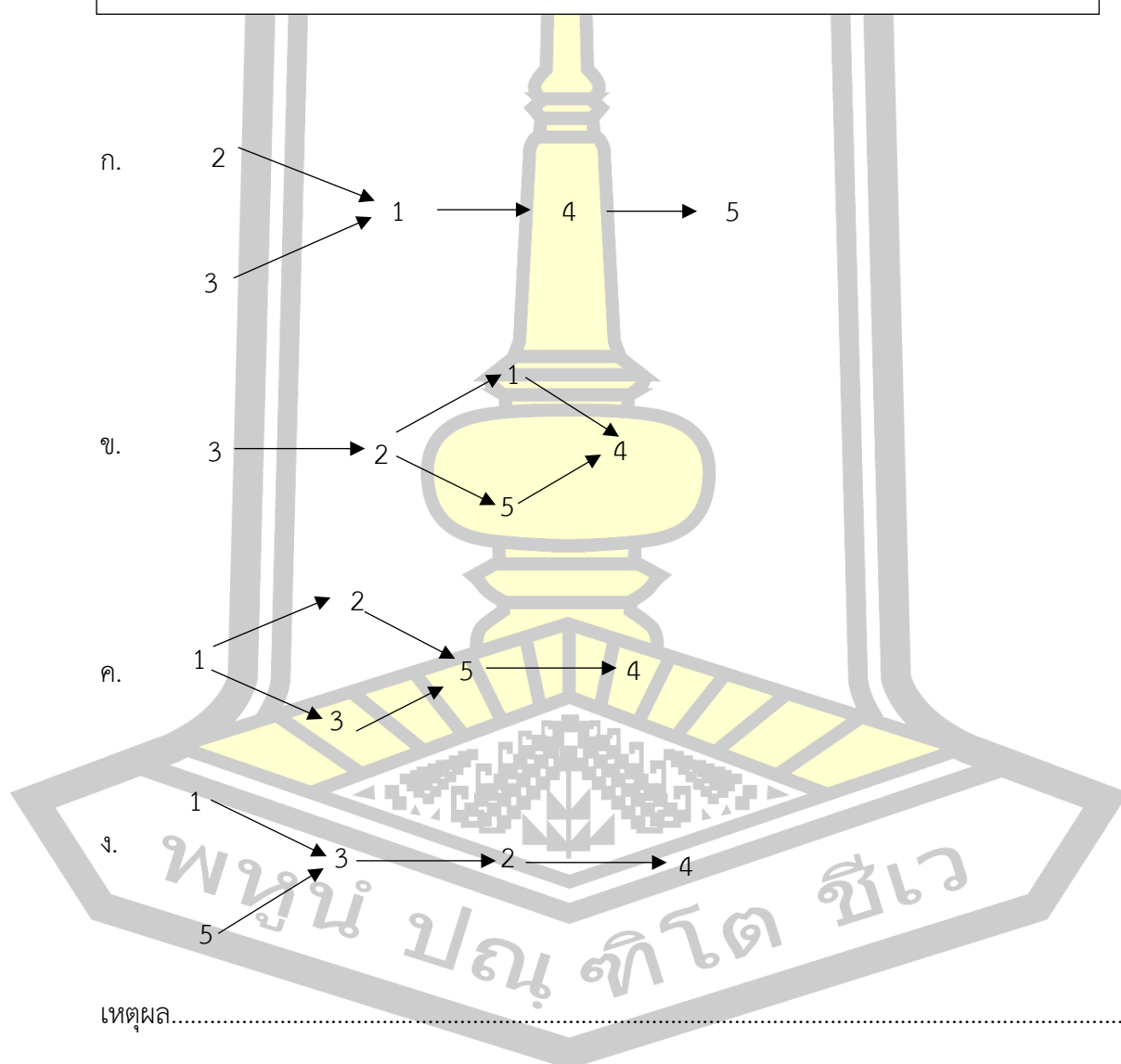
1. สถานการณ์ระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงปัญหาในข้อใดมากที่สุด
- ก. ความประมาทของชาวบ้านที่เผาตอซังข้าว
- ข. สภาพอากาศที่แล้ง และมีลมแรง
- ค. ขาดการสอดส่องดูแลจากเจ้าหน้าที่ และคนในพื้นที่
- ง. ประชาชนขาดความรู้ในการป้องกันไฟไหม้

เหตุผล.....

พณฺณ ปณฺ จิตฺ ชีเว

2. จากขั้นตอนการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ แผนภาพการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง คือข้อใด
ถ้าขั้นตอนในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์มีดังนี้

1. ให้ความรู้คนในพื้นที่ในการทำแนวป้องกันไฟ
2. นำตอซังข้าวมาเพิ่มมูลค่าเป็นปุ๋ย แทนการเผา
3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความรู้เกษตรกรเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่เหลือใช้ เช่น ประโยชน์ของตอซังข้าว
4. คนในพื้นที่ช่วยกันสอดส่อง เป็นหูเป็นตาในการเฝ้าระวังไฟไหม้



เหตุผล.....

.....

.....

9. ผลกระทบที่เกิดจากเหตุการณ์นี้ คือข้อใด

ก. หน้าดินถูกทำลาย และปริมาณสารอินทรีย์ในดินลดลง

ข. ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น

ค. ทำให้เกิดฝนกรดในบริเวณนั้น

ง. แร่ธาตุต่างๆ ในดินถูกทำลายอย่างรวดเร็ว

เหตุผล.....
.....
.....

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ

ส่วนที่ 1 คำถามปรนัย ข้อละ 1 คะแนน

ส่วนที่ 2 คำถามอัตนัย ข้อละ 2 คะแนน ดังเกณฑ์การให้คะแนนดัง ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับคะแนนรายการประเมิน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1) การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	เขียนอธิบายได้ชัดเจน ชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น	เขียนอธิบายแต่ยังไม่ได้ชี้ประเด็นปัญหาสำคัญ ขาดรายละเอียดปัญหา หรือมีแต่ปัญหารองที่ไม่ใช่ปัญหาหลัก ยังไม่สามารถมองระบบของปัญหาได้	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง
2) การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงขั้นตอนของปัญหา การแก้ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการแก้ปัญหา และผลกระทบที่เกิดขึ้น ตอบปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้น	เขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการ แต่ขาดความเชื่อมโยงความเป็นเหตุ และผล หรือขาดรายละเอียดหลักในการให้เหตุผลผลระหว่าง การเชื่อมโยง	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
	ผู้อ่านสามารถเข้าใจ กระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย		
3) การป้อนกลับ ของเรื่องราว	เขียนอธิบายการให้ผล สะท้อนตั้งแต่แบบ 2 ทาง ขึ้นไปได้ รวมถึง การป้อนกลับของวงจร การแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้น เป็นระบบเข้าใจง่าย	เขียนอธิบาย การสะท้อน ปัญหาได้ เพียงด้านเดียว หรือ 2 ด้าน ไม่แสดงให้ เหตุถึงกระบวนการ ผลลัพธ์ในการ ป้อนกลับของวงจรการ แก้ปัญหา	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

เกณฑ์การวัดการคิดเชิงระบบ

ระดับต่ำ มีคะแนนเฉลี่ย น้อยกว่าร้อยละ 50 ระดับ

ปานกลาง มีคะแนนเฉลี่ย ร้อยละ 50 – ร้อยละ 70

ระดับสูง มีคะแนนเฉลี่ย มากกว่าร้อยละ 70

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ โดยอ้างอิงแนวทางในการสร้างของ ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ (2560) ที่มีทั้งคำถามปรนัย และคำถามอัตนัย โดยผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การวัดคำถามแบบอัตนัย เนื่องจากเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดที่เป็นเหตุผล และเชื่อมโยงองค์ประกอบ ด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อคิดหาคำตอบให้สัมพันธ์กับแนวคิดการคิดเชิงระบบ เพื่อประเมินว่านักเรียนมี ความคิดเชิงระบบอยู่ในระดับใด โดยได้วัดจากแบบวัดมีลักษณะ เป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ต่อชุด โดยแต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อย่อย จำนวน 6 ข้อครอบคลุม 3 ด้านวัดการคิดเชิงระบบ โดยแบบอัตนัยวัดมี 3 ด้าน คือ

กระบวนการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก คือการที่ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น

กระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล คือการที่นักเรียนสามารถเขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ขั้นตอนของปัญหา การแก้ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการแก้ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ตอบปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้น ผู้อ่านสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย

การป้อนกลับของเรื่องราว คือการที่ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายการให้ผล สะท้อนตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปได้ รวมถึงการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้นเป็นระบบเข้าใจง่าย

5. พฤติกรรมในชั้นเรียน

สาริศา บุญแจ่ม (2557) ได้สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน ในด้านความร่วมมือ การแสดงความคิดเห็น การรับฟังความคิดเห็น การตั้งใจในการทำงาน การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีรายละเอียดการให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมดังนี้

1. ความร่วมมือ

- 1.1 สมาชิกไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติ หน้าที่ ระดับคะแนน 1
- 1.2 มีการปรึกษาและวางแผนการทำงานเฉพาะ สมาชิกบางคน ระดับคะแนน 2
- 1.3 มีการปรึกษาและ วางแผนร่วมกันก่อน ทำงานมีการแบ่งหน้าที่ อย่างเหมาะสม และสมาชิกทำตามหน้าที่ทุกคน ระดับคะแนน 3

2. การแสดงความคิดเห็น

- 2.1 ไม่มีการแสดงความคิดเห็นร่วมกันสมาชิก ไม่ให้ความสนใจในการ เสนอแนะ ข้อคิดเห็น ต่างๆ ระดับคะแนน 1
- 2.2 การแสดงความคิดเห็น ยังไม่หลากหลายเท่าที่ควรสมาชิกมีการคิดวิเคราะห์น้อย ระดับคะแนน 2
- 2.3 สมาชิกรู้จักวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ได้ทุกอย่างถูกต้องเหมาะสม ทุกคนมีบทบาทในการแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ระดับคะแนน 3

3. การรับฟังความคิดเห็น

- 3.1 สมาชิกไม่ยอมรับฟัง ความคิดเห็นของผู้อื่น ระดับคะแนน 1
- 3.2 สมาชิกมีการปรึกษา กันเฉพาะบางส่วน เท่านั้น ระดับคะแนน 2
- 3.3 สมาชิกยอมรับฟังความ คิดเห็นโดยใช้หลักการ แบบประชาธิปไตย ระดับคะแนน 3

4. การตั้งใจในการทำงาน

4.1 สมาชิกไม่ปฏิบัติหน้าที่ ตนได้รับมอบหมาย ระดับคะแนน 1

4.2 สมาชิกทำงานตาม หน้าที่ที่ตนเองได้รับ มอบหมายเพียง บางส่วน
ระดับคะแนน 2

4.3 สมาชิกทุกคน ช่วยเหลือกันในการทำงาน ทุกคนทำงานตามหน้าที่ของตนเอง
ที่ได้รับมอบหมาย ระดับคะแนน 3

5. การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม

5.1 ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาปรับ ประยุกต์ใช้ ระดับคะแนน 1

5.2 นำความรู้ที่ได้รับจาก การศึกษาเรียนรู้มา ปรับประยุกต์ใช้ได้ บางส่วน ระดับ
คะแนน 2

5.3 นำความรู้ที่ได้รับจาก การศึกษาเรียนรู้มา ปรับประยุกต์ใช้ในการ ทำงานอย่าง
เหมาะสม ระดับคะแนน 3

ปิยะพรรณ ปลาโสม (2564) ได้สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน ด้านมีความสนใจใฝ่เรียนรู้ มีความละเอียดรอบคอบ คิดไตร่ตรองมีเหตุผล โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรม การเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. มีความสนใจใฝ่เรียนรู้

1.1 มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ เข้าเรียนตรงเวลา มีความตั้งใจ และความเพียร พยายาม ในการเรียนเข้ากิจกรรม ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากตำราเรียน และเทคโนโลยีการแสวงหาความรู้ สรุปลงเป็นองค์ความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ระดับ 3 คะแนน

1.2 เข้าเรียนช้ากว่า 15 นาทีมีความตั้งใจ และมีความเพียรพยายามในการเรียนเข้า ร่วมกิจกรรม ศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากตำราเรียน และใช้สื่อเทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ และ ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ระดับ 2 คะแนน

1.3 เข้าเรียนช้ากว่า 20 นาที ตั้งใจเรียน และไม่มี ความเพียรพยายามในการเรียนรู้ และไม่เข้าร่วมกิจกรรม ระดับ 1 คะแนน

2. มีความละเอียดรอบคอบ

2.1 ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบละเอียดถี่ถ้วน ทำงานถูกต้องสมบูรณ์ ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ ระดับ 3 คะแนน

2.2 ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบ ทำงานถูกต้อง แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ ระดับคะแนน 2

2.3 ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้ ไม่มีความรอบคอบ ส่งผลทำให้งานไม่ถูกต้อง ระดับคะแนน 1

3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล

3.1 คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างรอบคอบ และคำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติระดับคะแนน 3

3.2 คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ ระดับคะแนน 2

3.3 ไม่คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ ระดับคะแนน 1

สุพัตรา ศิริเมืองราช, ฐานันท์ สีเสถียร. (2565) พฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน ด้านเอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ด้านตั้งใจและ รับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. เอาใจใส่ต่อการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย

1.1 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและ พัฒนางานให้ดีขึ้นด้วยตนเอง ระดับคะแนน 4

1.2 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ระดับคะแนน 3

1.3 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ ระดับคะแนน 2

1.4 ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่การงาน ระดับคะแนน 1

2. ตั้งใจ และรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ

2.1 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและ พัฒนาการงาน ให้ดีขึ้นด้วยตนเอง ระดับคะแนน 4

2.2 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น ระดับคะแนน 3

2.3 ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ ระดับคะแนน 2

2.4 ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่การงาน ระดับคะแนน 1

สรุปพฤติกรรมในชั้นเรียนทั่วไปที่พบใช้สังเกตจะมีทั้งแบบกลุ่มและแบบบุคคล ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต และความเหมาะสมของงานวิจัย โดยผู้วิจัยได้เลือกสังเกตพฤติกรรม คุณสาริศา บุญแจ่ม (2557) ด้านความร่วมมือและการมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม คุณปิยะพรรณ ปลาโสม (2564) ด้านมีความละเอียดรอบคอบ และคิดไตร่ตรองมีเหตุผล โดยใช้วิธีการ สังเกตพฤติกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1. ความร่วมมือ

1.1 สมาชิกไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติ หน้าที่ ระดับคะแนน 1

1.2 มีการปรึกษาและวาง แผนการทำงานเฉพาะ สมาชิกบางคน ระดับคะแนน 2

1.3 มีการปรึกษาและ วางแผนร่วมกันก่อน ทำงานมีการแบ่งหน้าที่ อย่างเหมาะสม และ สมาชิกทำตามหน้าที่ ทุกคน ระดับคะแนน 3

2. การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม

2.1 ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาปรับ ประยุกต์ใช้ ระดับคะแนน 1

2.2 นำความรู้ที่ได้รับจาก การศึกษาเรียนรู้มา ปรับประยุกต์ใช้ได้ บางส่วน ระดับคะแนน 2

2.3 นำความรู้ที่ได้รับจาก การศึกษาเรียนรู้มา ปรับประยุกต์ใช้ในการ ทำงานอย่างเหมาะสม ระดับคะแนน 3

3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล

3.1 คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างรอบคอบ และคำนึงผลที่คาดว่าจะ เกิดขึ้นในการปฏิบัติระดับคะแนน 3

3.2 คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ ระดับคะแนน 2

3.3 ไม่คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ ระดับคะแนน 3

4. มีความละเอียดรอบคอบ

4.1 ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบละเอียดถี่ถ้วน ทำงานถูกต้องสมบูรณ์ ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ ระดับ 3 คะแนน

4.2 ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบทำงานถูกต้อง แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ ระดับคะแนน 2

4.3 ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้ ไม่มีความรอบคอบ ส่งผลทำให้งานไม่ถูกต้อง ระดับคะแนน 1

6. วิจัยเชิงปฏิบัติการ

6.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis, S., & McTaggart (1988) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่น ๆ ในเชิงเทคนิคแต่แตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงานที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้องอาศัยผู้มีส่วนร่วม ในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

Johnson (2008) ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นการวิจัยระหว่าง การปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ โดยเป็นกระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษาเพื่อทำความเข้าใจ และพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของการปฏิบัติงาน

ศุภฤกษ์ รักชาติ และ สุวิมล ว่องวานิช (2559) ได้ให้ความหมายการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ การวิจัยที่ ทำโดยครูผู้สอนในชั้นเรียนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนและนำผลมาใช้ ในการปรับปรุงการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้นทั้งนี้เพื่อให้เกิด

ประโยชน์สูงสุดกับนักเรียนเป็น การวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว นำผลไปใช้ทันทีและสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่างๆ ใน ชีวิตประจำวันของตนเอง ให้ทั้งตนเองและกลุ่มเพื่อนร่วมงาน ในโรงเรียนได้มีโอกาสวิพากษ์ อภิปรายและ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแนวทางที่ได้ปฏิบัติและผลที่เกิดขึ้น เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของครูและนักเรียน

สรุปวิจัยเชิงปฏิบัติการหมายถึง วิจัยรวบรวมข้อมูล สะท้อนผลการการปฏิบัติงาน ของครูผู้สอนในชั้นเรียนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนและนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน ส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

6.2 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis and McTaggart (1988) ได้กล่าวถึง กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนการปฏิบัติ มี รายละเอียดดังนี้

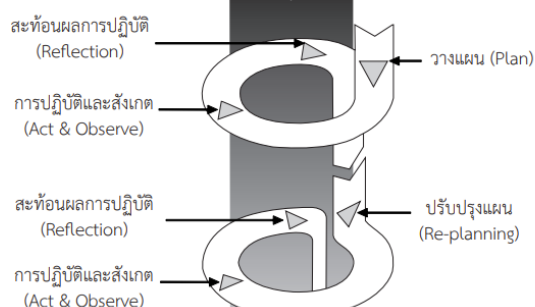
ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning) เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญระหว่างครู และนักเรียน ผู้ปกครองและ/หรือผู้บริหาร เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้นเกี่ยวกับลักษณะของปัญหา เป็นปัญหาเกี่ยวกับใคร มีแนวทางแก้ปัญหายังไร เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีสอน นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่มเป็นต้น ในขั้นตอนการวางแผนจะมีการปรึกษาร่วมกัน ระหว่างผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียน อย่างครอบคลุมทุกแง่มุม

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action) หลังจากทีร่วมกันวางแผนเสร็จสิ้นถึงขั้นลงมือ ปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงานเพื่อทำการแก้ไข ปรับปรุง ฉะนั้นแผนที่กำหนดควรมีการยืดหยุ่นปรับแก้ได้โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณ และการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ขณะที่ดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้โดยการจดบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยสังเกตกระบวนการปฏิบัติ (The Action Process) และผลของการปฏิบัติ (The Effects of Action)

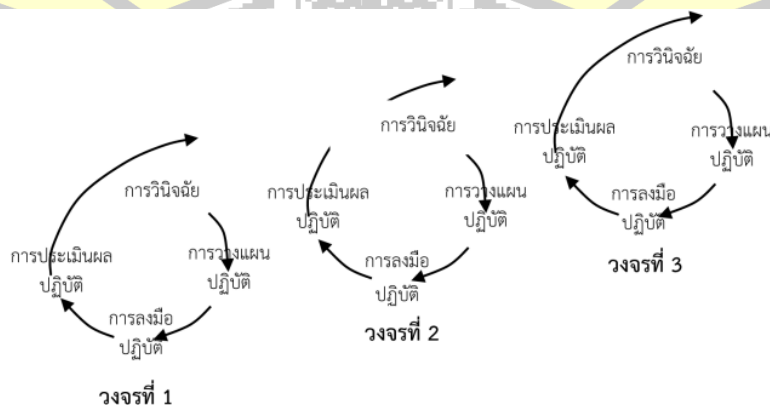
ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) เป็นขั้นสุดท้ายของวงจรการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือการประเมินผลหรือตรวจสอบการปฏิบัติงาน หรือสิ่งที่เป็นข้อปฏิบัติของข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้ร่วมวิจัยกับผู้เกี่ยวข้องควรนำข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้จากเครื่องมือต่าง

ๆ มาตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคมหรือสิ่งแวดล้อมโดยผ่านการอภิปรายปัญหา การประเมินโดยกลุ่มทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรม และเป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่การปรับปรุง และการวางแผนปฏิบัติต่อไป



ภาพ 14 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart

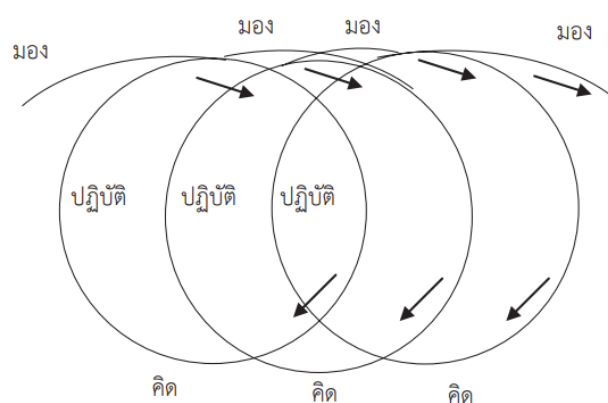
Coghlan & Brannick (2001) ได้กล่าวถึง กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นขั้นตอนเบื้องต้น 1 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจบริบทของปัญหาที่ต้องแก้ไขและการกำหนดจุดมุ่งหมาย การปฏิบัติการเป็นลำดับแรกและมีการปฏิบัติตามขั้นตอนหลักอีก 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวินิจฉัย (Diagnosing) 2) การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) 3) การลงมือปฏิบัติการ (Taking action) และ 4) การประเมินผลการปฏิบัติการ (Evaluation action)



ภาพ 15 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นจากการวินิจฉัยสภาพการณ์ของปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไข รวมทั้งการระบุนกรอบแนวคิดทฤษฎีและหลักการพื้นฐานสำหรับใช้รองรับการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงทำการวางแผนปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาหรือโครงการพัฒนาที่กำหนดไว้โดยอาศัยข้อมูลจากผลการวินิจฉัยในขั้นตอนแรกและความร่วมมือร่วมใจของบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน แล้วจึงลงมือปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ที่ละขั้นตอนเสร็จแล้วจึงทำการประเมินผลการปฏิบัติงานทั้งที่เกิดขึ้นโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของการวินิจฉัยและการปฏิบัติการตามแผน สารสนเทศที่ได้จากการประเมินผลในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในรอบต่อไป

Stringer (1999) ได้แบ่งกระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 3 ขั้นตอน หลัก ได้แก่ 1) การพินิจพิเคราะห์ (มอง) ประกอบด้วยกิจกรรมการสำรวจรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างภาพที่แสดงถึงลักษณะของปัญหาในการปฏิบัติงาน 2) การคิดวิเคราะห์ (คิด) ประกอบด้วยกิจกรรมการสำรวจและวิเคราะห์เพื่อแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหาซึ่งเทียบได้กับการสมมติฐานวิจัย (Research hypotheses) และการอธิบายความถูกต้อง ความมีประสิทธิภาพของแนวทางแก้ปัญหาซึ่งเทียบได้กับการสร้างทฤษฎี (Theorizing) และ 3) การปฏิบัติการ (ปฏิบัติ) ประกอบด้วยกิจกรรมการรายงานผลการวิจัยการใช้ผลการวิจัยและการประเมินผลการวิจัย วงจรขั้นตอนการปฏิบัติการวิจัยนี้จะดำเนินการต่อเนื่องกันไปโดยตลอด ซึ่งเป็นไปตามภาพที่ 16



ภาพ 16 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer

สรุปการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมา เห็นได้ว่าเริ่มต้นด้วยการกำหนดปัญหาหรือจุดที่ต้องการปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปสู่ขั้นตอนใหญ่ 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน การลงมือปฏิบัติตามแผนและประเมินผลการปฏิบัติ การดำเนินการจะต้องอาศัยการร่วมมือการทำงานเป็นกลุ่มรวมทั้งต้องมีการสะท้อนผลการปรับปรุงสิ่งที่ดำเนินการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

6.3 ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2537) กล่าวถึงลักษณะของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (Participation and Collaboration) ช่วยการทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกัน ในทุก กระบวนการของการวิจัย ทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎีการปฏิบัติตลอดจนการวางนโยบาย การวิจัย
2. เน้นการปฏิบัติการ (Action Orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา
3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Function) กิจกรรมการวิเคราะห์การปฏิบัติ อย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุผลเพื่อการปรับแผนปฏิบัติการ
4. ใช้วงจรการปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ตามแนวคิดของ (Kimmis & McTaggart) คือ การวางแผน (planning) ตลอดจนการปรับปรุงผล (re-planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พึงพอใจและได้เสนอเชิง ทฤษฎีเพื่อเผยแพร่ต่อไป

องอาจ นัยพัฒน์ (2548) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 8 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านการปฏิบัติงาน (Practical Problem) ที่ผู้ปฏิบัติงาน ระดับล่างมักจะประสบในขณะที่ทำงานอยู่ประจำหรือปฏิบัติหน้าที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแต่ละวัน มากกว่า การเกี่ยวข้องกับปัญหาทางด้านทฤษฎี (Theoretical Problem) ซึ่งได้รับการนิยามหรือ กล่าวถึงโดยนักวิจัยบริสุทธิ์ในสาขาวิชาความรู้ใด ๆ โดยเฉพาะ
2. มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อการทำความเข้าใจ (Understanding) ต่อสภาพปัญหา ที่ เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของครู ผู้บริหารการศึกษาอย่างลุ่มลึกและกระจ่างชัดภายใต้กระบวนการ ใคร่ครวญตรวจสอบในลักษณะสะท้อนกลับของยุทธวิธีปฏิบัติที่นักวิจัยเชิงปฏิบัติการได้ลงมือกระทำ ลง ไปอย่างวิพากษ์วิจารณ์ (critically) อันจะนำไปสู่การได้แนวทางปฏิบัติการสำหรับใช้แก้ปัญหาได้ อย่าง เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทแวดล้อมมากยิ่งขึ้น สำหรับการดำเนินงานในลำดับต่อไป นอกจากนั้น ยังมีจุดมุ่งหมายเพื่อการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งสภาวะการณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานมากกว่าการมีจุดมุ่งหมายเพื่อการสร้างสรรค์องค์ความรู้เชิงวิชาการอย่าง ใดอย่างหนึ่งเป็นการเฉพาะ

3. มุ่งเน้นการตีความหมายเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาที่เกิดขึ้นตามความคิดเห็น หรือทัศนะของผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับเหตุการณ์ หรือสภาวะการณ์ของปัญหาดังกล่าวมากกว่าการอาศัยแนวคิดทฤษฎี กฎหรือหลักการของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าท่าทางการกระทำการติดต่อสื่อสารหรือพฤติกรรมใดๆ ของมนุษย์ ทั้งที่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดหรือไม่เห็นเด่นชัดในเหตุการณ์หรือสภาวะการณ์ของปัญหาหนึ่งๆ สามารถตีความหมายได้โดยการ สรุปลำอ้างอิง (inference) จากแรงจูงใจ ความเชื่อ เจตนา หรือจุดมุ่งหมาย ของผู้แสดงพฤติกรรม ประกอบเข้ากับบริบทแวดล้อมที่ก่อให้เกิดพฤติกรรมหรือการกระทำเหล่านั้นขึ้น เช่น บรรทัดฐาน ค่านิยม และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ทางสังคมเป็นสำคัญ โดยนัยดังกล่าวนี้แสดงว่านักวิจัยไม่สามารถตีความหมายพฤติกรรมหรือการกระทำของบุคคลใด ๆ ได้เลยถ้าปราศจากการพิจารณาบริบทแวดล้อมพฤติกรรมนั้น ๆ มาประกอบด้วย

4. เสนอผลการวิจัยในรูปแบบเรียบง่าย การเสนอรายงานผลการศึกษาวิจัยในรูปแบบด้วยการเลือกใช้ถ้อยคำสำนวนในระดับเดียวกับผู้ปฏิบัติงาน โดยพยายามหลีกเลี่ยงคำศัพท์เฉพาะสาขาวิชา (technical term) และภาษาที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นนามธรรมเพื่อทำให้ง่ายต่อการติดตามทำความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้คำอธิบายเกี่ยวกับผลการวิจัยตลอดจนกระบวนการวิจัยอื่นๆ สามารถตรวจสอบความตรง (validity) ได้จากการสนทนาแบบเป็นกันเองกับ ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้มีส่วนร่วมหรือเกี่ยวข้องในทุกระยะของกระบวนการวิจัย

5. มุ่งเน้นการมีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในทุกขั้นตอนจะต้องอยู่ภายใต้บรรยากาศการมีส่วนร่วม การร่วมมือร่วมใจ การเชื่อถือและไว้วางใจ การเป็นมิตร รวมทั้งความเป็นอิสระและความเสมอภาคในการแสดงความคิดเห็น

6. ผ่อนคลายความเข้มงวดเกี่ยวกับระเบียบวิธีการศึกษาวิจัยการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการ ไม่ยึดติดอยู่ภายใต้กรอบการจัดกระทำทางการทดลอง และการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัดแบบตายตัวด้วยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research Design) หรือ วิธีการทางสถิติใด ๆ (Statistical Control) แนวคิดพื้นฐานดังกล่าวนี้ไม่ได้หมายความว่าการศึกษาเชิงปฏิบัติการละเลยหรือมองข้ามความสำคัญของการศึกษาค้นคว้าด้วยการอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หากแต่ปรับวิธีการศึกษาค้นคว้าด้วยวิธีการดังกล่าวให้กลมกลืนหรือสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา สภาวะการณ์ต่างๆ รวมทั้งบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแสวงหาความรู้ความ จริง ด้วยเหตุนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยทั่วไปอาจเลือกใช้รูปแบบ

การวิจัยเชิงปริมาณที่อาศัยแบบการ วิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) หรือการวิจัยเชิงคุณภาพ

7. ไม่เน้นการสรุปอ้างอิงผลการศึกษาวิจัยข้ามไปยังบริบทอื่น การสรุปอ้างอิงผลการวิจัยหรือการขยายผลการวิจัยให้ครอบคลุมไปยังห้องเรียนหรือโรงเรียนที่มีทำเลที่ตั้งหรือบริบทอื่น ๆ ต่างออกไปจากทำเล หรือบริบทที่ทำการวิจัยจริง มีลักษณะค่อนข้างจำกัดกว่าการวิจัยเชิงทดลอง ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการไม่สามารถอาศัยของความครอบคลุม (covering law) ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ หรือการอ้างอิงเชิงสาเหตุ (causal Relationships) ดังนั้นในทางปฏิบัติโดยทั่วไปการสรุปอ้างอิงผลของการวิจัยที่ได้จากการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จึงมีแนวโน้มกระทำได้เฉพาะในขอบเขตของสถานที่ บุคคล และเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามถ้าต้องการขยายผลของการวิจัยให้ครอบคลุมข้ามไปยังขอบเขต อื่นที่นอกเหนือก็สามารถกระทำได้ถ้าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในบริบทเหล่านั้นมีลักษณะคล้ายคลึงหรืออยู่ใน สภาวะการณ์ที่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งได้รับการยืนยันจากผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ประกอบด้วย

8. สร้างดุลยภาพและความเสมอภาคระหว่างทัศนะของบุคคลภายในและภายนอกนักวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เป็นบุคคลภายใน (insider) และบุคคลภายนอก (outsider) ของสถานที่ทำการศึกษาวิจัยมีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ บุคคลภายในมีบทบาทเป็นทั้งผู้ปฏิบัติงานตามหน้าที่ปกติและเป็นนักวิจัยปฏิบัติการในสถานที่ทำงานของตนเอง ในขณะที่บุคคลภายนอกมีบทบาทเป็นผู้เชี่ยวชาญ / ผู้ให้คำปรึกษาทางวิชาการให้กับบุคคลภายในและเป็นนักวิจัยเชิงปฏิบัติการเช่นเดียวกับบุคคลภายในนักวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งที่เป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกจะต้องปรับบทบาทของตนเองให้มีดุลยภาพทางแนวความคิด ความเชื่อ และการปฏิบัติอยู่เสมอในแต่ละสภาวะการณ์ นอกจากนี้ จะต้องสร้างความเสมอภาคทางความคิดเห็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมการวิจัย เพื่อ ป้องกันไม่ให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดหรือความสับสนระหว่างบทบาทเหล่านั้นในขณะปฏิบัติงานวิจัย

พอเพียงทรัพย์อินทร์ไพบูลย์ อ่อนมั่ง และ สุภาพร สุกสีเหลือง (2551) ได้เสนอลักษณะของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ไว้ 4 ขั้นตอนคือ

1. การวางแผน (The Plan) เป็นการตั้งความคาดหวังการมองไปในอนาคต
2. การปฏิบัติ (Action) เป็นการปฏิบัติตามความคาดหวังที่วางไว้ภายใต้การทำงานที่มาจากแนวคิดตามข้อตกลงของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับการไตร่ตรองอย่างรอบคอบผ่าน

การวิเคราะห์ วิเคราะห์มาแล้ว และระหว่างการทำงานจะมีการบันทึกรายงาน เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ วิเคราะห์กันอีกในภายหลัง

3. การสังเกต (Observation) เป็นการบันทึกข้อมูลพื้นฐานไว้ใช้ในการสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน มีการวางแผนการสังเกตอย่างรอบคอบ และผู้สังเกตจะต้องเป็นผู้ ที่มีความไวในการจับสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดฝัน

4. การสะท้อน (Reflection) เป็นการสะท้อนถึงการปฏิบัติงาน การกระทำตามที่บันทึกไว้จากการสังเกต เก็บข้อมูล โดยใช้การอภิปรายกลุ่มร่วมกันและถือว่าเป็นการประเมินอย่างหนึ่ง และเป็นการให้ข้อเสนอแนะในการวางแผนปฏิบัติครั้งต่อไป

จตุภูมิ กุลาสา (2562) การวิจัยเชิงปฏิบัติการพัฒนาขึ้นมาจากฐานคติความเชื่อสำคัญที่ว่า การสร้างสรรค์และการใช้ความรู้เชิงปฏิบัติการสำหรับการแก้ไขปัญหาหรือการพัฒนาใด ๆ ในองค์กรจะต้องตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานของความเป็นประชาธิปไตย ความยุติธรรม ความสันติสุข และความสอดคล้องกลมกลืนกับบริบททางด้านวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ภายใต้บรรยากาศของความเอื้ออาทร หรือเป็นแบบกัลยาณมิตรที่นักวิจัยและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระบวนการวิจัยมีการเรียนรู้ร่วมกัน รวมทั้งยอมรับฟังความคิดเห็นและให้เกียรติซึ่งกันและกัน ความรู้เชิงปฏิบัติการที่เป็นผลผลิตอันเกิดจากความร่วมมือร่วมใจระหว่างนักวิจัยกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีความใกล้ชิดกับปัญหาได้เกิดความรู้สึกในการเป็นเจ้าของ ความรู้ลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยทั่วไปจะมีการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในองค์กร

จากการศึกษาการวิจัยเชิงปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาสรุป จากนั้นจึงจะนำผลการวิจัยที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart เนื่องจากเห็นว่ามีเหมาะสมกับการวิจัยในชั้นเรียน ผู้เรียน และระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Planning) ขั้นปฏิบัติการ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect)

7. บริบทของโรงเรียน

7.1 ข้อมูลทั่วไป

โรงเรียนสารคามพิทยาคม เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งอยู่ที่ ถนนนครสวรรค์ เทศบาลเมืองมหาสารคาม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

7.2 บริบทการเรียนการสอน

1. การสอนจะเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนมีโอกาสรู้ผ่านการทำกิจกรรม การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการทำโครงงาน เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ และความรู้ในแต่ละสายการเรียน
2. นวัตกรรมและเทคโนโลยีโรงเรียนสารคามพิทยาคมอาจนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการเรียนการสอน เช่น ให้นักเรียนมีโอกาสรู้ผ่านเทคโนโลยีการสื่อสาร การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ในรูปแบบที่น่าสนใจและน่าสนใจ
3. การสนับสนุนและให้คำปรึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคมอาจมีการให้คำปรึกษาและสนับสนุนในด้านต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการตัดสินใจเรียนรู้และการเลือกอาชีพในอนาคต
4. กิจกรรมทางด้านการเรียนการสอน โรงเรียนสารคามพิทยาคมอาจจะมีกิจกรรมทางด้านการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และทักษะต่าง ๆ อาจจะเป็นการแข่งขันโครงงาน กิจกรรมสัมมนา เสวนา หรือการเรียนรู้ตามแบบอย่าง
5. การให้ความสำคัญกับกิจกรรมนอกห้องเรียน โรงเรียนสารคามพิทยาคมอาจจะส่งเสริมให้นักเรียนมีกิจกรรมนอกห้องเรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ที่หลากหลายและเปิดโอกาสให้กับนักเรียนที่มีความสนใจในด้านต่าง ๆ

7.3 บริบทโรงเรียนสารคามพิทยาคมด้านปัญหา

บริบทของโรงเรียนสารคามพิทยาคมด้านปัญหาอาจมีหลายด้าน โดยในการพิจารณาปัญหาในโรงเรียน จำเป็นต้องพิจารณาจากหลายมุมมอง ผู้วิจัยขอเสนอหลายปัญหาที่อาจเป็นที่พบได้ในโรงเรียนสารคามพิทยาคมเป็นตัวอย่างดังนี้

1. การสอนและการเรียนรู้ที่ไม่ค่อยมีความน่าสนใจ นักเรียนอาจพบปัญหาในการเรียนรู้เนื่องจากบทเรียนที่ไม่น่าสนใจหรือไม่ตอบโจทย์ความต้องการในปัจจุบัน หากการสอนไม่

เกิดความสัมพันธ์และความสอดคล้องกับความคาดหวังของนักเรียน อาจทำให้นักเรียนสูญเสียความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

2. สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ไม่เหมาะสม ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างการเรียนรู้ที่มีความสุขและมีประสิทธิภาพ หากโรงเรียนมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ห้องเรียนที่ไม่เพียงพอ หรือขาดคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีในการเรียนการสอน อาจส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเติบโตและพัฒนาทักษะได้เต็มที่

3. การเรียนรู้ที่ไม่ครอบคลุมทุกกลุ่มนักเรียน บางครั้งอาจมีความไม่เท่าเทียมในการเรียนรู้ นักเรียนบางคนอาจจะมีทักษะทางการเรียนที่สูงกว่านักเรียนคนอื่น หากโรงเรียนไม่มีการสนับสนุนที่เหมาะสม อาจทำให้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงรู้สึกไม่มีความท้าทายและความผูกพันต่อการเรียนรู้

4. การบริหารจัดการโรงเรียนที่ไม่เหมาะสม บริหารจัดการที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้การดำเนินงานของโรงเรียนไม่เป็นระบบและมีข้อผิดพลาดต่าง ๆ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

5. ความเครียดและกดดันในการเรียน การเรียนรู้อาจทำให้นักเรียนเกิดความเครียดและกดดัน ซึ่งอาจมาจากการแข่งขันในความสำเร็จ การทำหายในการทำการกิจหรือสิ่งที่คาดหวังจากครูและผู้ปกครอง

6. ความขัดแย้งระหว่างนักเรียน ความขัดแย้งและปัญหาทางสังคมอาจเกิดขึ้นในโรงเรียน อาจเป็นเรื่องของการแตกแยกกลุ่ม การกลั่นแกล้งของพฤติกรรมไม่เหมาะสม

7.4 บริบทชั้นเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม

1. ผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนบางคนไม่ค่อยสนใจร่วมกิจกรรมที่ครูสอน ไม่อยากลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

2. นักเรียนส่วนใหญ่ขาดการทบทวนเนื้อหา บทเรียนที่เรียนมาก่อนหน้าทำให้ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาใหม่เกิดการเรียนรู้ที่ไม่ต่อเนื่อง

3. นักเรียนไม่สามารถมองภาพจินตนาการออกได้เกี่ยวกับการทดลองถ้าขาดอุปกรณ์ หรือสื่อที่ทำให้มองเห็นภาพ

4. เมื่อให้ทำกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่จะลอกกันเพื่อให้มีงานส่ง โดยไม่ได้คิดหาคำตอบด้วยตนเอง และไม่ยอมงานที่ได้รับมอบหมาย หากไม่เข้าไปหานักเรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 เป็นกลุ่มเป้าหมายนักเรียนกลุ่มนี้เรียนอยู่ในหลักสูตรห้องเรียนวิทย์-คณิต และมีผลการเรียนรู้อยู่ในระดับกลางของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โดยจากการสังเกตพฤติกรรมจะเห็นได้ว่านักเรียนส่วนมาก ไม่สามารถจินตนาการแบบจำลองหรือการทำทดลองได้ จำเป็นต้องมีสื่อหรือการทำลองให้นักเรียนได้สัมผัสหรือสังเกต ทำให้นักเรียนสนใจอยากหาคำตอบหรือหาความรู้ แต่นักเรียนไม่ได้ทบทวนความรู้เดิม ทำให้ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหา เมื่อผู้วิจัยได้สำรวจการคิดเชิงระบบของนักเรียนโดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคิดเชื่อมโยงเนื้อหา มององค์รวมของเนื้อหาวิชาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบที่ต่ำ ซึ่งมีจำนวน 32 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการคิดเชิงระบบ

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยในประเทศ

Rakbamrung, P., Thepnuan, P., & Nujenjit, N. (2015) ได้ศึกษา การจัดการเรียนรู้การคิดเชิงระบบ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ในรายวิชาฟิสิกส์สำหรับนักศึกษาพยาบาล โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ เข้าร่วมเป็นนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียน หลักสูตรฟิสิกส์สำหรับพยาบาล ซึ่งผลการวิจัย แม้ว่าการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ไม่ได้ปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากเรียนรู้การแทรกแซงแล้วยังสามารถระบุสาเหตุและผลกระทบของปริมาณฟิสิกส์บางอย่างได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการระบุสาเหตุของเหตุการณ์ไม่ได้หมายความว่าพวกเขาสามารถให้เหตุผลในแบบนิวตันได้ ในขณะที่ใช้ประสบการณ์ของพวกเขา มากกว่าการใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าความเข้าใจส่วนใหญ่ของพวกเขาเป็นสัญญาณของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากกว่าแนวคิดทางเลือก จากการค้นพบ การคิดเชิงระบบสามารถนำมาใช้ได้

ปทุม ช่องคันปอน (2558) ได้วิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน เรื่อง พลังงานนิวเคลียร์ โดยการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ และเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิต – อังกฤษ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน นักเรียน 100 คน ได้มาจากการเลือกแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ หน่วยการเรียนรู้ ที่ 4 เรื่อง พลังงานนิวเคลียร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนก่อนและหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สถิติทดสอบค่าที่ (t-test) ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้ปกติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กนกภรณ์ ทรวทรวง และสิรินภา กิจเกื้อกูล (2564) ได้ศึกษาพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่มุ่งส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลอง และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง สารละลาย รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย ขั้นตอนวางแผน ขั้นตอนปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตกิจกรรมสร้างแบบประเมินชิ้นงานแบบจำลอง 3 มิติ แบบสัมภาษณ์กิจกรรมสร้าง และแบบสำรวจมโนทัศน์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริง ควรดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ 1) สร้างแบบจำลอง 2) แสดงแบบจำลอง 3) ทดสอบแบบจำลอง 4) ประเมินแบบจำลอง โดยนำเทคโนโลยีเสมือนจริงไปใช้ในชั้น 3 เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเองให้เป็นรูปธรรม ทั้งนี้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองอยู่ในระดับสูง ในทุกด้านของกระบวนการสร้างแบบจำลองโดยเฉพาะในด้านการปรับปรุง อีกทั้งทักษะเหล่านี้ยังช่วยให้นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 80 มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (SU) เรื่อง สารละลาย โดยเฉพาะเรื่องสมบัติบางประการของสารละลาย

รุ่งทิพา จันท์สุข และ สุมาลิ ชูกำแพง (2565) ได้ศึกษาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และ ศึกษาคะแนนพัฒนาการของการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

(5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัทยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 31 คน ได้จากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม จำนวน 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง 2) บอร์ดเกมจำนวน 6 บอร์ดเกม 3) แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.39-0.71 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29-0.64 และมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.73 4) แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สูตรการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ (E1/E2) และหาค่าคะแนนพัฒนาการ ผลการศึกษาพบว่า 1) ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 84.90/81.15 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม มีพัฒนาการของการคิดเชิงระบบโดยเฉลี่ยร้อยละ 63.10 มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับสูง และ 3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกม อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88

8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Roald Pieter Verhoeff, Kerst Th. Boersma, Arend Jan Waarlo. (2008) ได้ ศึกษาการคิดเชิงระบบโดยทำการศึกษารูปแบบการพัฒนาการคิดเชิงระบบเพื่อความเข้าใจในการเชื่อมโยงชีววิทยาของเซลล์ในระดับการศึกษาก่อนระดับมหาวิทยาลัยในด้านชีววิทยาด้านเซลล์ โดยพัฒนาทฤษฎีและทดสอบกลยุทธ์การเรียนการสอนเรื่องเซลล์ ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการจากแนวคิดเชิงระบบในการศึกษาด้านชีววิทยาแบ่งเป็น 4 แบบจำลอง โดยนักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองของ free living cell โมเดลภาพสองมิติของเซลล์ โมเดลภาพมิติของเซลล์ต้นไม้ สามารถใช้ความคิดที่สร้างแบบจำลองของปรากฏการณ์ไปยังแบบจำลองเชิงลำดับขั้น และพบว่ากระบวนการเหล่านี้ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

Karakuyu, Y. (2010) ได้ศึกษาผลของการทำแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนต่อรายวิชาฟิสิกส์ของพวกเขา ต่อความสำเร็จและทัศนคติต่อบทเรียนฟิสิกส์ ผู้เข้าร่วมเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 58 คนจากสองชั้นเรียน ที่เรียนหลักสูตรฟิสิกส์ทั่วไปในโรงเรียนมัธยมในตุรกี ชั้นเรียนห้องกลุ่มทดลองได้จากการเลือกแบบสุ่ม (28 คน) และอีกกลุ่มคือชั้นเรียนห้องควบคุม (30 คน) ข้อมูลถูกรวบรวมผ่านก่อนและหลังเรียน การทดสอบเรื่อง ไฟฟ้า ในรายวิชาฟิสิกส์ (PAET) และแผนผังมโนทัศน์ต่อรายวิชาฟิสิกส์ (CMASTP) การศึกษาดำเนินการในหกสัปดาห์ในชั้นเรียนที่พบสองครั้งต่อสัปดาห์ ครอบคลุม เรื่อง ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่าในขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทัศนคติและความสำเร็จระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มทดลองพบว่ามีแนวโน้มที่จะมีทัศนคติเชิงบวกมากขึ้น กว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการสอนวาดแผนผังมโนทัศน์มีประสิทธิภาพมากกว่าการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางฟิสิกส์ของนักเรียน

Barak & Hussein – Farraj (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีแนวโน้มใหม่เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้าง 3 มิติและหน้าที่ของโปรตีนและกรดนิวคลีอิก โดยมี เป้าหมายเพื่อตรวจสอบว่าการสอนและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแอนิเมชันของ สารชีวโมเลกุลส่งผลต่อความเข้าใจทางชีวเคมีของนักเรียนอย่างไร เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบสอบถามก่อน-หลังเรียน การสังเกตภายในชั้นเรียนเพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และ ตีความ โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนเกรด 12 จำนวน 175 คน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ตรวจสอบโดยการใช้แอนิเมชัน กลุ่มที่ให้ครูสาธิตการใช้แอนิเมชัน และกลุ่มการเรียนรู้อย่างเดิมโดยใช้หนังสือ ผลการวิจัยพบว่าการบูรณาการการเรียนรู้อยู่โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้ ภาพเคลื่อนไหว 3 มิติสามารถเพิ่มความเข้าใจของนักศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของ โปรตีนและความสามารถในการถ่ายทอดผ่านความเข้าใจทางเคมีในระดับต่างๆ และผลการวิจัยยัง ชี้ให้เห็นว่าการสาธิตการเคลื่อนไหวของครูอาจช่วยเพิ่มความรู้ของนักเรียนซึ่งเป็นทักษะการคิดขั้นต่ำ อย่างไรก็ตามการให้นักเรียนได้สำรวจภาพเคลื่อนไหวด้วยตนเองจะช่วยเพิ่มความคิดในระดับที่สูงขึ้นของนักเรียนได้ควรสามารถสำรวจภาพเคลื่อนไหว 3 มิติได้ด้วยตนเอง

Ogan และ Arslan (2014) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐานผลพบว่า 1) การศึกษาโดยการสร้างแบบจำลองช่วยเพิ่มทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนเข้าใจในเรื่องที่ศึกษามากขึ้น และ 2) การสอบถามตามแบบจำลองไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในความรู้เกี่ยวกับแนวคิดของผู้เรียน การวิจัยที่มีข้อจำกัดในด้านการสอบถามแบบจำลองโดยการตรวจสอบประสิทธิผลเมื่อใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เครื่องมือการสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกันทำให้เกิดกิจกรรมการใช้เหตุผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาเพิ่มเติมจะตรวจสอบว่าประเภทของรูปแบบจำลองที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในระหว่างการสอบถามตามแบบจำลองมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของตน

Stephan, Daniela, Frank and Werner (2018) ได้ศึกษาการคิดเชิงระบบการศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งใช้แบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาพื้นฐานสำหรับครูวิทยาศาสตร์ โดยได้พัฒนาแบบฝึกทักษะ 4 รูปแบบที่แตกต่างกันออกไป และผลของการวิจัยพบว่า การคิดเชิงระบบสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความซับซ้อนและพลวัตของระบบธรรมชาติสังคม เศรษฐกิจ และจากการทดสอบการคิดเชิงระบบและความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาซึ่งเป็นการทดสอบที่แตกต่างกัน พบว่า ตัวแปรทั้งสองจะได้รับการส่งเสริมอย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นอยู่กับรูปแบบในการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถนำประยุกต์ใช้ได้กับหลายเนื้อหาทั้งในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยสามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบ รวมถึง แผนผังมโนทัศน์สามารถส่งเสริมแบบจำลองเป็นฐานและยังพัฒนาการคิดเชิงระบบเช่นเดียวกัน งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจทำการวิจัยการพัฒนาการคิดเชิงระบบโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

8. กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ส่งผลให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จึงสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพด้านล่างนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)

ใช้แผนผังมโนทัศน์กระตุ้นสร้างแบบจำลอง

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model) ใช้แผนผังมโนทัศน์สรุปกิจกรรม

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) ใช้แผนผังมโนทัศน์ป้อนกลับข้อมูล

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

การคิดเชิงระบบ

- 1) การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก
- 2) การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล
- 3) การป้อนกลับของเรื่องราว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย โดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 1 ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม เขต 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายจากการนำเครื่องมือแบบวัดการคิดเชิงระบบดัดแปลงมาจาก (Breil Brenda, 2018) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ พร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 1 สถานการณ์ โดยมี 9 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบของนักเรียนมาคิดเป็นร้อยละแล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ดังตาราง 5

พูน ปณ จิต ชีเว

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์คะแนนในการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8

นักเรียน คนที่	คะแนน (18)	ร้อยละ ที่ได้	ผลการประเมิน (เทียบเกณฑ์ ร้อยละ 70)	นักเรียน คนที่	คะแนน (18)	ร้อยละ ที่ได้	ผลการประเมิน (เทียบเกณฑ์ ร้อยละ 70)
1	9	50	ไม่ผ่าน	22	9	50	ไม่ผ่าน
2	7	39	ไม่ผ่าน	23	6	33	ไม่ผ่าน
3	7	39	ไม่ผ่าน	24	13	72	ผ่าน
4	16	89	ผ่าน	25	15	83	ผ่าน
5	10	56	ไม่ผ่าน	26	11	61	ไม่ผ่าน
6	16	89	ผ่าน	27	7	39	ไม่ผ่าน
7	17	95	ผ่าน	28	10	56	ไม่ผ่าน
8	8	45	ไม่ผ่าน	29	9	50	ไม่ผ่าน
9	9	50	ไม่ผ่าน	30	10	56	ไม่ผ่าน
10	10	56	ไม่ผ่าน	31	12	66	ไม่ผ่าน
11	9	50	ไม่ผ่าน	32	9	50	ไม่ผ่าน
12	9	50	ไม่ผ่าน	33	11	61	ไม่ผ่าน
13	8	45	ไม่ผ่าน	34	16	89	ผ่าน
14	16	89	ผ่าน	35	10	56	ไม่ผ่าน
15	11	61	ไม่ผ่าน	36	8	44	ไม่ผ่าน
16	9	50	ไม่ผ่าน	37	7	39	ไม่ผ่าน
17	11	61	ไม่ผ่าน	38	14	78	ผ่าน
18	9	50	ไม่ผ่าน	39	12	67	ไม่ผ่าน
19	14	78	ผ่าน	40	11	61	ไม่ผ่าน
20	9	50	ไม่ผ่าน	41	14	78	ผ่าน
21	7	39	ไม่ผ่าน	42	12	67	ไม่ผ่าน

จากตารางที่ 5 ผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 42 คน ผลการทดสอบ พบว่า มีนักเรียนที่คะแนนการคิดเชิงระบบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

มีจำนวน 32 คนจากนักเรียน 42 คน ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อแก้ปัญหากับนักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำให้มีคะแนนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 9 แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต รวม 14 ชั่วโมง

2. แบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 3 ชุด มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์จำนวน 2 สถานการณ์ต่อชุด โดยแต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้านเพื่อทำการวัดทั้ง 3 ด้านของการคิดเชิงระบบ 1) การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก 2) การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล 3) การป้อนกลับของเรื่องราว

3. เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการวิจัย เป็น แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยจะทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน กลุ่มเป้าหมายที่แสดงออกรายบุคคล ซึ่งสังเกตระหว่างการจัดการเรียนรู้

3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 1

1.2 ศึกษาเนื้อหาสาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้โดยงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการ คัดเลือกเนื้อหาที่นำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 9 แผน โดยมีจำนวนหน่วยกิต 1.5 หน่วยกิต รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

1.3 ศึกษาเนื้อหาสาระรายวิชาฟิสิกส์ ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์ การเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 6

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้
สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลา

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. ทดลองและอธิบายการทำ วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	ธรรมชาติของไฟฟ้า สถิต : ประจุไฟฟ้า	วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เมื่อนำมาขัดสีกันสามารถทำให้เป็นวัตถุมีประจุไฟฟ้าได้เนื่องจากมีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างวัตถุที่นำมาขัดสีกัน วัตถุที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนจะมีประจุสุทธิเป็นบวก ส่วนวัตถุที่รับอิเล็กตรอนจะมีประจุสุทธิเป็นลบ วัตถุใดจะทำหน้าที่รับหรือให้อิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับวัตถุนั้นมีสมบัติจะรับหรือให้อิเล็กตรอนอย่างใดมากกว่าซึ่งประจุไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือทำลายได้ ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงใดๆ ผลรวมของประจุของระบบก่อนการเปลี่ยนแปลงต้องเท่ากับผลรวมของประจุหลังการเปลี่ยนแปลง เรียกว่า กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า (conservation law of charge)	1. นักเรียนสามารถอธิบายเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบของกฎอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกตความสัมพันธ์การเชื่อมโยง วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบ มีส่วนร่วมในชั้นเรียน (A)	2
	ธรรมชาติของไฟฟ้า สถิต : ชนิดของแรงระหว่าง	ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้านลบ ถ้าประจุทั้งสองมีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักรันและหากประจุทั้งสองมีประจุต่าง	1. นักเรียนสามารถอธิบายเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบการเกิดแรงระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับ	1

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	ประจุ	ชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกัน	ชนิดของประจุไฟฟ้าได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกต เชื่อมโยงการเกิดแรงระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ (P) 3. นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบ (A)	
	ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต : การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	การนำ วัตถุที่มีประจุเข้าใกล้ตัวนำใด ๆ จะทำให้ปรากฏประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านที่อยู่ใกล้และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนตัวนำด้านที่อยู่ไกล เรียกว่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต (electrostatic induction) โดยอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบประจุไฟฟ้าเรียกว่า อิเล็กโทรสโคป (electroscope) การต่อสายดิน (grounding) เป็นการทำให้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้ามีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า โดยต่อวัตถุนั้นกับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เช่น โลก	1. นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงของการเกิดแรงระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ (K) 2. นักเรียนสามารถทดลอง ชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบ ในวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำได้ (P) 3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (A)	2

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
2. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	กฎของคูลอมบ์	ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าทั้งสอง มีค่าแปรผันตามผลคูณขนาดประจุแต่ละตัว และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุทั้งสอง เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ ตามสมการ $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$	1. นักเรียนสามารถคำนวณแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุได้ ชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหา (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกตความสัมพันธ์การเชื่อมโยง แรงที่กระทำต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้ (P) 3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (A)	1
3. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหา	สนามไฟฟ้า : ความหมายสนามไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าของจุดประจุ	รอบประจุไฟฟ้าหนึ่ง ๆ จะมีสนามไฟฟ้า (electric field) ที่แผ่ออกไปทั่วอวกาศ (space) เมื่อ ประจุไฟฟ้าอีกประจุหนึ่งอยู่ในสนามไฟฟ้าของประจุดังกล่าวก็จะรับรู้ถึงแรงไฟฟ้าที่ประจุนั้นกระทำ ได้ มีค่าเท่ากับแรงที่กระทำต่อจุดประจুবวกขนาดหนึ่งหน่วย ซึ่งวาง ณ ตำแหน่งนั้น ๆ ตามสมการ	1. นักเรียนสามารถคำนวณระบบสนามไฟฟ้าของจุดประจุได้ ชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหา (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกตเส้น	2

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
สนามไฟฟ้า ลัทธิเนื่องจาก ระบบจุดประจุ โดยรวมกัน แบบเวกเตอร์		$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$	ความสัมพันธ์การ เชื่อมโยงของระบบ สนามไฟฟ้าของจุด ประจุตัวนำทรงกลม (P) 3.คิดไตร่ตรองมี เหตุผล (A)	
สนามไฟฟ้า : สนามไฟฟ้า ของระบบ ประจุ	สนามไฟฟ้าของจุดประจุ ณ ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะทาง r หาได้จาก $E = \frac{kQ}{r^2}$ สนามไฟฟ้ามีทิศพุ่งออกจากประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุบวกและพุ่งเข้าหาประจุต้นกำเนิดที่เป็นประจุลบสนามไฟฟ้าของระบบประจุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเนื่องจาก จุดประจุแต่ละประจุ	1. นักเรียนสามารถคำนวณได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของสนามไฟฟ้าลัทธิของระบบจุดประจุ (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกตความสัมพันธ์ของการเชื่อมโยงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้าลัทธิของจุดประจุได้ (P) 3. มีความละเอียดรอบคอบ (A)	1	
สนามไฟฟ้า : เส้น สนามไฟฟ้า และ แรง กระทำ ต่อ อนุภาคที่มี ประจุ	เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นต่อเนื่องแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุมีทิศอยู่ในแนวพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมี ณ ตำแหน่ง	1. นักเรียนสามารถทำนายและคำนวณได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบในปริมาณที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าที่กระทำ ต่อ	2	

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	ในสนามไฟฟ้า	หนึ่งๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นเดียว ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่งๆ แสดงถึงขนาดของสนามไฟฟ้าในบริเวณนั้นๆ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ จะไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่าน เรียกว่า จุดสะเทิน (neutral point) สำหรับตัวนำ ทรงกลม ประจุไฟฟ้าจะกระจายอย่างสม่ำเสมอบริเวณผิวตัวนำ และสนามไฟฟ้าภายในตัวนำ เป็นศูนย์สนามไฟฟ้าของตัวนำ ทรงกลม มีทิศตั้งฉากกับผิวตัวนำ ต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม หาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้า เนื่องจากจุดประจุที่มีประจุ Q เท่ากัน แต่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม ตามสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ เมื่อนำ ประจุ q มวล m วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีแรงไฟฟ้าทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วย ความเร่ง เนื่องจากแรงไฟฟ้า ตามสมการ $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$	อนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกต สะท้อนผล ตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปของสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับชอบ มีส่วนร่วมในชั้นเรียน (A)	

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ : ความต่างศักย์เนื่องจากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	เมื่อนำ ประจุไปอยู่ ณ ตำแหน่งหนึ่งในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า จะทำให้เกิดพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของ ประจุนั้น เมื่อประจุเคลื่อนที่ในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์ไฟฟ้า และ พลังงานจลน์ของประจุเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงานกล เมื่อประจุ อยู่ในสนามไฟฟ้า ทำให้มีพลังงานศักย์ไฟฟ้า U ของประจุจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยประจุ ณ ตำแหน่งนั้น เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้า (electric field) ตามสมการ $v = \frac{U}{q}$ ความต่างศักย์หมายถึง ศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งหนึ่งเทียบกับอีกตำแหน่งหนึ่ง ความต่างศักย์ที่ตำแหน่ง B เทียบกับตำแหน่ง A หาได้จาก $V_B - V_A = \Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับงานเนื่องจากแรงไฟฟ้าในการเคลื่อนที่หนึ่งหน่วยประจুবวก จาก A ไป B ตามสมการ $V_B - V_A = \frac{W_{A \rightarrow B}}{q}$ ความต่างศักย์เนื่องจาก	1. นักเรียนสามารถคำนวณ และอธิบายได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบใน ปริมาณที่เกี่ยวข้องพลังงาน ศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าได้ (K) 2.นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงระบบใน พลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าได้ (P) 3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (A)	1

ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
		สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างสองตำแหน่งที่ห่างกันเป็นระยะ d ในแนวนอน สนามไฟฟ้าหาได้จาก $\Delta V = -Ed$		
	ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ : ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ	ศักย์ไฟฟ้าของจุดประจุ ณ ตำแหน่งซึ่งห่างจากประจุต้นกำเนิด Q เป็นระยะทาง r หาได้จาก $V = \frac{kQ}{r}$ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบวกมีค่าเป็นบวกและศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุลบมีค่าเป็นลบ ศักย์ไฟฟ้าของระบบประจุที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมแบบ สเกลาร์ของ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุด ประจุแต่ละประจุ	1. นักเรียนคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบใน ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถสังเกต ถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงของระบบในความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับชอบ มีส่วนร่วมในชั้นเรียน (A)	2
รวมทั้งสิ้นจำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 14 ชั่วโมง				

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการเรียนรู้รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้มีความ

สอดคล้องของสาระการเรียนรู้หน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มี 4 ขั้นตอน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 กำหนดการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ

ลำดับขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน	แผนผังมโนทัศน์	ส่งผลต่อการคิดเชิงระบบ
1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model)	เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด	ผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ เมื่อผู้สอนได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด	- แผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping)	- การคิดในแนวลึก
2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)	เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิง	ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิง	- แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked)	- การคิดเชื่อมโยงเหตุและผล

ลำดับขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ แบบจำลองเป็นฐาน	แผนผัง มโนทัศน์	ส่งผลต่อการ คิดเชิงระบบ
	ประจักษ์แล้วผู้เรียนนำมาสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) นักเรียนที่ได้ข้อมูลจากการสรุป มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด	ประจักษ์แล้วนำ ข้อมูลมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด	Grouping)	
3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)	3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จากนั้นผู้เรียนสรุปสิ่งที่ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์เข้าไปในแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในขั้นการ	ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ผู้เรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus	- แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)	- การป้อนกลับของเรื่องราว

ลำดับขั้นตอน	กิจกรรมการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ แบบจำลองเป็นฐาน	แผนผัง มโนทัศน์	ส่งผลต่อการ คิดเชิงระบบ
	ประเมินแบบจำลอง ผู้เรียนเปรียบเทียบ แบบจำลองของกลุ่มเพื่อน ที่สร้างและรวม แบบจำลองของแต่ละกลุ่ม เข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็น แบบจำลองมติของกลุ่ม หรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยน ความคิดซึ่งกันและกันเพื่อ สร้างแบบจำลองที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับ แบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์	model) ผู้เรียนมีการ แลกเปลี่ยนความคิดซึ่ง กันและกันเพื่อสร้าง แบบจำลองที่ดีที่สุด และสอดคล้องกับ แบบจำลองทาง วิทยาศาสตร์		
4) การขยาย แบบจำลอง (Elaborating model)	เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้ แบบจำลองที่ผ่านการ ดัดแปลงแก้ไขมาอธิบาย สถานการณ์อื่น ๆ ทำให้ ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจ แบบจำลองที่ตนสร้างขึ้น หรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ ว่าสามารถอธิบายหรือ ทำนายเหตุการณ์หรือ โจทย์ปัญหาอื่น ๆ ได้ หรือไม่	ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ ผ่านการดัดแปลงแก้ไข มาอธิบายสถานการณ์ อื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อ และเข้าใจแบบจำลอง ที่ตนสร้างขึ้นหรือ แบบจำลองที่ได้เรียนรู้ ว่าสามารถอธิบายหรือ ทำนายเหตุการณ์ โจทย์ปัญหาอื่น ๆ ได้ หรือไม่		

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมสื่อการเรียนรู้และการประเมินผล โดยมีการปรับแก้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ให้สอดคล้องกับการคิดเชิงระบบ และปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินให้มีความสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องประเมิน

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) รศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) อาจารย์ ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิจัยและทางด้านหลักสูตร

2) ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ Ph. D. (Education) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

3) ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม วท.ด. (ฟิสิกส์) อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์

4) ดร. สุทธธัญญ์ จำปาทอง ค.ด. (วิชาการบริหารและการจัดการ การศึกษา) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาฟิสิกส์

5) นาง พิกุล พรหมสาเพชร วท.ม. (ฟิสิกส์) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาฟิสิกส์

1.7 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการ จัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนในช่องที่ตรงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด ซึ่งมีระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อ
ประเมิน ความเหมาะสมโดยมีผู้เชี่ยวชาญ

1.9 นำคะแนนการประเมินแผนการเรียนรู้จากการประเมินความเหมาะสมของ
ผู้เชี่ยวชาญ มาเทียบกับเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ
โดย ผ่านเกณฑ์ 3.51-5.00 ซึ่งมีเกณฑ์การประมาณค่าดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ยระดับ	ความเหมาะสม
4.51 - 5.00	มากที่สุด
3.51 - 4.50	มาก
2.51 - 3.50	ปานกลาง
1.51 - 2.50	น้อย
1.00 - 1.50	น้อยที่สุด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายแผน ของแผนการจัดการเรียนรู้
แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ อยู่ระหว่าง 4.43 – 4.55 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การ
ประเมินพบว่า ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีคุณภาพอยู่ใน
ระดับมีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด

1.10 ดำเนินการปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
โดยปรับแก้กิจกรรมให้ชัดเจนมากขึ้น และเพิ่มแหล่งที่มาของเว็บไซต์ที่ใช้ในกิจกรรม
และปรับแก้ เกณฑ์การประเมินให้มีความถูกต้อง

1.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ที่แก้ไข
สมบูรณ์แล้ว ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

2. แบบวัดการคิดเชิงระบบผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

2.1 ศึกษาค้นคว้างานวิจัยและศึกษาการสร้างแบบวัดในการคิดเชิงระบบ

2.2 ดำเนินการสร้างแบบวัดการคิดเชิงระบบ 3 ด้านคือ การวิเคราะห์ในแนวหลัก
ด้านการคิดเชื่อมโยงเหตุและผล และด้านการป้อนกลับของเรื่องราว โดยกำหนดสถานการณ์
แบบอัตนัย พร้อมอธิบายเหตุและผล จำนวน 3 ชุด มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์
จำนวน 2 สถานการณ์ต่อชุด โดยแต่ละสถานการณ์มี 3 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้าน ดังตารางที่ 8 9
และ 10

ตาราง 8 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 1

วงรอบ ปฏิบัติการที่	ผลการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	
		สร้าง	ใช้จริง
1	ทดลอง และอธิบายการทำ วัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกัน และการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	4	2
จำนวนแบบวัดการคิดเชิงระบบ วงรอบปฏิบัติการที่ 1		4	2

ตาราง 9 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 2

วงรอบ ปฏิบัติการที่	ผลการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	
		สร้าง	ใช้จริง
2	อธิบาย และคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์	2	1
	อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า	2	1
จำนวนแบบวัดการคิดเชิงระบบ วงรอบปฏิบัติการที่ 2		4	2

ตาราง 10 การกำหนดจำนวนสถานการณ์ที่ต้องการให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 3

วงรอบ ปฏิบัติการที่	ผลการเรียนรู้	จำนวนสถานการณ์	
		สร้าง	ใช้จริง
3	อธิบาย และ คำนวณสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	2	1
	อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และ ความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	2	1
จำนวนแบบวัดการคิดเชิงระบบ วงรอบปฏิบัติการที่ 3		4	2

2.3 สร้างสถานการณ์ที่วัดการคิดเชิงระบบ เป็นแบบลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์จำนวน 12 สถานการณ์ เพื่อเลือกใช้จริง 6 สถานการณ์ ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ ดังตาราง 11

ตาราง 11 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1) การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	เขียนอธิบายได้ชัดเจน ชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น	เขียนอธิบายแต่ยังไม่ได้ชี้ประเด็นปัญหาสำคัญ ขาดรายละเอียดปัญหา หรือมีแต่ปัญหารองที่ไม่ใช่ปัญหาหลัก ยังไม่สามารถมองระบบของปัญหาได้	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง
2) การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงขั้นตอนของปัญหา การแก้ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการแก้ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ตอบปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้น ผู้อ่านสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย	เขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการ แต่ขาดความเชื่อมโยงความเป็นเหตุ และผล หรือขาด รายละเอียดหลักในการให้เหตุผลผลระหว่าง การเชื่อมโยง	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง
3) การป้อนกลับของเรื่องราว	เขียนอธิบายการให้ผลสะท้อนตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปได้ รวมถึงการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้นเป็นระบบเข้าใจง่าย	เขียนอธิบายการสะท้อน ปัญหาได้เพียงด้านเดียว หรือ 2 ด้าน ไม่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการ ผลลัพธ์ในการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา	ไม่เขียนคำตอบคำถาม หรือคำตอบไม่ถูกต้อง

2.4 นำแบบวัดการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความเป็นไปได้และเพื่อพิจารณาความถูกต้อง เหมาะสมของข้อสอบ กับผลการเรียนรู้จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะ โดยแก้ไข ปรับความเหมาะสมของข้อคำถาม

2.5 นำแบบวัดการคิดเชิงระบบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้นไปมีเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

ให้ +1 คือ ข้อสอบมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้ 0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

ให้ -1 คือ ข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้

2.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของสถานการณ์กับผลการเรียนรู้ที่ชี้ถึงการคิดเชิงระบบ คัดเลือกสถานการณ์ที่ผ่านดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ซึ่งผลการพิจารณาพบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับสถานการณ์ที่ใช้วัดการคิดเชิงระบบ (ภาคผนวก ค)

2.7 นำแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือ ตามผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำดังนี้ โดยปรับสถานการณ์ให้กระชับไม่ยาวเกินไป และแก้ไขคำถูก ผิดให้เรียบร้อย

2.8 นำเกณฑ์การให้คะแนน แบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบ และปรับปรุงตามคำแนะนำผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับเกณฑ์การให้คะแนน ให้มีความชัดเจนมากขึ้น

2.9 นำเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบให้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนโดยมีผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน แบบวัดการคิดเชิงระบบ ประเมินแต่ละรายข้อนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 3.51 - 5.00 ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงระบบมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นเกณฑ์คะแนนมีคุณภาพและมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนการคิดเชิงระบบ 4.98-5.00 เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมิน พบว่า เกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก ค)

2.10 นำแบบวัดการคิดเชิงระบบและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปใช้เป็นเครื่องมือในงานวิจัยสำหรับเก็บข้อมูลต่อไป

3. แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน ผู้วิจัยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม เพื่อสังเกตพฤติกรรมของการคิดเชิงระบบ โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบสังเกต ดังนี้

3.1 ศึกษาเกี่ยวกับแบบสังเกตพฤติกรรม

3.2 ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรม

3.3 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 พฤติกรรมที่สังเกตนักเรียนในชั้นเรียน

พฤติกรรมในชั้นเรียน	พฤติกรรมที่สังเกต
ความร่วมมือ	การที่ร่วมมือให้คำปรึกษาและวางแผนร่วมกันมีการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ
มีความละเอียดรอบคอบ	ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้ อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบละเอียดถี่ถ้วน ทำงานถูกต้องสมบูรณ์ ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ
คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ตัดสินใจ ดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ

พฤติกรรมในชั้นเรียน	พฤติกรรมที่สังเกต
	และคำนึงถึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ
การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม	นำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาเรียนรู้มาปรับประยุกต์ใช้ในการทำงานอย่างเหมาะสม

3.4 กำหนดเกณฑ์การประเมินของแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และวิธีใช้เกณฑ์กำหนดเกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพตามแนวคิด (สมศักดิ์ ภูวิภาดาธรรมณ์, 2544) โดยใช้เกณฑ์ประเมิน 3 ระดับคือ 2 หมายถึง ดี 1 หมายถึง พอใช้ และ 0 หมายถึง ปรับปรุง

ซึ่งกำหนดเกณฑ์การตัดสินคุณภาพไว้ 3 ระดับ ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
6 คะแนนขึ้นไป	หมายถึง ดี
3-5 คะแนน	หมายถึง พอใช้
ต่ำกว่า 2 คะแนน	หมายถึง ปรับปรุง

3.5 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมตามขอบข่ายที่กำหนด

3.6 นำแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับแก้ไข โดยปรับพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้สอดคล้องกับ พฤติกรรมที่ต้องการประเมินสามารถสังเกตได้

3.5 นำแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่ปรับปรุงตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษา พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินหาความ สอดคล้องระหว่างข้อ พฤติกรรมแต่ละข้อกับพฤติกรรมในชั้นเรียน (Index of Item - Objective Congruence หรือ IOC)

ให้ +1 คือ เมื่อแน่ใจว่าข้อพฤติกรรมนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมในชั้นเรียน

ให้ 0 คือ เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อพฤติกรรมนั้นสอดคล้องพฤติกรรมในชั้นเรียน

ให้ -1 คือ เมื่อแน่ใจว่าข้อพฤติกรรมนั้นไม่ได้สอดคล้องกับพฤติกรรมใน

ชั้นเรียน

3.6 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมกับขั้นตอนการคิดเชิงระบบ คัดเลือกข้อที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 ไว้ใช้ ซึ่งผลการพิจารณาพบว่ามีความเท่ากับ 1.00 แสดงว่าแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนมีค่าดัชนีสอดคล้องกับ พฤติกรรมที่สังเกต (ภาคผนวก ข)

3.7 นำแบบสังเกตพฤติกรรมผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับแก้ไขพฤติกรรม ระดับการให้คะแนนให้มีความชัดเจนมากขึ้น

3.8 นำเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรม ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรม และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.9 นำผลการประเมินเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 3.51 - 5.00 ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีคุณภาพพอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมากหรือควรปรับปรุง

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นเกณฑ์คะแนนที่มีคุณภาพและมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรม เท่ากับ 4.60-4.80 เมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมิน พบว่า เกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ภาคผนวก ค)

3.10 นำแบบสังเกตพฤติกรรมที่ปรับปรุงแล้ว นำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีวิจัยแบบ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ (Kemmis, S., & McTaggart, 1990) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ซึ่งดำเนินการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดำเนินการดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 ผู้วิจัยทำการสังเกตชั้นเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสารคามพิทยาคมที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โดยสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูผู้สอนและพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนรวมถึงสภาพสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบสภาพปัญหาของนักเรียน และทำการวัดการคิดเชิงระบบเพื่อหากลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัย

1.2 ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ การสร้างเครื่องมือวิจัยและรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

1.3 ผู้วิจัยทำการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ แบบวัดการคิดเชิงระบบและแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงระบบ

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) จัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการเรียนรู้โดยใช้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ต่อ 1 วงรอบ มีทั้งหมด 3 วงรอบ ที่สร้างขึ้นในขั้นวางแผน

3. ขั้นสังเกต (Observe)

3.1 ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแล้วบันทึกลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้น เมื่อจบแผนการสอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3.2 ผู้วิจัยนำแบบวัดการคิดเชิงระบบที่สร้างขึ้นมาทดสอบ กับกลุ่มเป้าหมาย หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนครบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งจะทำการทดสอบทุกวงจรปฏิบัติการ

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

4.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมมาในด้านปริมาณและคุณภาพจากนั้นนำมาประเมินผล เพื่อประเมินการคิดเชิงระบบของกลุ่มเป้าหมายว่าถึงเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้หรือไม่

4.2 ผู้วิจัยทำการสะท้อนปัญหาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากการสังเกตหรือบันทึกแผนการจัดการเรียนรู้หลังแผน แล้วหาแนวทางในการพัฒนาปรับปรุง เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

4. การจัดทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบของแต่ละวงจร จากการทำแบบวัดหลังเรียน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อดูผลการพัฒนา นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผลเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดเพื่อประเมินระดับในการคิดเชิงระบบของนักเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551 อ้างอิงใน สุจิตรา การพิสมัย, 2557)

การวิเคราะห์การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ โดยมาจากแบบสังเกตพฤติกรรมการคิดเชิงระบบ และแบบบันทึกหลังแผนการสอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มาวิเคราะห์ประเมินสภาพที่เกิดขึ้นว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไรบ้าง โดยเขียนรายงานออกมาเป็นลักษณะของการบรรยาย เพื่อนำไปเป็นแนวทางแก้ไขปรับปรุงในส่วนที่พบปัญหาและอุปสรรคให้ดีขึ้น เพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการต่อไป



5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 ร้อยละ (*Percentages, %*) ใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

$$(\%) = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ f แทน ความถี่ของรายการที่สนใจ
 N แทน จำนวนทั้งหมด

5.1.2 ค่าเฉลี่ย (*Mean, $\bar{X}$*) ใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 X_i แทน คะแนนของคนที่ i
 n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*Standard Deviation, SD*) (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 x_i แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
 n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

5.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

5.2.1 ค่าความเที่ยงตรง (Validity) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบและแบบสังเกตพฤติกรรม โดยการหาดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence Index, IOC) โดยแปลระดับความสอดคล้อง ดังนี้

สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	+1
ไม่แน่ใจ	มีคะแนนเป็น	0
ไม่สอดคล้อง	มีคะแนนเป็น	-1

และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง
 $\sum R$ แทน คะแนนของระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
 ประเมินในแต่ละข้อ
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้องในข้อนั้น

พูน ปณ จิต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ให้มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 32 คน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ตามรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการวิเคราะห์เป็น 3 ส่วนดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
4. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการสื่อความหมายข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงรอบปฏิบัติการ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์เพื่อพัฒนาคิดเชิงระบบ หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 32 คน โดยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แบบวัดการคิดเชิงระบบวงรอบปฏิบัติการละ 6 ข้อ คะแนนเต็มข้อละ 2 คะแนน การวิเคราะห์การคิดเชิงระบบของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 สรุปจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม หลังจากที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ เป็นไปดังตาราง 13

ตารางที่ 13 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบที่ผ่านเกณฑ์และ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

วงรอบปฏิบัติการ	จำนวนนักเรียน (คน)		จำนวนนักเรียนคิดเป็นร้อยละของ นักเรียนทั้งหมด	
	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70	ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70	ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
วงรอบปฏิบัติการที่ 1	10	22	31.25	68.75
วงรอบปฏิบัติการที่ 2	17	15	53.13	46.88
วงรอบปฏิบัติการที่ 3	26	6	81.25	18.75

จากตารางที่ 13 พบว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 32 คน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์แต่ละวงรอบปฏิบัติการมีจำนวนนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 เพิ่มขึ้นตามลำดับวงรอบปฏิบัติการดังนี้ วงรอบปฏิบัติการที่ 1 พบว่ามีคะแนนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่ามีคะแนนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 53.13 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และ วงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่ามีคะแนนนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 81.25 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม อย่างน้อยร้อยละ 70 ของกลุ่มเป้าหมายในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 ทั้ง 3 วงรอบปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 โดยได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ ซึ่งทำการทดสอบหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ โดยนำคะแนนการคิดเชิงระบบ มาพิจารณาเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวน 32 คน ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

นักเรียน คนที่	คะแนนรวมการคิดเชิงระบบ								
	วงรอบปฏิบัติการที่ 1			วงรอบปฏิบัติการที่ 2			วงรอบปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
1	7	58.33	ไม่ผ่าน	5	41.67	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน
2	6	50	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
3	6	50	ไม่ผ่าน	7	58.33	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน
4	6	50	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน
5	7	58.33	ไม่ผ่าน	8	66.67	ไม่ผ่าน	12	100	ผ่าน
6	7	58.33	ไม่ผ่าน	4	33.33	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน
7	5	41.67	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	12	100	ผ่าน
8	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
9	6	50	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน
10	9	75	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
11	10	83.33	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	12	100	ผ่าน

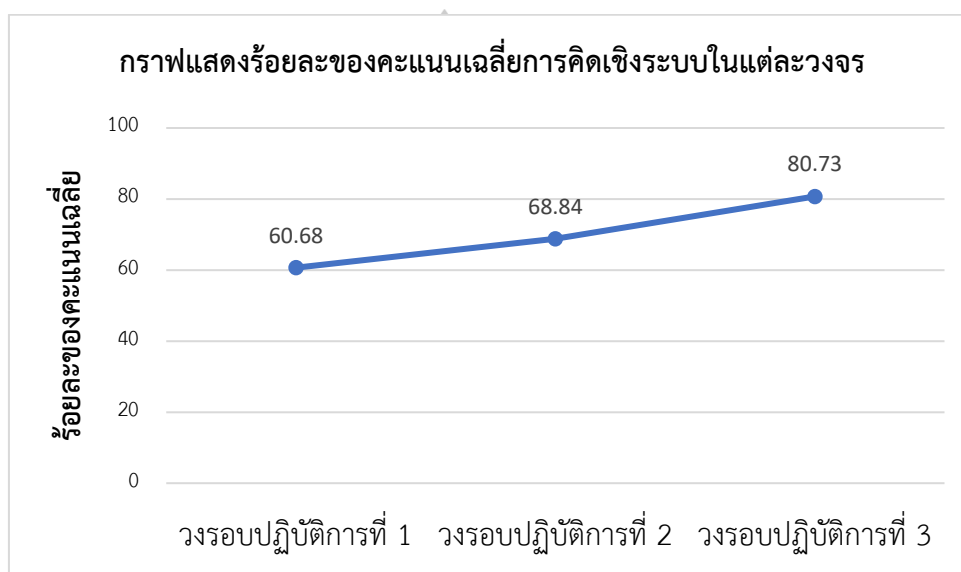
นัก เรียน คนที่	คะแนนรวมการคิดเชิงระบบ								
	วงรอบปฏิบัติการที่ 1			วงรอบปฏิบัติการที่ 2			วงรอบปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
12	8	66.67	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
13	7	58.33	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
14	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	12	100	ผ่าน
15	7	58.33	ไม่ผ่าน	4	33.33	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
16	7	58.33	ไม่ผ่าน	8	66.67	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน
17	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
18	7	58.33	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน
19	6	50	ไม่ผ่าน	7	58.33	ไม่ผ่าน	7	58.33	ไม่ผ่าน
20	9	75	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
21	10	83.33	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	12	100	ผ่าน
22	6	50	ไม่ผ่าน	8	67.67	ไม่ผ่าน	7	58.33	ไม่ผ่าน
23	10	83.33	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
24	6	50	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
25	7	58.33	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
26	9	75	ผ่าน	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
27	7	58.33	ไม่ผ่าน	8	67.67	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
28	3	25	ไม่ผ่าน	8	67.67	ไม่ผ่าน	9	75	ผ่าน
29	7	58.33	ไม่ผ่าน	11	91.67	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
30	9	75	ผ่าน	10	83.33	ผ่าน	11	91.67	ผ่าน
31	6	50	ไม่ผ่าน	6	50	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
32	6	50	ไม่ผ่าน	5	41.67	ไม่ผ่าน	10	83.33	ผ่าน
$\bar{x}$	7.28	60.67	-	8.25	68.84	-	9.69	80.73	-

นักเรียน คนที่	คะแนนรวมการคิดเชิงระบบ								
	วงรอบปฏิบัติการที่ 1			วงรอบปฏิบัติการที่ 2			วงรอบปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)	คะแนนเต็ม (12)	ร้อยละ	ผลการประเมิน (เกณฑ์ร้อยละ 70)
จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70			10			17			26
คิดเป็นร้อยละของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70			31.25			53.13			81.25

จากตาราง 14 พบว่า คะแนนการคิดเชิงระบบที่ได้จากการแบบวัดคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย 32 คน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ พบว่า ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 60.67 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 68.84 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 80.73 จากผลดังกล่าวพบว่าคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แสดงว่านักเรียนมีการคิดเชิงระบบสูงขึ้น เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ โดยนักเรียนที่ผ่านการประเมิน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ยังคงผ่านในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 และ 3 เช่นเดียวกันกับนักเรียนที่ผ่านการประเมิน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ยังคงผ่านการประเมินในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

พูน ปณ จิต ชีเว

จากตาราง 14 เมื่อเขียนกราฟแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบแสดงดังรูป 17



ภาพที่ 17 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงระบบในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

จากภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนการคิดเชิงระบบเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ โดยในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีคะแนนมากที่สุด



4. ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงระบบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการคิดเชิงระบบ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 ที่ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจำนวน 3 ครั้งคือ ระหว่างเรียน 3 ครั้ง หลังจากวงจรปฏิบัติที่ 1 2 และ 3 ซึ่งทำการวัดการคิดเชิงระบบโดยใช้ แบบวัดการคิดเชิงระบบ และกิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ และแบบสังเกตพฤติกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ขั้นตอนการวางแผน (Plan)

1) ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 โรงเรียนสารคามพิทยาคมที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงระบบ จากการวัดแบบวัดการคิดเชิงระบบ เป็นแบบอัตนัยเชิงสถานการณ์ พร้อมอธิบายเหตุผลจำนวน 1 สถานการณ์ โดยในสถานการณ์มี 9 ข้อย่อยครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ การวิเคราะห์ระบบ ในแนวลึก การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว ดัดแปลงมาจาก (Breil Brenda, 2018) แล้วพบว่ามึนักเรียนจำนวน 32 คนที่ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

2) ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาที่พบจากการสำรวจปัญหา ซึ่งพบว่าเด็กที่ไม่ผ่านเกณฑ์ทั้งหมด 32 คน ซึ่งจะเป็นกลุ่มเป้าหมายที่จะพัฒนาการคิดเชิงระบบ และ ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ ศึกษาขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยจากเอกสารต่าง ๆ พร้อมทั้งวิเคราะห์ และกำหนดเนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าสถิต เพื่อออกแบบกิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้

3) ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ แบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน จากนั้นทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและดำเนินการหาค่าความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

1.2 ขั้นปฏิบัติ (Act)

ดำเนินการสอนตาม แผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 3 แผน เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน พร้อมทำการบันทึกหลังแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อันเมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ประกอบด้วย

แผนที่ 1 เรื่อง ประจุไฟฟ้า

แผนที่ 2 เรื่อง ชนิดของแรงระหว่างประจุ

แผนที่ 3 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

1.3 ขั้นสังเกต (Observe)

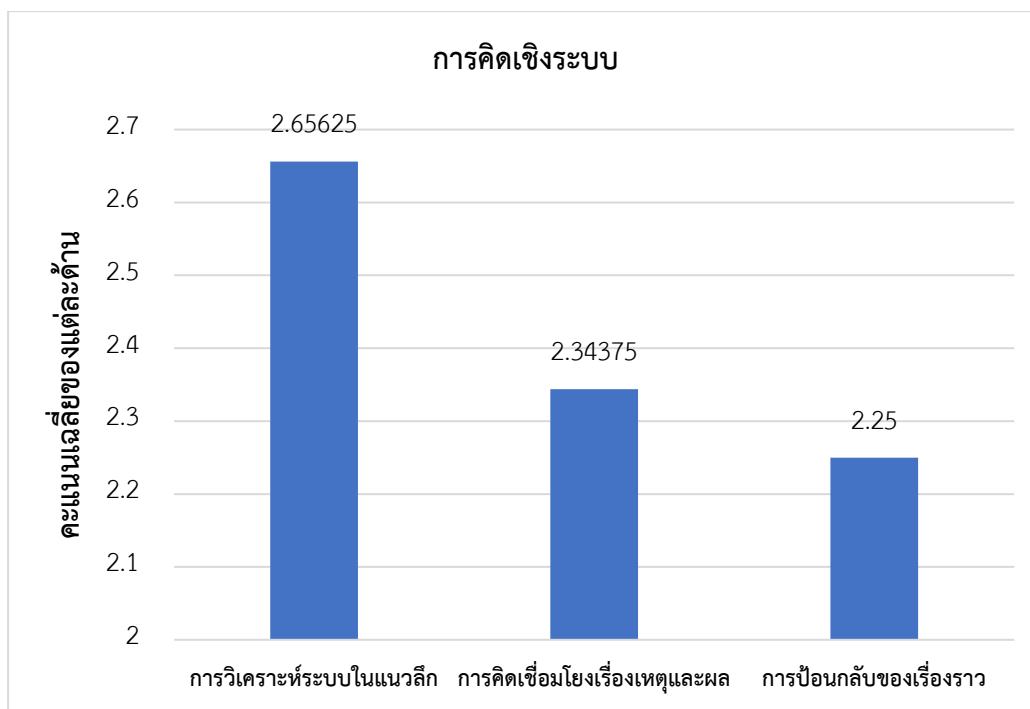
1) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้วัดการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนด้วยแบบวัดการคิดเชิงระบบ รายบุคคลโดยใช้แบบวัดจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน ผลคะแนนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 32 คน โดยผลคะแนนจะแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงรอบปฏิบัติการที่ 1 (n=32)

นักเรียน คนที่	การคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ			คะแนน รวม (12)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
	การวิเคราะห์ ระบบในแนว ลึก (4)	การคิด เชื่อมโยงเรื่อง เหตุและผล (4)	การป้อนกลับ ของเรื่องราว (4)			
1	2	2	3	7	58.33	ไม่ผ่าน
2	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
3	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
4	2	1	2	6	50	ไม่ผ่าน
5	2	3	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
6	2	2	3	7	58.33	ไม่ผ่าน
7	3	2	0	5	41.67	ไม่ผ่าน
8	3	3	3	9	75	ผ่าน
9	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
10	3	2	4	9	75	ผ่าน
11	4	2	4	10	83.33	ผ่าน
12	3	3	2	8	66.67	ไม่ผ่าน
13	3	3	1	7	58.33	ไม่ผ่าน
14	3	3	3	9	75	ผ่าน
15	2	2	3	7	58.33	ไม่ผ่าน
16	2	3	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
17	3	3	3	9	75	ผ่าน
18	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน

นักเรียน คนที่	การคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ			คะแนน รวม (12)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
	การวิเคราะห์ ระบบในแนว ลึก (4)	การคิด เชื่อมโยงเรื่อง เหตุและผล (4)	การป้อนกลับ ของเรื่องราว (4)			
19	2	3	1	6	50	ไม่ผ่าน
20	3	3	3	9	75	ผ่าน
21	4	2	4	10	83.33	ผ่าน
22	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
23	4	3	3	10	83.33	ผ่าน
24	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
25	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
26	3	3	3	9	75	ผ่าน
27	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
28	2	1	0	3	25	ไม่ผ่าน
29	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
30	3	3	3	9	75	ผ่าน
31	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
32	3	3	0	6	50	ไม่ผ่าน
$\bar{x}$	2.65	2.34	2.25	7.28	60.68	
SD	0.65	0.60	1.05	1.63		

จากตารางที่ 15 แสดงผลการวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต ของนักเรียน หลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 32 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 10 คนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนเต็ม และมีนักเรียนจำนวน 22 คน ได้คะแนนไม่ผ่าน เกณฑ์ร้อยละ 70 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 7.28 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 1.63 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้าน จากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบทั้งหมด 3 ด้าน รวมด้านละ 4 คะแนน แสดงในภาพที่ 18 ดังนี้



ภาพที่ 18 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

ภาพที่ 18 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านการคิดเชิงระบบทั้งหมด 3 ด้าน พบว่าการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 2.66 คะแนนซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายแต่ยังไม่ชี้ประเด็นสำคัญขาดรายละเอียดปัญหา หรือปัญหารองที่ไม่ใช่ปัญหาหลักได้ ทำให้ได้คะแนนในขั้นนี้สูงสุดแต่ยังไม่เต็ม และคะแนนเฉลี่ยอันดับสองคือการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล เท่ากับ 2.34 คะแนน ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากเขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการ แต่ขาดการเชื่อมโยงความเป็นเหตุ และผล อีกทั้งยังขาดรายละเอียดในการให้เหตุ และผล ส่วนด้านการป้อนกลับของเรื่องราว มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.25 ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากไม่อธิบายการสะท้อนปัญหา หรือผลลัพธ์ในการป้อนกลับของวงจร

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ความร่วมมือ มีความละเอียดรอบคอบ คิดไตร่ตรองมีเหตุผล การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในขณะการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 1 พบว่าผลที่ได้จากการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่วัดจากแบบวัดเชิงระบบ มีความสอดคล้องกับคะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ได้จาก แบบสังเกตพฤติกรรม ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่

1

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดได้ตรงต่องมีเหตุผล (2 คะแนน)	มีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
1*	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
2*	0	1	1	1	3	พอใช้
3*	1	1	1	1	4	พอใช้
4*	0	0	0	1	1	ปรับปรุง
5*	2	1	1	1	5	พอใช้
6*	1	1	1	1	4	พอใช้
7*	1	0	0	1	2	ปรับปรุง
8	2	1	1	2	6	ดี
9*	1	0	0	0	1	ปรับปรุง
10	2	2	2	2	8	ดี
11	2	2	1	2	7	ดี
12*	2	1	1	1	5	พอใช้
13*	1	0	0	0	1	ปรับปรุง
14	2	2	2	2	8	ดี
15*	2	1	1	1	5	พอใช้
16*	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
17	2	2	2	2	8	ดี
18*	0	0	0	0	0	ปรับปรุง
19*	0	1	1	0	2	ปรับปรุง

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (2 คะแนน)	การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
20	2	1	1	2	6	ดี
21	2	1	1	2	6	ดี
22*	1	1	2	1	5	พอใช้
23	2	1	2	2	7	ดี
24*	1	1	2	1	5	พอใช้
25*	1	1	1	1	4	พอใช้
26	2	1	2	2	7	ดี
27*	1	1	2	1	5	พอใช้
28*	1	2	0	2	5	พอใช้
29*	1	1	0	1	3	พอใช้
30	2	2	1	2	7	ดี
31*	2	1	1	1	5	พอใช้
32*	2	1	1	1	5	พอใช้
$\bar{x}$	1.28	0.97	0.97	1.15	4.38	

* นักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

หมายเหตุ. เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรม 6 คะแนนขึ้นไป หมายถึง ดี, 3-5 คะแนน หมายถึง พอใช้ และต่ำกว่า 2 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

จากตารางที่ 18 พบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 คะแนนพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 4.38 ซึ่งจัดอยู่ในระดับคุณภาพ พอใช้ และจากการสังเกต

พฤติกรรมของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายจำนวน 32 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 10 คน มีคะแนนพฤติกรรมที่ดี มีนักเรียนจำนวน 14 คน มีคะแนนพฤติกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ พอใช้ และมีนักเรียนจำนวน 8 คน มีคะแนนพฤติกรรมที่ต้องปรับปรุง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นอกจากนี้นักเรียนหลายคนไม่กระตือรือร้นในการเรียน เนื่องจากช่วงสัปดาห์ก่อนหน้ามีกิจกรรม ทางโรงเรียนขาดการเรียนการสอนที่ต่อเนื่อง หลายคนไม่ให้ความร่วมมือ พบว่านักเรียนไม่มีการวางแผนร่วมกัน มีการแบ่งหน้าที่เพียง 2-3 คนเท่านั้นจากสมาชิกทั้งหมด 5-6 คน สมาชิกที่เหลือคอยมองเพื่อทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง อีกทั้งนักเรียนหลายกลุ่มยังขาดการคิดวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติ ทำให้ได้แก้ไขแบบจำลองมากกว่าบางกลุ่ม และขาดความละเอียดรอบคอบ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุป เป็นรายบุคคล พฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมปรับปรุงจำนวน 8 คน และพฤติกรรมพอใช้ 14 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 พบว่ามีนักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ให้ความร่วมมือ ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองเพื่อเข้าใจเนื้อหา และสรุปแผนผังมโนทัศน์ จึงขาดการคิดเชิงระบบ ไม่นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 2 พบว่ามีนักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ แต่ไม่ครบทุกหัวข้อ ขาดความละเอียดรอบคอบ คิดวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติแต่ยังขาดการตัดสินใจ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ นำความรู้ที่ได้มาขยายแบบจำลองได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลอง

นักเรียนคนที่ 4 พบว่ามีนักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ให้ความร่วมมือ ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ แต่สามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ในชั้นขยายแบบจำลองได้ ใช้ได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 7 พบว่ามีนักเรียน ปรึกษาและวางแผนกับสมาชิก แต่ไม่ได้แบ่งหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบแต่สามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้ ได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 9 พบว่ามีนักเรียน ปรึกษาและวางแผนกับสมาชิก แต่ไม่ได้แบ่งหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ แต่สามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้ ได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 12 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือทำกิจกรรมเป็นอย่างดี แบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้แต่ยังขาดรายละเอียดสำคัญ วางแผนก่อนลงมือทำแต่ไม่คำนึงถึงผลที่ตามมา ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบและสามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้ ได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 16 พบว่านักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ให้ความร่วมมือ ไม่ปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ไม่นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 19 พบว่านักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนก่อนลงมือทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดความละเอียดรอบคอบ จึงทำให้ไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 25 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือ ในการปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ยังขาดความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 31 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ในการปฏิบัติตามกิจกรรมต่างตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ยังขาดความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 32 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ในการปฏิบัติตามกิจกรรมต่างตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหา

และไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ยังขาดความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวมจะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีปัญหาคือนักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการแบ่งหน้าที่ ไม่มีความรอบคอบส่งผลให้ทำงานไม่ถูกต้อง อีกทั้งไม่คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดความรอบคอบ อีกทั้งไม่ปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับขั้นที่วางไว้ โดยภาพรวมจากการสังเกตจึงพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีปัญหา การคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.4 ขั้นตอนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกหลังการสอน ผู้วิจัยสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงรอบปฏิบัติการ ที่ 1 ได้นักเรียนจำนวน 22 คน ยังมีปัญหาในการคิดเชิงระบบ โดยจะนำไปเป็นปัญหาในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 2

ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้อย่างรอบปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ได้ผลแสดง ดังตาราง 17

ตารางที่ 17 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	1. ขั้นตอน การสร้างแบบจำลอง ไม่สามารถตัดสินใจ สร้างแบบจำลองทางความคิด จะรอสอบถามครูผู้สอน โดยไม่ลองทำก่อน	1. ครูชี้แจงให้ทราบว่าขั้นตอนสร้างแบบจำลองทางความคิดไม่มีผิด มีถูก ครูเพียงต้องการทราบ แบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพียงเท่านั้น
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	2. ขั้นตอนการประเมินแบบจำลอง และ ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง ไม่มีการ สังเกตเปรียบเทียบความแตกต่าง ของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อน เพื่อที่จะนำข้อแตกต่างนั้นมา ปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่ม ตนเอง	2. ครูผู้สอน กำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	3. ขั้นการประเมินแบบจำลองและ ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองนักเรียนไม่สามารถสรุปแผนผังมโนทัศน์ได้ และป้อนกลับแผนผังมโนทัศน์ จะรอสอบถามครูผู้สอน โดยไม่ลองทำก่อน	3. ครูยกตัวอย่างการสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ ครูจะสาธิตและอธิบาย การเขียนแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงการเชื่อมโยงเนื้อหาที่สรุปด้วย แผนผังมโนทัศน์ และสรุปเพิ่มเติมด้วยการ ป้อนกลับกลับของเนื้อหา
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	4. นักเรียนไม่สามารถตัดสินใจได้ว่า แบบจำลองใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์ ทำนายโจทย์ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าแบบจำลอง รูปแบบอื่น ๆ อย่างไม่	4. ในขั้นตอนการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้ นักเรียนทุกกลุ่มนำอธิบายหลักการ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์จากแบบจำลองที่กลุ่ม ตนเองสร้างเพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์หรือทำนาย โจทย์ปัญหา ได้ ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไม่
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	5. ในขั้นตอนการทำกิจกรรมมีนักเรียนในกลุ่มหลายคน ไม่ช่วยเพื่อนทำงานในขณะที่มีกิจกรรมกลุ่ม	5. ครูผู้สอนชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนน และบอกนักเรียน ว่าจะมีคะแนนพฤติกรรมด้วย ดังนั้นนักเรียนต้องช่วยเพื่อนทำงาน และครูควรเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนแต่ละกลุ่มในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วย
แบบวัดการคิดเชิงระบบ	6. นักเรียนไม่ทราบว่าต้องนำสถานการณ์ ที่กำหนดให้มา	6. ครูชี้แจงอย่างละเอียดก่อนที่จะให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
	ตอบ ตามคำชี้แจง จะรอ สอบถามครูผู้สอน โดยไม่ลอง ทำก่อน	ชี้แจงถึงสิ่งที่โจทย์ ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำ กิจกรรมอย่าง ละเอียด
แบบวัดการคิดเชิงระบบ	7. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการ เขียนรายละเอียด หลักในการ ให้เหตุผล ระหว่าง การ เชื่อมโยง	7. ครูชี้แจงอย่างละเอียดถึง เรื่องสำคัญในการ เขียน เชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบ และยกตัวอย่างการเชื่อมโยง เหตุและผล ว่ามีลูกศรชี้ แต่ละลูกศรก็มีคำเชื่อม ไปยังแต่ละองค์ประกอบ
ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้น ต่อ การเรียนการสอน	8. นักเรียนไม่กล้าแสดงออกใน การนำเสนองาน และไม่กล้า แสดงความคิดของตนเองหน้า ชั้นเรียน	8. ขั้นตอนการนำเสนองาน หน้าชั้นเรียนให้สมาชิกทุกคน ภายในกลุ่มนำเสนอแนวคิด ร่วมกันหน้าชั้นเรียน และผลัด ถามคำถามกับ สมาชิกภายในกลุ่มหลาย ๆ คน เพื่อเป็นการประเมินรายคน ด้วย
การจัดสรรเวลาในการจัดการ เรียนรู้	9. ในแต่ละกิจกรรมที่ให้ นักเรียนทำ นักเรียนใช้เวลาใน การทำกิจกรรมค่อนข้างนาน จึงทำให้กิจกรรมท้าย ๆ เกิด ความเร่งรีบจนเกินไป	9. ในแต่ละกิจกรรมที่ให้ นักเรียนทำต้องกำหนด ระยะเวลาให้นักเรียนอย่าง ชัดเจน มีการตั้งนาฬิกาเพื่อจับ เวลาให้นักเรียนเห็นผ่านเครื่อง ฉายภาพเพื่อให้นักเรียนได้ทำ ทุกกิจกรรม ในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความ กระชับมากยิ่งขึ้น

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ขั้นวางแผน (Plan)

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติในวงรอบปฏิบัติที่ 1 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอน ชี้แจงให้ทราบว่า ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดไม่มีผิด มีถูก ครูเพียงต้องการทราบแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนเพียงเท่านั้น ครูผู้สอนกำหนดหัวข้อ ในการเปรียบเทียบ และประเมินแบบจำลองเป็นรายข้อเพื่อให้นักเรียนนำมาเปรียบเทียบกันได้ ครูยกตัวอย่างการสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ ครูจะสาธิตและอธิบาย การเขียนแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้ นักเรียนทราบถึงการเชื่อมโยงเนื้อหาที่สรุปด้วย แผนผังมโนทัศน์ และสรุปเพิ่มเติมด้วยการ ป้อนกลับกลับของเนื้อหา ในขั้นตอนการนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้ นักเรียนทุกกลุ่มนำอธิบายหลักการ ปรัชญาการณจากแบบจำลองที่กลุ่ม ตนเองสร้าง เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบาย หลักฐาน ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์ได้ ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ อย่างไร ครูผู้สอนชี้แจงถึงหลักเกณฑ์การให้คะแนน และบอกนักเรียน ว่าจะมีคะแนนพฤติกรรมด้วย ดังนั้นนักเรียนต้องช่วยเพื่อนทำงาน และครูควรเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนแต่ละกลุ่มในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วย ครูชี้แจงอย่างละเอียดก่อนที่จะให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ชี้แจงถึงสิ่งที่โจทย์ ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่าง ละเอียด ครูชี้แจงอย่างละเอียดถึงเรื่องสำคัญในการ เขียนเชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบ และยกตัวอย่างการเชื่อมโยงเหตุและผล ว่ามีลูกศรชี้ แต่ละลูกศรก็มีคำเชื่อม ไปยังแต่ละองค์ประกอบ ขั้นตอนการนำเสนอหน้าชั้นเรียนให้สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มนำเสนอ แนวคิดร่วมกันหน้าชั้นเรียน และผลัดถามคำถามกับสมาชิกภายในกลุ่มหลาย ๆ คน เพื่อเป็นการประเมินรายคนด้วย ในแต่ละกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำต้องกำหนดระยะเวลาให้นักเรียนอย่างชัดเจน มีการตั้งนาฬิกาเพื่อจับเวลาให้นักเรียนเห็นผ่านเครื่องฉายภาพเพื่อให้นักเรียนได้ทำทุกกิจกรรม ในเนื้อหาที่ใช้สอน และปรับเนื้อหาให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น

2.2 ขั้นปฏิบัติการ (Action)

ดำเนินการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พร้อมทำการบันทึกหลังแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น ซึ่งแผนที่สร้างมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง กฎของคูลอมบ์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ความหมายสนามไฟฟ้า และสนามไฟฟ้า

ของจุดประจุ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สนามไฟฟ้าของระบบประจุ

2.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

1) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้วัดการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนด้วยแบบวัดการคิดเชิงระบบ รายบุคคลโดยใช้แบบวัดจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน ผลคะแนนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 22 คน โดยผลคะแนนจะแสดงในตาราง 18

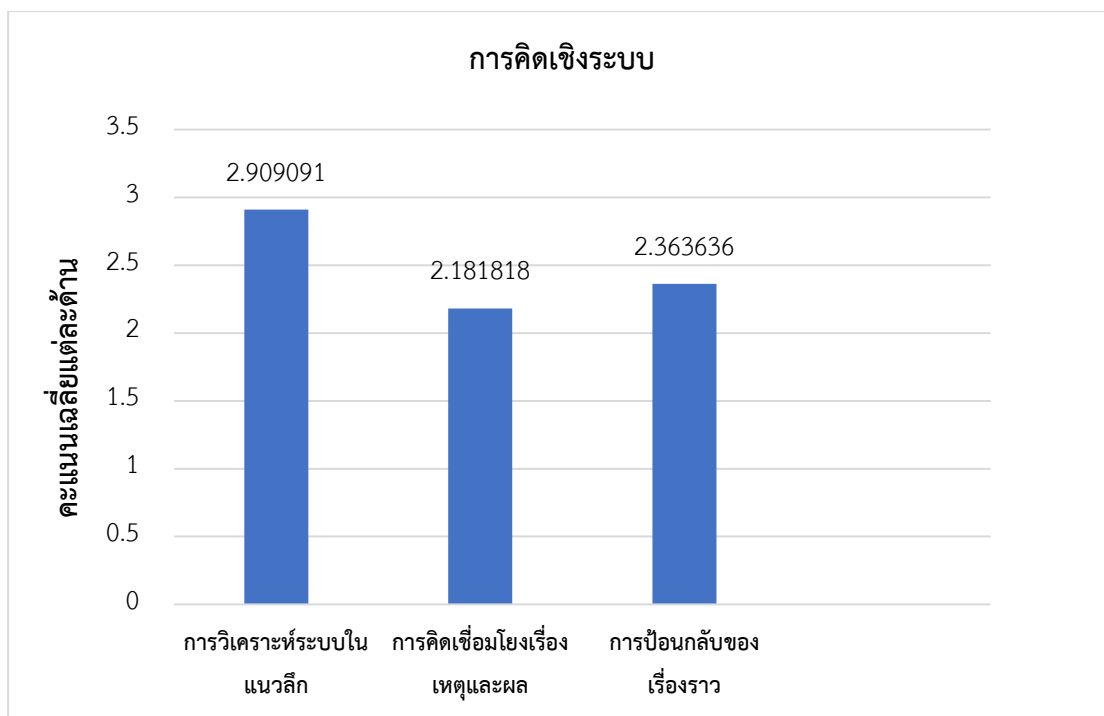
ตารางที่ 18 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (n=22)

นักเรียน คนที่	การคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ			คะแนน รวม	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
	การวิเคราะห์ ระบบในแนว ลึก (4)	การคิด เชื่อมโยงเรื่อง เหตุและผล (4)	การป้อนกลับ ของเรื่องราว (4)			
1	3	1	1	5	41.67	ไม่ผ่าน
2	3	3	3	9	75	ผ่าน
3	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
4	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
5	3	2	3	8	66.67	ไม่ผ่าน
6	1	1	2	4	33.33	ไม่ผ่าน
7	4	3	3	10	83.33	ผ่าน
8	3	2	1	6	50	ไม่ผ่าน
9	3	3	3	9	75	ผ่าน
10	4	3	4	11	91.67	ผ่าน
11	2	1	1	4	33.33	ไม่ผ่าน
12	3	2	3	8	66.67	ไม่ผ่าน
13	3	2	1	6	50	ไม่ผ่าน

นักเรียน คนที่	การคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ			คะแนน รวม	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
	การวิเคราะห์ ระบบในแนว ลึก (4)	การคิด เชื่อมโยงเรื่อง เหตุและผล (4)	การป้อนกลับ ของเรื่องราว (4)			
14	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
15	3	2	3	8	66.67	ไม่ผ่าน
16	3	3	3	9	75	ผ่าน
17	3	3	3	9	75	ผ่าน
18	3	3	2	8	66.67	ไม่ผ่าน
19	3	2	3	8	66.67	ไม่ผ่าน
20	4	3	4	11	91.67	ผ่าน
21	3	2	1	6	50	ไม่ผ่าน
22	2	1	2	5	41.67	ไม่ผ่าน
$\bar{x}$	2.91	2.18	2.36	7.45	62.12	
SD	0.68	0.73	0.95	2.04		

จากตารางที่ 18 แสดงผลการวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง กฎของคูลอมบ์ และสนามไฟฟ้า ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 22 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 7 คนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนเต็ม และมีนักเรียนจำนวน 15 คนได้คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 7.45 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.04 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้าน จากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ ทั้งหมด 3 ด้าน รวมด้านละ 4 คะแนน แสดงในภาพ 19 ดังนี้

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 19 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

จากรูป 19 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านการคิดเชิงระบบทั้งหมด 3 ด้าน พบว่าการวิเคราะห์ระบบในเครือข่าย มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 2.91 คะแนนซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายแต่ยังไม่ชี้ประเด็นสำคัญขาดรายละเอียดปัญหา หรือปัญหารองที่ไม่ใช่ปัญหาหลักได้ ทำให้ได้คะแนนในขั้นนี้สูงสุดแต่ยังไม่เต็ม และคะแนนเฉลี่ยอันดับสองเท่ากับ 2.36 คะแนนคือการป้อนกลับของเรื่องราว ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากไม่อธิบายการสะท้อนปัญหา หรือผลลัพธ์ในการป้อนกลับของวงจร ส่วนด้านการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.18 ซึ่งพบว่านักเรียน ส่วนมากเขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการ แต่ขาดการเชื่อมโยงความเป็นเหตุและผล อีกทั้งยังขาดรายละเอียดในการให้เหตุ และผล โดยภาพรวมแล้วในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวงรอบปฏิบัติการที่ 1 หลังจากจบวงจรรอบปฏิบัติการที่ 2 เพิ่มขึ้นจาก 7.28 เป็น 7.45 คะแนน

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ความร่วมมือ มีความละเอียดรอบคอบ คิดไตร่ตรองมีเหตุผล การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในขณะการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่าผลที่ได้จากการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่วัดจาก

แบบวัดเชิงระบบ มีความ สอดคล้องกับคะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่าง
การจัดการเรียนรู้ที่ได้จากแบบ สังเกตพฤติกรรม ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ในรอบปฏิบัติการที่

2

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (2 คะแนน)	มีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
1*	1	0	0	0	1	ปรับปรุง
2	2	1	1	2	6	ดี
3*	1	1	1	1	4	พอใช้
4*	0	1	0	1	2	ปรับปรุง
5*	1	1	1	1	4	พอใช้
6*	1	1	1	0	3	พอใช้
7	2	2	1	1	6	ดี
8	2	1	1	2	6	ดี
9*	1	1	0	1	3	พอใช้
10	2	2	2	2	8	ดี
11	2	2	1	2	7	ดี
12	2	2	1	2	7	ดี
13	1	2	1	2	6	ดี
14	2	2	2	2	8	ดี
15*	2	1	1	1	5	พอใช้
16*	1	1	0	0	2	ปรับปรุง

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (2 คะแนน)	การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
17	2	2	2	2	8	ดี
18*	1	1	0	0	2	ปรับปรุง
19*	1	1	0	1	3	พอใช้
20	2	1	1	2	6	ดี
21	2	1	1	2	6	ดี
22*	1	1	2	1	5	พอใช้
23	2	1	2	2	7	ดี
24	2	1	2	2	7	ดี
25	2	1	1	2	6	ดี
26	2	1	2	2	7	ดี
27*	1	1	2	1	5	พอใช้
28*	1	2	0	2	5	พอใช้
29	2	1	1	2	6	ดี
30	2	2	1	2	7	ดี
31*	2	1	1	1	5	พอใช้
32*	2	1	1	1	5	พอใช้
$\bar{x}$	1.56	1.25	1.03	1.41	5.25	

* นักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

หมายเหตุ. เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรม 6 คะแนนขึ้นไป หมายถึง ดี, 3-5 คะแนน หมายถึง พอใช้ และต่ำกว่า 2 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

จากตารางที่ 19 พบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 คะแนนพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 5.25 ซึ่งจัดอยู่ในระดับคุณภาพ พอใช้ และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายจำนวน 32 คน พบว่า มีนักเรียนที่คะแนนพฤติกรรมที่ดี เพิ่มขึ้นจำนวน 17 คนจาก 10 คน มีนักเรียนจำนวน 11 คน มีคะแนนพฤติกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ พอใช้ และมีนักเรียนจำนวน 4 คน มีคะแนนพฤติกรรมที่ต้องปรับปรุง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มยากขึ้น นอกจากนี้นักเรียนหลายคนเริ่มกระตือรือร้นในการให้ความร่วมมือ บางคนไม่ให้ความร่วมมือ พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มมีการแบ่งหน้าที่เพียง 2-3 คนเท่านั้น จาก สมาชิกทั้งหมด 5-6 คน สมาชิกที่เหลือคอยมองเพื่อทำกิจกรรม ในการสร้างแบบจำลอง บางคนขาดการคิดไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ และยังขาดการนำมาประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุป เป็นรายบุคคล พฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมพอใช้ 9 คน และคะแนนพฤติกรรมปรับปรุงจำนวน 4 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 พบว่ามีนักเรียน ช่วยเพื่อนทำกิจกรรม แต่ไม่แบ่งหน้าที่รับผิดชอบในการสร้างแบบจำลอง ไม่ให้ความร่วมมือ ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ แต่ไม่นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 3 พบว่ามีนักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบแต่ยังขาดความละเอียดรอบคอบ วางแผนกับสมาชิกในการทำงาน แต่ยังไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรม มาความรู้มาปรับใช้ได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 4 พบว่ามีนักเรียน พบว่ามีนักเรียน คอยมองเพื่อนทำกิจกรรม ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดการคิดไตร่ตรองก่อนลงมือทำกิจกรรม นำความรู้มาประยุกต์ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 5 พบว่านักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ แต่ยังขาดความละเอียดรอบคอบ วางแผนกับสมาชิกในการทำงาน แต่ยังไม่นำผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรม ทำให้การสร้างแผนผังมโนทัศน์ไม่รอบคอบพอที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ มาความรู้มาปรับใช้ได้บางส่วนในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 6 พบว่านักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ แต่ยังขาดความละเอียดรอบคอบ วางแผนกับสมาชิกในการทำงาน แต่ยังไม่นำผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรม ทำให้การสร้างแผนผังมโนทัศน์ไม่รอบคอบพอที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 9 พบว่านักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดความละเอียดรอบคอบ ขาดการวางแผนคิดไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 15 พบว่านักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดความละเอียดรอบคอบ ขาดการวางแผนคิดไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 22 พบว่านักเรียน ร่วมปรึกษากับสมาชิกในกลุ่มแต่ไม่แบ่งหน้าที่ ในการทำงาน ปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ขาดความละเอียดรอบคอบ นักเรียนไม่นำผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรม มาความรู้มาปรับใช้ได้บางส่วนในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 27 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือ ในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในขั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 31 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ในการปฏิบัติกิจกรรมต่างตามขั้นที่วางไว้ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหา

และไม่ได้ขาดการวางแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ ความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

นักเรียนคนที่ 32 พบว่านักเรียนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ในการปฏิบัติกิจกรรมต่างตามขั้นที่วางไว้ ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลองขาดการเข้าใจในเนื้อหาและไม่ได้ขาดการวางแผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ยังขาดความรอบคอบ จึงทำให้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลองได้

จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวม จะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีปัญหาคือนักเรียนบางคน ไม่ให้ความร่วมมือในการแบ่งหน้าที่ ไม่มีความรอบคอบส่งผลให้ทำงานไม่ถูกต้อง อีกทั้งไม่คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดความรอบคอบ อีกทั้งไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับขั้นที่วางไว้ โดยภาพรวมจากการสังเกตจึงพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีปัญหา การคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.4 ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกหลังการสอน ผู้วิจัยสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ได้ว่า นักเรียนจำนวน 15 คน ยังมีปัญหาในการคิดเชิงระบบ โดยจะนำไปเป็นปัญหาในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป ได้ผลแสดง ดังตาราง 20

ตารางที่ 20 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	1. ขั้นตอนดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนไม่สามารถสรุปแผนผังมโนทัศน์เพิ่มเติมได้	1. ครูยกตัวอย่างการสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ ครูจะสาธิตและอธิบาย การเขียนแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงการสรุปเพิ่มเติมด้วยการป้อนกลับ
แบบวัดการคิดเชิงระบบ	2. นักเรียนตอบคำถามไม่ครบถ้วน ทำให้ข้อนั้นนักเรียน	2. ครูชี้แจงอย่างละเอียดก่อนที่จะให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
	ไม่ได้คะแนน เช่น การแก้ปัญหาว่าได้ผลหรือไม่ ควรใช้วิธีใด และมีวิธีใดบ้าง ตอบเพียงแค่ว่า ได้และไม่ได้	ชี้แจงถึงสิ่งที่โจทย์ ต้องการ สิ่ง ที่โจทย์กำหนดให้
แบบวัดการคิดเชิงระบบ	3. นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการ เขียนรายละเอียด หลักในการ ให้เหตุผล ระหว่างการ เชื่อมโยง	3. ครูชี้แจงอย่างละเอียดถึง เรื่องสำคัญในการเขียน เชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบ และยกตัวอย่างการเชื่อมโยง เหตุและผล ว่ามีลูกศรชี้ แต่ละลูกศรก็มีคำเชื่อม ไปยังแต่ละองค์ประกอบ
ปัญหา และอุปสรรคที่เกิดขึ้น ต่อ การเรียนการสอน	4. ในขั้นตอนการทำกิจกรรมมี นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถใช้ โปรแกรมที่ครู ให้ใช้ในการ สังเกตได้ เนื่องจากต้องใช้ อินเทอร์เน็ต	4. ครูผู้สอนชี้แจงว่าสามารถ เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของ โทรศัพท์ครูผู้สอนได้



3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.1 ขั้นวางแผน (Plan)

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติในวงรอบปฏิบัติที่ 2 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอน ตัวอย่างการสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ ครูจะสาธิตและอธิบาย การเขียนแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงการสรุปเพิ่มเติมด้วยการ บ้อนกลับกลับ ครูชี้แจงอย่างละเอียดก่อนที่จะให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม ชี้แจงถึงสิ่งที่โจทย์ ต้องการ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ ครูชี้แจงอย่างละเอียดถึงเรื่องสำคัญในการ เขียนเชื่อมโยงแต่ละองค์ประกอบ และยกตัวอย่างการเชื่อมโยงเหตุและผลว่ามีลูกศรชี้ แต่ละลูกศรก็มีคำเชื่อม ไปยังแต่ละองค์ประกอบ ครูผู้สอนชี้แจงว่าสามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตของโทรศัพท์ครูผู้สอนได้

3.2 ขั้นการปฏิบัติการ (Action)

ดำเนินการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พร้อมทำการบันทึกหลังแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อจัดกิจกรรมเสร็จสิ้น ซึ่งแผนที่สร้างมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้าและแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง ความต่างศักย์เนื่องจากสนามไฟฟ้า
สม่ำเสมอ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ

3.3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe)

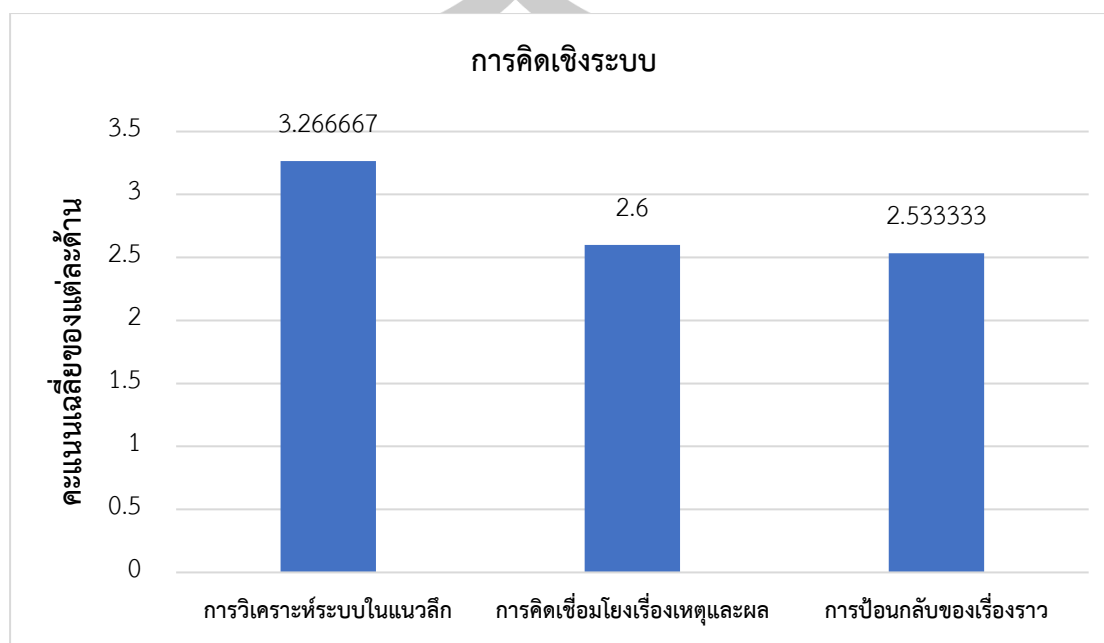
1) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วัดการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนด้วยแบบวัดการคิดเชิงระบบ รายบุคคลโดยใช้แบบวัดจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 12 คะแนน ผลคะแนนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 15 คน โดยผลคะแนนจะแสดงในตาราง 21

ตารางที่ 21 คะแนนการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 (n=15)

นักเรียน คนที่	การคิดเชิงระบบแต่ละองค์ประกอบ			คะแนน รวม	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
	การวิเคราะห์ ระบบในแนว ลึก (4)	การคิด เชื่อมโยงเรื่อง เหตุและผล (4)	การป้อนกลับ ของเรื่องราว (4)			
1	3	1	2	6	50	ไม่ผ่าน
2	3	3	3	9	75	ผ่าน
3	4	3	2	9	75	ผ่าน
4	4	4	4	12	100	ผ่าน
5	4	3	2	9	75	ผ่าน
6	2	2	2	6	50	ไม่ผ่าน
7	4	2	4	10	83.33	ผ่าน
8	3	1	2	6	50	ไม่ผ่าน
9	0	3	3	6	50	ไม่ผ่าน
10	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
11	3	2	2	7	58.33	ไม่ผ่าน
12	4	3	3	10	83.33	ผ่าน
13	4	3	2	9	75	ผ่าน
14	4	4	2	10	83.33	ผ่าน
15	4	3	3	10	83.33	ผ่าน
$\bar{x}$	3.27	2.60	2.53	8.4	70	
SD	1.09	0.91	0.74	1.92		

จากตารางที่ 21 แสดงผลการวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 15 คน พบว่ามีนักเรียนจำนวน 9 คนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนเต็ม และมีนักเรียนจำนวน 6 คนได้คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 8.4 คะแนน

และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.94 เมื่อพิจารณาคะแนนเป็นรายด้าน จากการทำแบบวัดการคิดเชิงระบบ ทั้งหมด 3 ด้าน รวมด้านละ 4 คะแนน แสดงในภาพ 20 ดังนี้



ภาพที่ 20 คะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านการคิดเชิงระบบของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

ภาพที่ 20 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านการคิดเชิงระบบทั้งหมด 3 ด้าน พบว่าการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.27 คะแนนซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนอธิบายแต่ยังไม่ชี้ประเด็นสำคัญขาดรายละเอียดปัญหา หรือปัญหาจริงที่ไม่ใช่ปัญหาหลักได้ ทำให้ได้คะแนนในขั้นนี้สูงสุดแต่ยังไม่เต็ม และคะแนนเฉลี่ยอันดับสองคือการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล เท่ากับ 2.60 คะแนน ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากเขียนอธิบายขั้นตอนกระบวนการ แต่ขาดการเชื่อมโยงความเป็นเหตุ และผล อีกทั้งยังขาดรายละเอียดในการให้เหตุ และผล ส่วนด้านการป้อนกลับของเรื่องราว มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 2.53 ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากไม่อธิบายการสะท้อนปัญหา หรือผลลัพธ์ในการป้อนกลับของวงจร

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำกาสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ความร่วมมือ มีความละเอียดรอบคอบ คิดไตร่ตรองมีเหตุผล การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ในขณะการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่าผลที่ได้จากการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่วัดจาก

แบบวัดเชิงระบบ มีความ สอดคล้องกับคะแนนจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่าง
การจัดการเรียนรู้ที่ได้จากแบบ สังเกตพฤติกรรม ดังตาราง 22

ตารางที่ 22 ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่าง การจัดการเรียนรู้ในวงรอบ
ปฏิบัติการที่ 3

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (2 คะแนน)	มีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
1*	1	1	0	0	2	ปรับปรุง
2	2	1	1	2	6	ดี
3	1	1	1	1	4	พอใช้
4	2	1	1	1	6	พอใช้
5	1	1	1	1	4	พอใช้
6	1	1	1	1	4	พอใช้
7	2	2	1	1	6	ดี
8	2	1	1	2	6	ดี
9*	1	1	1	1	4	พอใช้
10	2	2	2	2	8	ดี
11	2	2	1	2	7	ดี
12	2	2	1	2	7	ดี
13	2	2	1	2	7	ดี
14	2	2	2	2	8	ดี
15	2	1	1	1	5	พอใช้
16*	1	0	0	1	2	ปรับปรุง

นักเรียน คนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน				รวม 8 คะแนน	ประเมินผล
	ความร่วมมือ (2 คะแนน)	มีความละเอียดรอบคอบ (2 คะแนน)	คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (2 คะแนน)	การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม (2 คะแนน)		
17	2	2	2	2	8	ดี
18*	1	1	0	0	2	ปรับปรุง
19*	1	1	1	1	4	พอใช้
20	2	1	1	2	6	ดี
21	2	1	1	2	6	ดี
22*	1	1	2	1	5	พอใช้
23	2	1	2	2	7	ดี
24	2	1	2	2	7	ดี
25	2	1	1	2	6	ดี
26	2	1	2	2	7	ดี
27	2	1	2	1	6	ดี
28	1	2	1	2	6	ดี
29	2	1	1	2	6	ดี
30	2	2	1	2	7	ดี
31	2	1	1	2	6	ดี
32	2	2	1	2	7	ดี
$\bar{x}$	1.69	1.28	1.16	1.53	5.69	

* นักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

หมายเหตุ. เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตพฤติกรรม 6 คะแนนขึ้นไป หมายถึง ดี, 3-5 คะแนน หมายถึง พอใช้และต่ำกว่า 2 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

จากตารางที่ 22 พบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนพฤติกรรมมีคะแนนเฉลี่ยรวม เท่ากับ 5.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับคุณภาพ พอใช้ และจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายจำนวน 32 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 21 คน ที่มีคะแนนพฤติกรรมที่ดีเพิ่มขึ้น มีนักเรียนจำนวน 8 คน มีคะแนนพฤติกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่ พอใช้ และมีนักเรียนจำนวน 3 คน มีคะแนนพฤติกรรมที่ต้องปรับปรุงลดลง โดยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่คุ้นเคยกับการทำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตส์ทำให้นักเรียน แต่ยังสามารถเชื่อมโยงเนื้อหา หรือสรุปเนื้อหาได้จาก แผนผังโน้ตส์ สามารถนำข้อมูลมาป้อนกลับได้ อีกทั้งยังคุ้นชินกับการสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้นักเรียนหลายคนกระตือรือร้นในการเรียน บางคนไม่ให้ความร่วมมือ พบว่านักเรียนบางคนวางแผนร่วมกันมีการแบ่งหน้าที่เพียง 2-3 คนเท่านั้นจาก สมาชิกทั้งหมด 5-6 คน ในการสร้างแบบจำลอง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสรุป เป็นรายบุคคล พฤติกรรมของนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมพอใช้ 3 คน และคะแนนพฤติกรรมปรับปรุงจำนวน 3 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 พบว่านักเรียนมีการศึกษาแต่ยังไม่วางแผนการทำงาน ได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้แต่ขาดความรอบคอบ ทำให้การสรุปแผนผังโน้ตส์ต่าง ๆ ที่พัฒนาการคิดเชิงระบบ นั้นไม่สามารถสรุปได้ถูกต้อง ขาดการคิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจดำเนินการอย่างรอบคอบ ทำให้แบบจำลองมีความผิดพลาดเยอะ ไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ได้ในชั้นขยายแบบจำลอง

นักเรียนคนที่ 9 พบว่านักเรียน ปรึกษาเพื่อนทำกิจกรรม ปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ แต่ไม่ครบทุกหัวข้อ ขาดความละเอียดรอบคอบ ทำให้การสรุปแผนผังโน้ตส์ที่พัฒนาการคิดเชิงระบบ นั้นไม่ละเอียด และขาดความถูกต้อง คิดวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติ แต่ยังขาดการตัดสินใจทำให้แบบจำลองนั้นไม่ถูกต้อง นำความรู้ที่ได้มาขยายแบบจำลองได้บางส่วน

นักเรียนคนที่ 16 พบว่านักเรียนมีการศึกษาแต่ยังไม่วางแผนการทำงาน ในการสร้างแบบจำลอง ไม่ปฏิบัติตามกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ขาดการคิดไตร่ตรอง ทำให้ไม่ได้สร้างแบบจำลอง

ขาดความเข้าใจในเนื้อหาที่ถูกต้อง และขาดการฝึกสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่จะช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ แต่สามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลอง

นักเรียนคนที่ 18 พบว่ามีนักเรียน ปรึกษาและวางแผนกับสมาชิก แต่ไม่ได้แบ่งหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้ขาดการสร้างแบบจำลองที่ทำให้เข้าใจเนื้อหา ขาดความรอบคอบ ไม่คิดไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ทำให้แผนผังมโนทัศน์ที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบไม่สามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ได้ ในชั้นขยายแบบจำลองได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลอง

นักเรียนคนที่ 19 พบว่ามีนักเรียน ปรึกษาและวางแผนกับสมาชิก แต่ไม่ได้แบ่งหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้ขาดการสร้างแบบจำลองในการเข้าใจเนื้อหา ขาดความรอบคอบ ไม่คำนึงถึงผลที่ตามมา ทำให้การสร้างแผนผังขาดความรอบคอบ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลอง

นักเรียนคนที่ 22 พบว่ามีนักเรียนคิดไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติกิจกรรมอย่างรอบคอบ คอยปรึกษาและวางแผนกับสมาชิก แต่ไม่ได้แบ่งหน้าที่ในการสร้างแบบจำลอง ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่วางไว้ ทำให้นักเรียนไม่ได้เข้าใจในแบบจำลอง ขาดการคำนึงถึงผลที่ตามมาทำให้แผนผังมโนทัศน์ขาดการคำนึงถึงการป้อนกลับของเรื่องราว นักเรียนสามารถนำความรู้ที่สังเกตมาปรับประยุกต์ใช้ได้บางส่วนในชั้นขยายแบบจำลอง

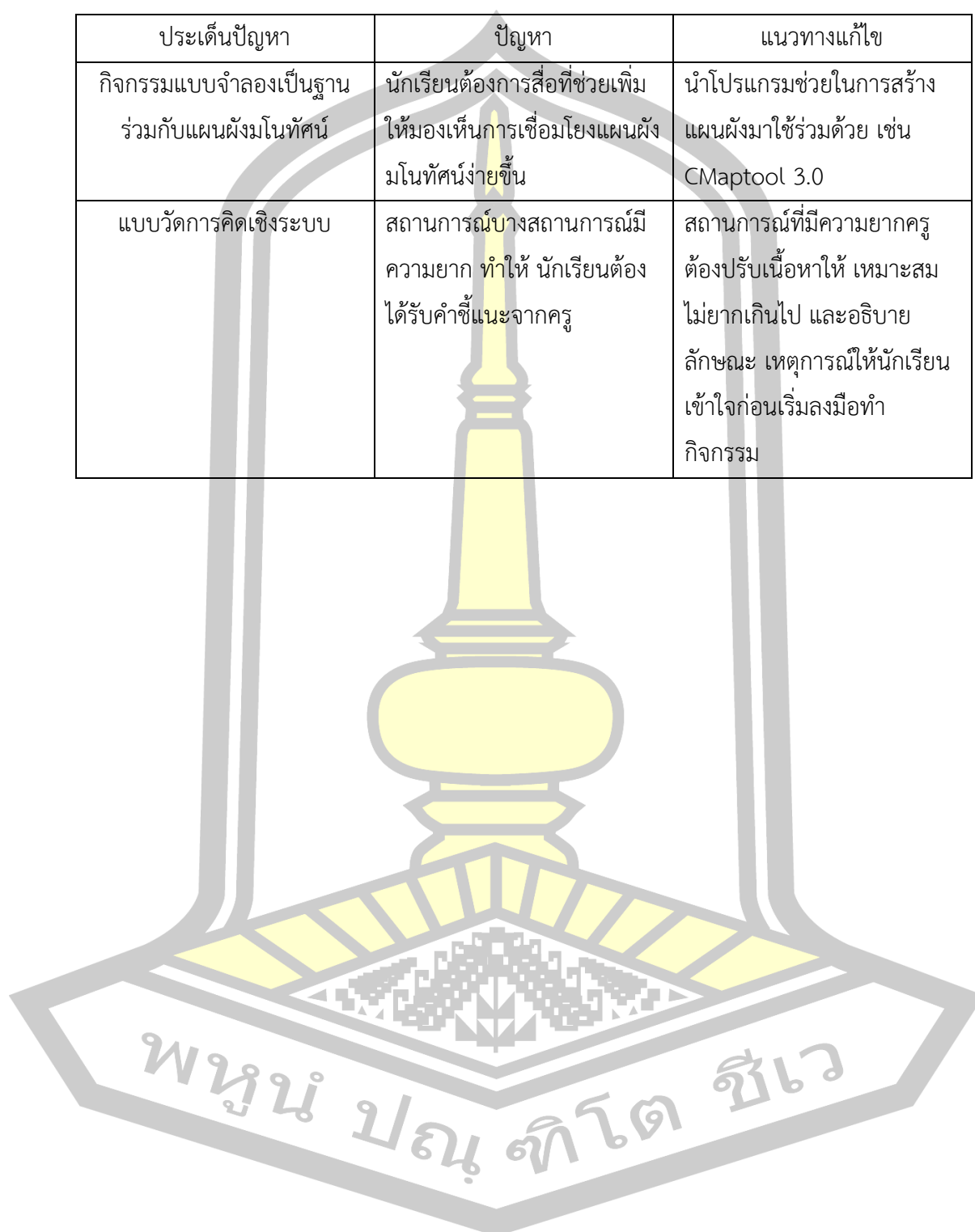
จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวมจะเห็นว่านักเรียนที่มีการคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีปัญหาคือนักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการแบ่งหน้าที่ ไม่มีความรอบคอบส่งผลให้ทำงานไม่ถูกต้อง อีกทั้งไม่คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดความรอบคอบ อีกทั้งไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับขั้นที่วางไว้ โดยภาพรวมจากการสังเกตจึงพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีปัญห การคิดเชิงระบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

1.4 ขั้นตอนผลการปฏิบัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการคิดเชิงระบบ แบบสังเกตพฤติกรรม แบบบันทึกหลังการสอน ผู้วิจัยสรุปปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาเพื่อนำไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อีกต่อไป ดังตาราง 23

ตารางที่ 23 ปัญหา และแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ประเด็นปัญหา	ปัญหา	แนวทางแก้ไข
กิจกรรมแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์	นักเรียนต้องการสื่อที่ช่วยเพิ่มให้มองเห็นการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ง่ายขึ้น	นำโปรแกรมช่วยในการสร้างแผนผังมาใช้ร่วมด้วย เช่น CMaptool 3.0
แบบวัดการคิดเชิงระบบ	สถานการณ์บางสถานการณ์มีความยาก ทำให้ นักเรียนต้องได้รับคำชี้แนะจากครู	สถานการณ์ที่มีความยากครูต้องปรับเนื้อหาให้เหมาะสม ไม่ยากเกินไป และอธิบายลักษณะ เหตุการณ์ให้นักเรียนเข้าใจก่อนเริ่มลงมือทำกิจกรรม



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงระบบ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ในรายวิชาฟิสิกส์ เนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิต กลุ่มเป้าหมาย (Target group) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 32 คน ระยะเวลาในการทำการวิจัยอยู่ในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 9 แผน ระยะเวลาเก็บข้อมูลวิจัยทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ ผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้าสถิต จำนวน 9 แผน แบบวัดการคิดเชิงระบบ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต 3 ชุด ชุดละ 6 ข้อ ซึ่งวัดการคิดเชิงระบบ 3 ด้าน ดังนี้ การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก การคิดเชื่อมโยงเหตุและผล การป้อนกลับเรื่องราว แบบสังเกตพฤติกรรม เมื่อได้รับข้อมูลจากการใช้เครื่องมือวิจัยกับกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

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

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ไฟฟ้าสถิต โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ให้ผ่านเกณฑ์อย่างน้อยร้อยละ 70

พูน ปณ จิต ชีเว

2. สรุปผล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวนทั้งหมด 32 คน โดยพบว่าการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังจบวงจรรอบปฏิบัติการทั้ง 3 วงรอบกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 26 คน มีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และเมื่อพิจารณาในแต่ละวงจรรอบปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมด 32 คน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 โดยมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.28 คิดเป็นร้อยละ 60.67

วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมด 32 คน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 53.13 โดยมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 8.25 คิดเป็นร้อยละ 68.84

วงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ นักเรียนทั้งหมด 32 คน พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 81.25 โดยมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 9.69 คิดเป็นร้อยละ 80.73



3. อภิปรายผล

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนครั้งนี้เป็นการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/8 จำนวนทั้งหมด 32 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบพัฒนาขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามลำดับ โดยจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการดังนี้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 10 คน วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 17 คน วงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 26 คน และพบว่านักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 6 คน ทั้งนี้อาจเนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองและสรุปข้อมูลเป็นแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมา โดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้ การปรับปรุงแก้ไข และการขยายแบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจแต่ละหน่วยย่อยของระบบได้ เพราะทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองในเชิงรูปธรรม และนำไปพัฒนาต่อยอดจนสามารถสร้างแบบจำลองนามธรรม นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอีกทั้งในกระบวนการสร้างแบบจำลองนักเรียนจะต้องเรียนรู้ส่วนประกอบแต่ละส่วนนำมาสร้างเป็นแบบจำลอง และเชื่อมโยงแต่ละแบบจำลองย่อยเข้าเป็นระบบโดยรวมของแบบจำลองหลักได้ (Coll, France & Taylor, 2005) กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้และความสัมพันธ์มากขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายความคิดและเชื่อมโยงความคิดระหว่างองค์ประกอบของระบบ ไปสู่ประยุกต์ใช้เข้ากับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งการสร้างแบบจำลองระบบจะช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ง่ายขึ้น และช่วยให้นักเรียนได้รับแนวคิดที่จะนำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นคือกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองช่วยทำให้นักเรียนเข้าถึงจินตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น (Barack and Hussein-Farraj, 2013) อีกทั้งแผนผังมโนทัศน์เป็นหนึ่งในผังกราฟิก ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้แผนผังกราฟิกมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมและสร้างความหมายและความเข้าใจในเนื้อหาสาระหรือข้อมูลที่เรียนรู้ และจัดระเบียบข้อมูลที่เรียนรู้ด้วยผังกราฟิก ซึ่งช่วยแก้การจดจำ (ทิตนา แคมมณี, 2551) นอกจากนี้ยังช่วยทำให้สามารถคิดหรือมองปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างทะลุปรุโปร่ง (สมาน ลอยฟ้า, 2542) ทำให้การนำแผนผังมโนทัศน์ มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานนั้นสามารถจัดระเบียบข้อมูล และมองปัญหาได้เป็นระบบมากขึ้น

แม้พบว่ามึนักเรียนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ในการคิดเชิงระบบจำนวน 6 คน ทั้งนี้เนื่องจาก นักเรียนไม่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ไม่แบ่งหน้าที่ใน การทำงาน ขาดความรอบคอบ ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับ ส่งผลให้นักเรียนไม่มีการพัฒนาการคิดเชิงระบบ จึงทำให้นักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์การคิดเชิงระบบ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์มี 4 ขั้นตอนในการจัดกิจกรรม ได้แก่ ขั้นการสร้างแบบจำลอง นักเรียนต้องมีการวิเคราะห์ระบบในแนวลึก ขั้นการประเมินแบบจำลอง นักเรียนต้องมีการคิดเชื่อมโยงเหตุและผล ขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนต้องมีการป้อนกลับเรื่องราว และขั้นการขยายแบบจำลอง ซึ่ง 3 ขั้นตอนแรกมีการเสริมด้วยแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบได้ครบทั้ง 3 ด้าน โดยแผนผังมโนทัศน์มาใช้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการสรุปความรู้ตามลำดับขั้นตอน สามารถใช้เส้นและคำเชื่อมเพื่อเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ และบูรณาการเนื้อหาเข้ากันได้ (Ault,1985) ซึ่งขั้นการดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกมานำเสนอ และร่วมกันสร้างเป็นแบบจำลองมิติของชั้นเรียนทำให้นักเรียนสนใจที่อยากจะนำเสนอแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขที่ได้สรุปองค์ความรู้เป็นแผนผังมโนทัศน์ แต่จะมีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถเปรียบเทียบได้ ครูผู้สอนกำหนดหัวข้อในการเปรียบเทียบ เพื่อง่ายต่อการเชื่อมโยงและเปรียบเทียบของนักเรียน นักเรียนเกิดความสนใจเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและสะท้อนความคิดเห็นของตนเองออกมา (ชาติรี ฝ่ายคำตาและภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ,2557) และนักเรียนได้ฝึกการเชื่อมโยง และสะท้อนความคิดเห็น จนเกิดเป็นการคิดเชิงระบบ (มกราพันธุ์ จุฑะรสก ,2551) ส่งผลให้มีคะแนนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิยะพรรณ ปลาโสม (2564) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ พบว่าการคิดเชิงระบบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากการคิดเชิงระบบเป็นการมองเห็นภาพรวมโดยรวมทั้งหมด มีการรอบที่มองเห็นความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันมากกว่าจะเห็นแค่เชิงเหตุเชิงผล เห็นแนวโน้มรูปแบบของความเปลี่ยนแปลงมากกว่าจะเห็นแค่ฉายฉวยหรือผิวเผิน (Steers,1977) และสอดคล้องกับ วรรณชนก เปรมบุญ และคณะ (2566) ได้การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าความสามารถในการคิดเชิงระบบ ของนักเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากการกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนเห็นความสำคัญในองค์ประกอบย่อยของระบบเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการคิดเชิงระบบให้กับผู้เรียน นอกเหนือจากการใช้สื่อการสอนแล้วการให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเองร่วมกับกระบวนการตอบสนองของ ร่างกายด้วยการปฏิบัติหรือการเชื่อมโยงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันมาเป็นตัวอย่างใช้ในการสังเกตองค์ประกอบของระบบนั้นจะช่วยให้ นักเรียนสามารถระบุงค์ประกอบของระบบได้ดีขึ้น

(Kenyon, L. et al., 2008) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์จึงสามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 7.28 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.67 พบว่านักเรียนที่มีคะแนนการคิดเชิงระบบผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 31.25 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาการคิดเชิงระบบ อาจเนื่องมาจากเป็นวิธีที่เน้นการใช้แบบจำลองเป็นหลักและใช้แผนผังมโนทัศน์ที่เน้นการเชื่อมโยงเนื้อหา ซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงระบบ และสร้างความเข้าใจสาระสำคัญและแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ (วัชรรา เล่าเรียนดี, 2554) โดยมีขั้นตอนที่ชัดเจน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงทำให้เกิดความเข้าใจและเกิดการคิดเชิงระบบมากขึ้น อย่างไรก็ตามในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ยังมีนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 68.75 แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้ ยังขาดกระบวนการคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล การป้อนกลับของเรื่องราว ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถสรุปและเชื่อมโยงเนื้อหาที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้ได้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนยังไม่คุ้นชินกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นรูปแบบใหม่ไม่เคยเจอมาก่อน ทำให้นักเรียนไม่สามารถสรุปข้อมูลเป็นแผนผังมโนทัศน์ได้ โดยขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง นักเรียนไม่สามารถตัดสินใจ ในการสร้างแบบจำลองทางความคิดได้ ในขั้นการประเมินแบบจำลอง และดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองไม่มีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มตนเองกับกลุ่มของเพื่อน เพื่อที่จะนำข้อแตกต่างนั้นมาปรับปรุงแบบจำลองของกลุ่มแต่การทำให้เกิดกระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ ต้องผ่านการสร้าง และปรับปรุง แบบจำลองนั้นอย่างต่อเนื่อง (Buckley et al., 2004) จากแบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการแบ่งหน้าที่ ไม่มีความรอบคอบส่งผลให้ทำงานไม่ถูกต้อง อีกทั้งไม่คิดวางแผนไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติขาดความรอบคอบ อีกทั้งไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามลำดับขั้นที่วางไว้ ดังนั้น การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายให้มีการคิดเชิงระบบเพิ่มมากขึ้น ครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ จากคำถาม การเชื่อมโยงเหตุการณ์ในที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชนาธิป โทธรวานนท์, 2560) ที่กล่าวว่า การเชื่อมโยงเหตุการณ์ในที่เกิดขึ้นในชีวิตมาเป็นกรณีศึกษาใช้ในการระบอบองค์ประกอบของระบบนั้นจะช่วยให้ นักเรียนสามารถระบอบองค์ประกอบของระบบได้ดีขึ้นเพราะนักเรียนจะเกิดการแบ่งปันประสบการณ์ของแต่ละคนเข้าด้วยกันทำให้สามารถระบอบองค์ประกอบพื้นฐานที่เป็นสิ่งแรกต้นของการคิดเชิงระบบได้

วงจรปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมโดยเน้นให้นำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายหลักการ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์จากแบบจำลองที่กลุ่มตนเองสร้าง เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใดสามารถอธิบายปรากฏการณ์หรือทำนายโจทย์ปัญหาได้ดีกว่าแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ช่วยให้นักเรียนสนใจในกิจกรรมได้ดีขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและเชื่อมโยงแบบจำลองได้มากขึ้น และครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้นักเรียนคิดและเปรียบเทียบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบเฉลี่ย 8.25 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 68.84 และนักเรียนมีคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 53.13 แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ส่งผลให้นักเรียนมีการคิดเชิงระบบที่เพิ่มมากขึ้น โดยในชั้นการคิดเชิงระบบสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถสรุปและเชื่อมโยงเนื้อหาเป็นแผนผังมโนทัศน์ได้ดีมากขึ้น แต่ในชั้นตัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนไม่สามารถสรุปแผนผังมโนทัศน์เพิ่มเติมได้ เนื่องจากนักเรียนสับสนระหว่างการเชื่อมโยงแผนผังมโนทัศน์ใหม่และแผนผังมโนทัศน์เดิม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถหาข้อมูลมาป้อนกลับได้ จากการสังเกตพฤติกรรม พบว่าระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวมจะเห็นว่านักเรียนบางคนเริ่มให้ความร่วมมือในการแบ่งหน้าที่ เริ่มมีความรอบคอบส่งผลให้ทำงานดีขึ้น จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาด้านพฤติกรรมที่ดีขึ้นและการคิดเชิงระบบที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ แบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรม โดยมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน เพื่อพัฒนาความคิด (Jong et al. ,2015) จึงทำให้นักเรียนมีความร่วมมือเพิ่มมากขึ้น และแผนผังมโนทัศน์ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการสรุปเป็นลำดับขั้นตอน สามารถใช้เส้นคำเชื่อม เพื่อเชื่อมโน้ตต่าง ๆ และบูรณาการเนื้อหาเข้าด้วยกัน (Ault,1985) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจในการเชื่อมโยงเนื้อหาอย่างเป็นระบบได้ดีมากขึ้น และสอดคล้องกับ ปิยะพรรณ ปลาโสม (2564) ที่กล่าวว่า การใช้แผนผังมโนทัศน์ สามารถมองเห็นเหตุและผลที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถคิดได้ลึกถึงต้นเหตุของปัญหาสามารถเชื่อมโยงสาเหตุเข้ากับผลปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้ ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและสรุปเป็นลำดับขั้นตอน

วงจรปฏิบัติการที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมโดยผู้วิจัย ยกตัวอย่างการสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ สาธิตและอธิบายการเขียนแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงการสรุปเพิ่มเติมด้วยการป้อนกลับอย่าง

เป็นระบบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบเฉลี่ยเท่ากับ 9.69 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 81.25 และนักเรียนมีคะแนนแบบวัดการคิดเชิงระบบถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 26 คน คิดเป็น ร้อยละ 81.25 และหลังสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการที่ 3 ยังมีนักเรียนจำนวน 6 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 18.75 เนื่องจากนักเรียนขาดบ่อย ส่งผลให้นักเรียน เรียนไม่ทันเพื่อน ไม่เข้าใจในการคิดเชิงระบบ และมองว่าวิชาฟิสิกส์นั้นยาก โดยในขั้นการคิดเชิงระบบสามารถสรุปได้ว่านักเรียนสามารถมองเห็นถึงปัญหาได้และสรุปให้อยู่ในแผนผังโน้ตส์ได้มากขึ้น ส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงปัญหาจากสถานการณ์ได้ชัดเจนขึ้น สามารถเขียนการป้อนกลับของข้อมูลและสามารถอภิปรายการเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบได้ถูกต้อง จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนโดยภาพรวมจะเห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาพฤติกรรมที่ดีมากขึ้น การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตส์เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องร่วมมือใน การแบ่งหน้าที่ที่มีความรอบคอบในการทำงาน และปฏิบัติตามลำดับขั้นตอน โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองช่วยทำให้นักเรียนเข้าถึงจิตนาการถึงการเกิดปรากฏการณ์ในเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ได้ดีขึ้น (Barack and Hussein-Farraj, 2013) นอกจากนี้การใช้แผนผังโน้ตส์ ยังส่งผลให้การคิดเชิงระบบของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ (สิริภัทร สายเนตร และสุมาลี ชุกำแพง ,2566) ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังโน้ตส์ พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังโน้ตส์มีการคิดเชิงระบบสูงกว่าก่อนเรียน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทุกวงจรปฏิบัติ การนักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้น เนื่องด้วยนักเรียนเข้าใจในการมองภาพรวมอย่างเป็นระบบ และคิดเชิงระบบในรอบด้าน สามารถเชื่อมโยงความรู้ และป้อนกลับได้ ทั้งนี้ นักเรียนมีพฤติกรรมในการร่วมมือกันในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตส์ สามารถพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ เพราะเป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นการแบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนมีกลไกในการสร้างความเข้าใจที่ดีขึ้น และแผนผังโน้ตส์ที่ช่วยในการเชื่อมโยงเนื้อหา ป้อนกลับสิ่งที่เรียนรู้ให้นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roald Pieter Verhoeff, Kerst Th. Boersma, Arend Jan Waarlo. (2008) ได้ทำการศึกษารูปแบบการพัฒนาการคิดเชิงระบบเพื่อความเข้าใจ โดยนักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองของ free living cell โมเดล พบว่า กระบวนการเหล่านี้ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น นอกจากนี้กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้แผนผังโน้ตส์ช่วยในการเชื่อมโยงเนื้อหาเหตุ และผล ได้ดำเนินการใช้แผนผังโน้ตส์ในการสรุป ภายในกลุ่ม

และส่วนตัว สอดคล้องกับงานวิจัย Karakuyu, Y. (2010). ได้ศึกษาผลของการทำแผนผังโน้ตส์ของนักเรียนต่อรายวิชาฟิสิกส์ และทัศนคติบทเรียนฟิสิกส์ นักเรียนกลุ่มทดลองพบว่ามีความมั่นใจที่จะมีทัศนคติเชิงบวกมากขึ้นกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าการสอนวาดแผนผังโน้ตส์มีประสิทธิภาพมากกว่าการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมในการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางฟิสิกส์ของนักเรียน นอกจากนี้การพัฒนาคิดเชิงระบบ ของนักเรียนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น สื่อการเรียนการสอน ควรมีความน่าสนใจ แปลกใหม่ และหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการเลือก และมีความคิดที่แปลกใหม่ มากขึ้น

4. ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะทั่วไป

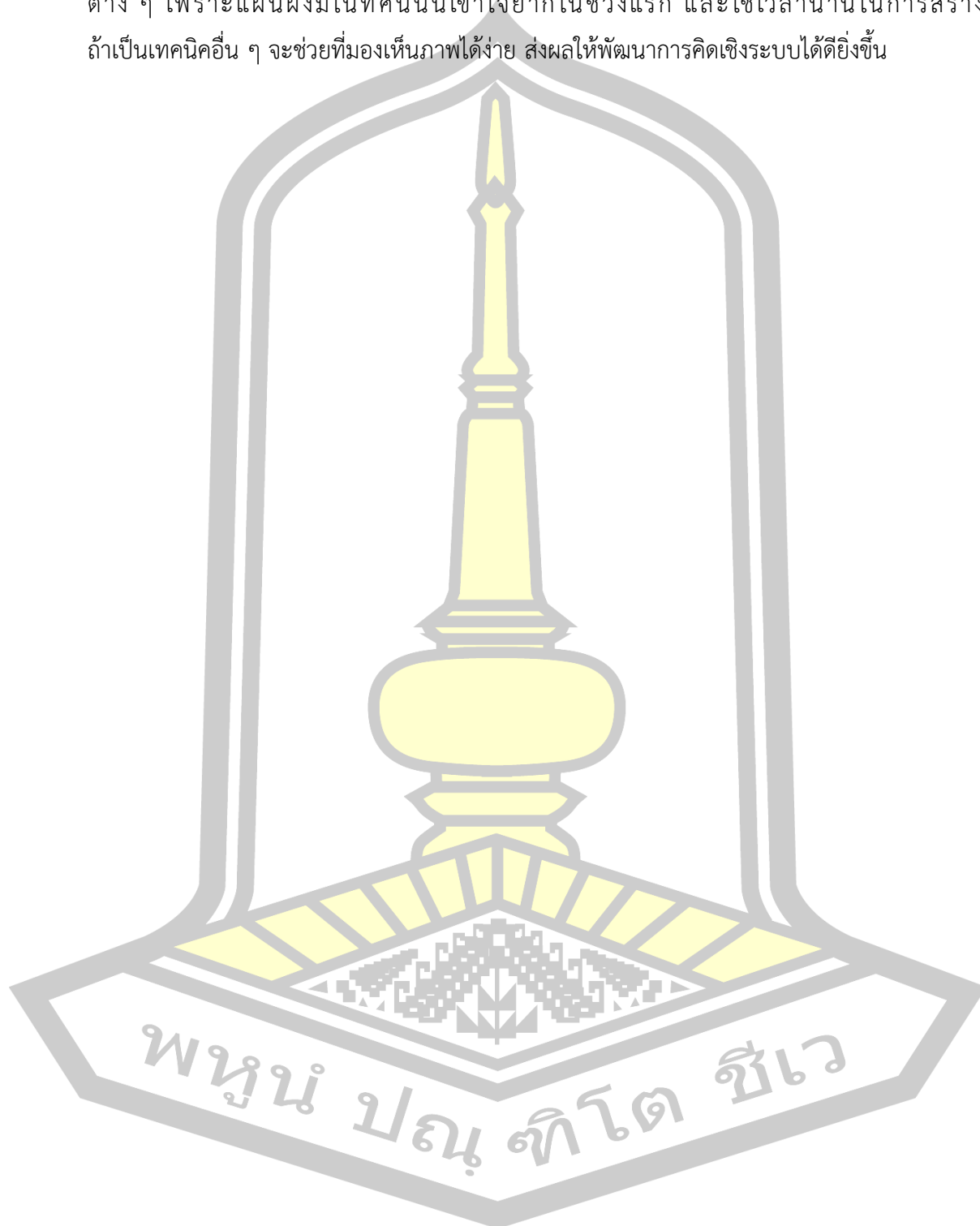
ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำวิธีการสอนแบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตส์ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ควรให้ความสำคัญในเรื่องต่อไปนี้

1. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานจะเปลี่ยนจากเนื้อหาที่อยู่ในนามธรรมไปเป็นรูปธรรมเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความรู้เข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา ดังนั้น ครูผู้สอนควรเลือกเนื้อหาให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้และควรคำนึงถึงจำกัดของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรมีเหมาะสมต่อความสามารถ และบริบทของผู้เรียน
2. ผู้สอนควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นให้ชัดเจน และเหมาะสม เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมให้ต่อเนื่อง นักเรียนได้ทำกิจกรรมไปพร้อม ๆ กัน
3. แบบวัดควรบอกรายละเอียดให้ชัดเจน อธิบายสถานการณ์เมื่อนักเรียนมีคำถาม
4. ในขั้นการใช้ และประเมินแบบจำลอง เมื่อมีการเปรียบเทียบแบบจำลอง หากแบบจำลองที่นักเรียนสร้างมีรูปแบบที่คล้ายกันจนไม่สามารถเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียแบบจำลองที่นักเรียนสร้างแบบจำลองของเพื่อนเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และไม่สามารถให้เหตุผลประกอบการเปรียบเทียบได้ ควรเตรียมแบบจำลองรูปแบบอื่น ๆ ไว้เพื่อประกอบการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น

2) ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตส์หลักสูตรการเรียนรู้ ระยะยาว เพื่อพัฒนาคิดเชิงระบบของนักเรียน อย่างต่อเนื่อง เพื่อฝึกฝนให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงระบบได้อย่าง ยั่งยืน เนื่องจากในระยะเวลาปฏิบัติการ 3 วงรอบนั้นไม่เพียงพอสำหรับพัฒนาคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ทั้งหมด

2. ควรจะพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานโดยจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคต่าง ๆ เพราะแผนผังมโนทัศน์นั้นเข้าใจยากในช่วงแรก และใช้เวลานานในการสร้าง ถ้าเป็นเทคนิคอื่น ๆ จะช่วยที่มองเห็นภาพได้ง่าย ส่งผลให้พัฒนาการคิดเชิงระบบได้ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กนกภรณ์ ทรวดทรง และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2564). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ส่งเสริมทักษะการสร้างแบบจำลองและมนทัศน์เรื่องสารละลายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 23(4).
- จตุภูมิ กุลาสา. (2562). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาสมรรถนะในการทำวิจัยในชั้นเรียนของครูศูนย์การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย อำเภอห้วยเม็ก จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 25(1), 78-92.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา และกรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2557). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 29(3), 86-99.
- ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2558). *กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: บริษัทวิสต์อินเตอร์พรีนจำกัด.
- ชัยวัฒน์ ธีระพันธุ์. (2554). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. บริษัทแดเน็กซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น จำกัด.
- ทิตนา แวมมณี. (2551). *รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย* (พิมพ์ครั้งที่ 5). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์.
- ทิตนา แวมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 22) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2553). *การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบ วิชาคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต(หลักสูตรและการสอน)*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส.
- ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2562). *ความคิดเชิงระบบและความคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปราณี อ่อนศรี. (2558). บทบาทผู้สอนต่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21; *The Instructor's Role towards 21st Century Learning Skills*. *Journal of The Royal Thai Army Nurses*, 16(3), 8-13.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : เทคนิคพรินติ้ง.

- ปิยนาก ประยูร. (2548). *วิธีคิดกระบวนการระบบ*. กรุงเทพฯ: โครงการเสริมสร้างการเรียนรู้เพื่อชุมชนเป็นสุข.
- ปิยะพรรณ ปลาโสม และสมสงวน ปัสสาโก. (2564). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. Ratchaphruek Journal, 19(3), 62-71.
- ปทุม ช่องคันปอน. (2558). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานเรื่อง พลังงานนิวเคลียร์ โดย การจัดการเรียนรู้ 4 MAT ร่วมกับผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนา หลักสูตร.
- พอเพียง ทรัพย์อินทร์.ไพบุลย์ อ่อนมั่ง และสุภาพร สุขสีเหลือง.2550 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในการพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในวัด:กรณีศึกษาวัดสามชุกจังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารจันทร์เกษมสาร*, 14(26) 128-134.
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่2). กรุงเทพฯ:ไทยวัฒนาพานิช
- ภาณุพงศ์ โคนชัยภูมิ. (2560). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถด้านการคิดเชิงระบบ.รายงานสืบเนื่องการประชุม วิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 1 นวัตกรรมสร้างสรรค์ ศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนไทยแลนด์ 4.0*. 875-881.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2553). *วิธีวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร
- มนตรี แยมกลีกร. (2546). *การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบของ นิสิตปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา .บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*.
- มนัส บุญประกอบ.(2533) *ยุทธศาสตร์ใหม่แห่งการศึกษา:แผนภูมิโนทัศน์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- มกราพันธุ์ จุฑารส. (2551). *การคิดอย่างเป็นระบบ : การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน (Systems Thinking : Teaching Application)* (พิมพ์ครั้งที่ 2).กรุงเทพฯ : โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก.

- ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 17 (มิถุนายน - กันยายน) : 11 - 15.
- รุ่งทิพา จันทร์สุข และ สุมาลี ชุกำแพง. (2565). การ พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้บอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษา ปี ที่ 4. Rajabhat MahaSarakhm University Journal, 16(3), 64-75.
- ฤทัย รัตน์ ชิด มงคล, & สมยศ ชิด มงคล. (2560). การคิดเชิงระบบ: ประสบการณ์การสอนเพื่อ พัฒนาการคิดเชิงระบบ. Journal of Education Studies, 45(2), 209-224
- วรรณัน ศิลบุตร และบุญนาถ สุขุมเมฆ. (2561). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่อง สารชีวโมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6. การประชุมวิชาการเสนอมผลงานวิจัยระดับชาติ “Graduate School Mini-Conference 2018”, 102-112.
- วรรณชนก เปรมบุญ , มนสิข สิทธิสมบูรณ์, อังคณา อ่อนธาน (2566). การพัฒนากิจกรรมการ เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องระบบภูมิคุ้มกันเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด เชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปี ที่ 5. Journal of MCU Nakhondhat, 10(7), 64-77.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2540). *คอนสตรัคติวิสต์: Constructivism*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิทยา สุทธิพิตร และศิริศักดิ์ เทพจิต. (2550) *การคิดเชิงระบบ (system thinking :เครื่องมือ จัดการความซับซ้อนในโลกธุรกิจ*. กรุงเทพฯ: อี.ไอ.สแควร์
- ศุภฤกษ์ รักชาติ, สุวิมล ว่องวานิช, & ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ. (2560). การศึกษากระบวนการ การเกิด และจำแนกประเภทของเครือข่ายการวิจัย. Journal of Educational Measurement Mahasarakham University, 23(1), 226-237.
- ศิริพร ภูยอดดา.(2565).*การพัฒนากิจกรรมการคิดเชิงระบบร่วมกับการตระหนักรู้ในตนเอง เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่ เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐานภายใต้การศึกษาเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน*.ศึกษาศาสตร์ สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 7(1),59-73.

- สมจิต การ์ดเสนา. (2553). การพัฒนาความสามารถในการเขียนภาษาไทยและการคิดเชิงระบบ ด้วยรูปแบบการสอนเพื่อช่วยการจำ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาบุรีรัมย์เขต 4. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- สมาน ลอยฟ้า. (2542). การจัดบันทึกด้วยการใช้แผนผังมโนทัศน์. บรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ มข., 17(2), 1-9.
- สุนา โสติพลอนันต์. (2560). ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้การเรียนรู้แบบระดมสมองในการจัดผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นปีที่ 1 หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต วิทยาลัยการฝึกหัดครู มหาวิทยาลัยราชภัฏนคร. วารสารวิชาการครุศาสตร์, 8(1), 200-208
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). การแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022. [ผลการประเมิน PISA 2022 – PISA THAILAND \(ipst.ac.th\)](https://www.ipst.ac.th/pisa-2022)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นอกห้องเรียน, 51(244), 32.
<https://emagazine.ipst.ac.th/244/26/>
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2553). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่3) พ.ศ.2553. กรุงเทพมหานคร: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.(2566).รายงานประจำปี 2565. ในสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กระทรวงศึกษาธิการ (30).
<https://www.obec.go.th/archives/817807>
- สุวิทย์ มูลคำ,อรทัย มูลคำ. (2547). 21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ:ภาพพิมพ์.
- สาริศา บุญแจ่ม. (2557). การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้และแบบการบริการสังคมเรื่องสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการคิด วิเคราะห์ และจิตสาธารณะสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ (กศ.ม หลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุพัตรา ศิริเมืองราช, ฐาปนี สีเนลิยว. (2565). ผลการจัดการเรียนการสอนด้วยเว็บไซต์ตามวัฏจักรการ สืบ เสาะหาความรู้ 5 ขั้นเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบวิชาวิทยาการคำนวณสำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. Journal of Educational Technology and

Communications Faculty of Education Mahasarakham University (JETC),
5(14), 129-139.

สิริภัทร สายเนตร, & สุมาลี ชูกำแพง. (2566). การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปี ที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม*, 17(2), 82-94.

องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ ฯ : สามลดา.

อรรัมภา คำบุญเอก. (2554). แนวคิดเรื่องการรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึ่มร่วมกับการใช้แผนผังแนวคิด. *วิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.

อัญชลี ตนานนท์. (2536) *ผังมโนทัศน์สัมพันธ์กับการพัฒนาความคิด*. กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

Anderson, V. and L. Johnson. (1997) *Systems Thinking Basics: From Concepts to Causal Loops*. Waltham: Pegasus Communications.

Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). *A Definition of Systems Thinking: A Systems Approach*. *Procedia Computer Science*, 44, 669-678.

Ault Jr, C. R. (1985). Concept mapping as a study strategy in earth science. *Journal of College Science Teaching*, 15(1), 38-44.

Assaraf, O. B.-Z., & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563.

doi:10.1002/tea.20351

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Rinehart and Winston.

Aubusson, P. J., Harrison, A. G., and Ritchie, S. M. (2006). *Metaphor and Analogy in Science Education*. Springer Netherlands.

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

Breil, B. (2018). Using a systems thinking approach to figure out why a ball drops, bounces, and stops. *Science Scope*, 42(4), 74-83.

- Barak, M., & Hussein-Farraj, R. (2013). *Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function*. Research in Science Education, 43, 619-636.
- Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C., Horwitz, P., Tinker, R. F., Gerlits, B., ... & Willett, J. (2004). Model-based teaching and learning with BioLogica™: What do they learn? How do they learn? How do we know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13, 23-41.
- Clément, P. (2007). *Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach*. Science & Education, 16(3-5), 423-440
- National Research Council. (2015). *Enhancing the effectiveness of team science*.
- Coglan, D. & Brannick, T. (2001). *Doing Action Research in Your Own Organization*. London: Sage.
- Coll, R. K., & Taylor, I. (2005). The role of models and analogies in science education. *International Journal of Science Education*, 27(2).
- Farmer, j. and Wolf, P. (1991). *Instructional Design: Implications form Cognitive Science*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9). Basel, Switzerland: Springer international publishing.
- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Hoban. G. F. (2010). *Teacher learning for educational change*. Glasgow: Bell & Bain Ltd
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the learning sciences*, 15(1), 11-34.
- Johnson, A. P. (2008). *A short guide to action research*. Allyn and Bacon.
- Jong, J. P., Chiu, M. H., & Chung, S. L. (2015). *The use of modeling-based text to*

improve students' modeling competencies. Science Education, 99(5), 986-1018.

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

Karakuyu, Y. (2010). The effect of concept mapping on attitude and achievement in a physics course. *International journal of the physical sciences, 5(6), 724-737.*

Kemmis, S & McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planer* (3rd ed.). Victoria: Deakin University.

Lunenburg, F. C., & Ornstein, A. C. (1996). *Development of administrative theory. Educational administration: Concepts and practices.*

Monat, J. P., & Gannon, T. F. (2015). What is systems thinking? A review of selected literature plus recommendations. *American Journal of Systems Science, 4(1), 11-26.*

Novak, Joseph D., and Gowin D. Bob. *Learning How to Learn. Cambridge University Press, 1984.*

O'Connor, J., & McDermott, I. (2001). *NLP. Thorsons.*

Rakbamrung, P., Thepnuan, P., & Nujenjit, N. (2015). Use of a system thinking learning force and motion concept in Physics for nurse course. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 197, 126-134.*

Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In *Model based learning and instruction in science* (pp. 23-43). Dordrecht: Springer Netherlands.

Ritchie, T. A. (2017). *Developing and Measuring Systems Thinking Skills in Students and Teachers* (Doctoral dissertation, University of Florida).

Roald Pieter Verhoeff, Kerst Th. Boersma and Arend Jan Waarlo. (2008) *Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. Journal of Science Education, 30(4), 543-568.*

Ogan, F. and Arslan, A. (2014). Examination of the Effects of Model-Based Inquiry on

Students' Outcomes: Scientific Process Skills and Conceptual Knowledge.

Procedia-Social and Behavioral Sciences, 141(1), 1187–1191

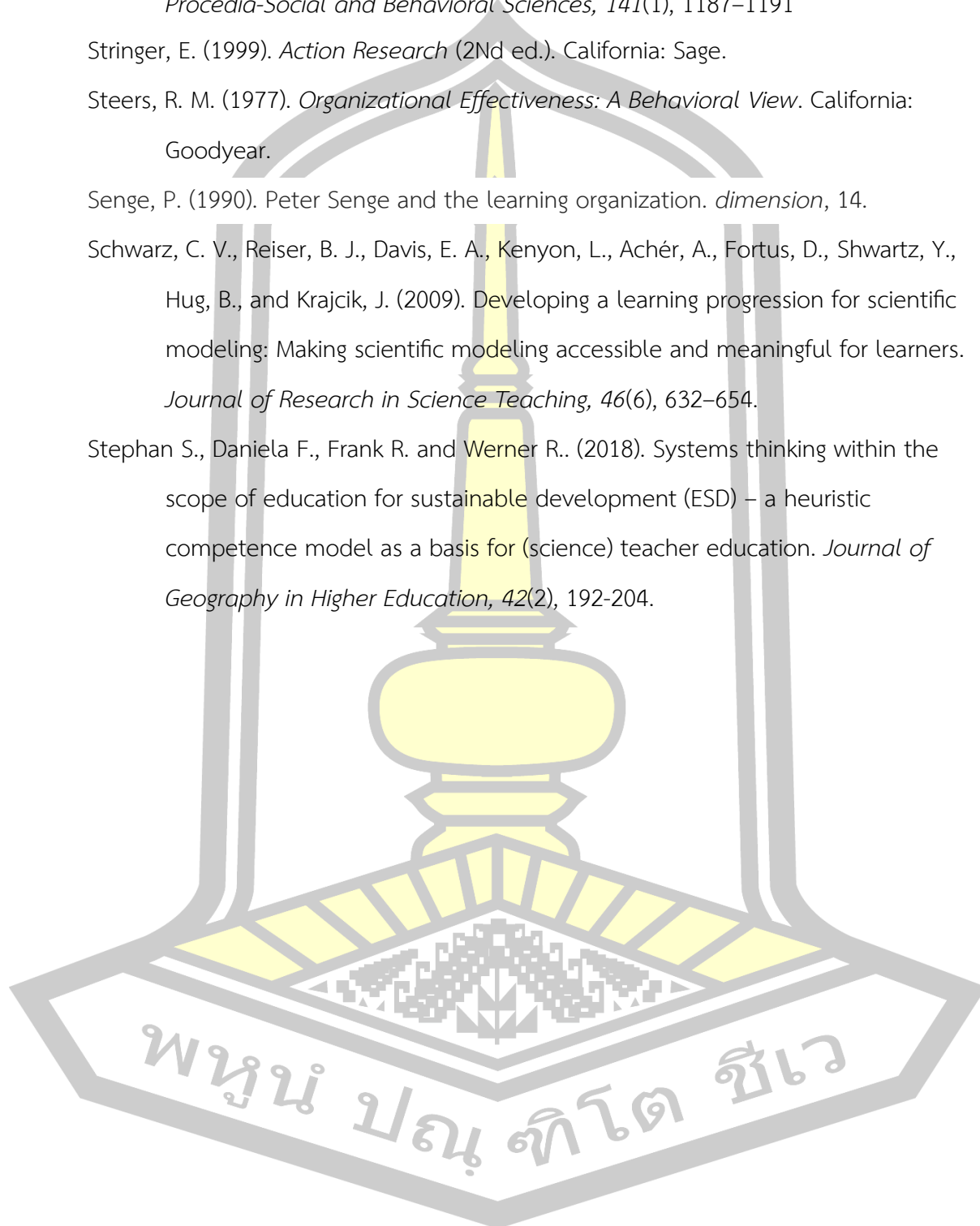
Stringer, E. (1999). *Action Research* (2Nd ed.). California: Sage.

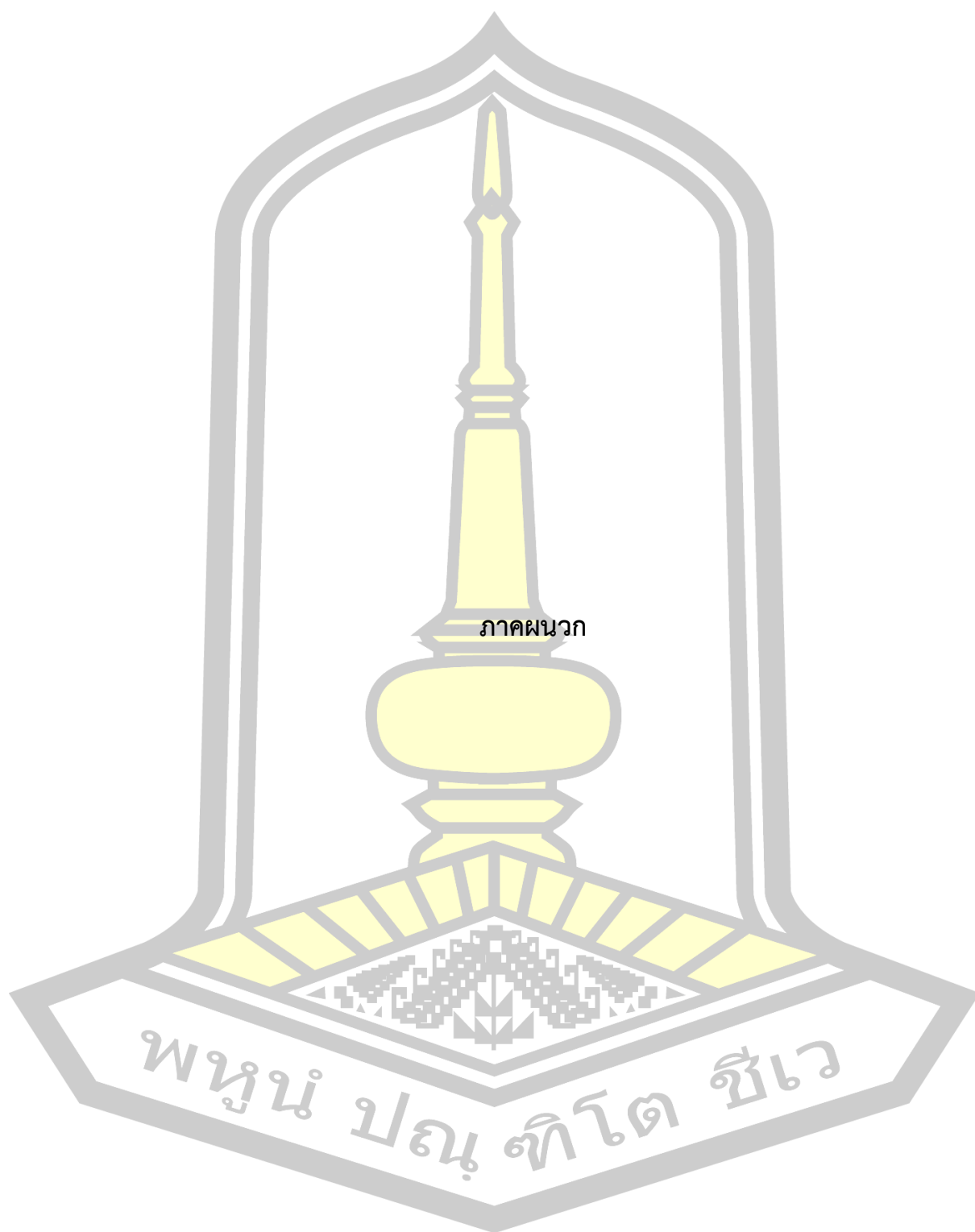
Steers, R. M. (1977). *Organizational Effectiveness: A Behavioral View*. California: Goodyear.

Senge, P. (1990). Peter Senge and the learning organization. *dimension*, 14.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., and Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.

Stephan S., Daniela F., Frank R. and Werner R.. (2018). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(2), 192-204.





ภาคผนวก

พูน ปณ จิต ชีเว



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- 1) รศ.ดร.มนตรี วงษ์สะพาน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 2) ผศ.ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 4) นาง พิกุล พรหมสาเพชร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
- 5) ดร. สุทธญาณ์ จำปาทอง ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว566

วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน

ด้วย นายธนกร กงเพชร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทองศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว566

วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ

ด้วย นายธนกร กงเพชร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การ จัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว566 วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2567
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ฤทธิไกร ไชยงาม

ด้วย นายธนกร กงเพชร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิต โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังโน้ตสน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสืออ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





ที่ อว 0605.5(2)/ว514

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้ใช้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางพิกุล พรหมสาเพชร

ด้วย นายธนกร กงเพชร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิตโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตจากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุลซ้อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885152990

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ที่ อว 0605.5(2)/ว514

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 กุมภาพันธ์ 2567

เรื่อง ขออนุญาตเคราะห้เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.สุทธธัญญ์ จำปาทอง

ด้วย นายธนกร กงเพชร นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องไฟฟ้าสถิตโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุญาตเคราะห้จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

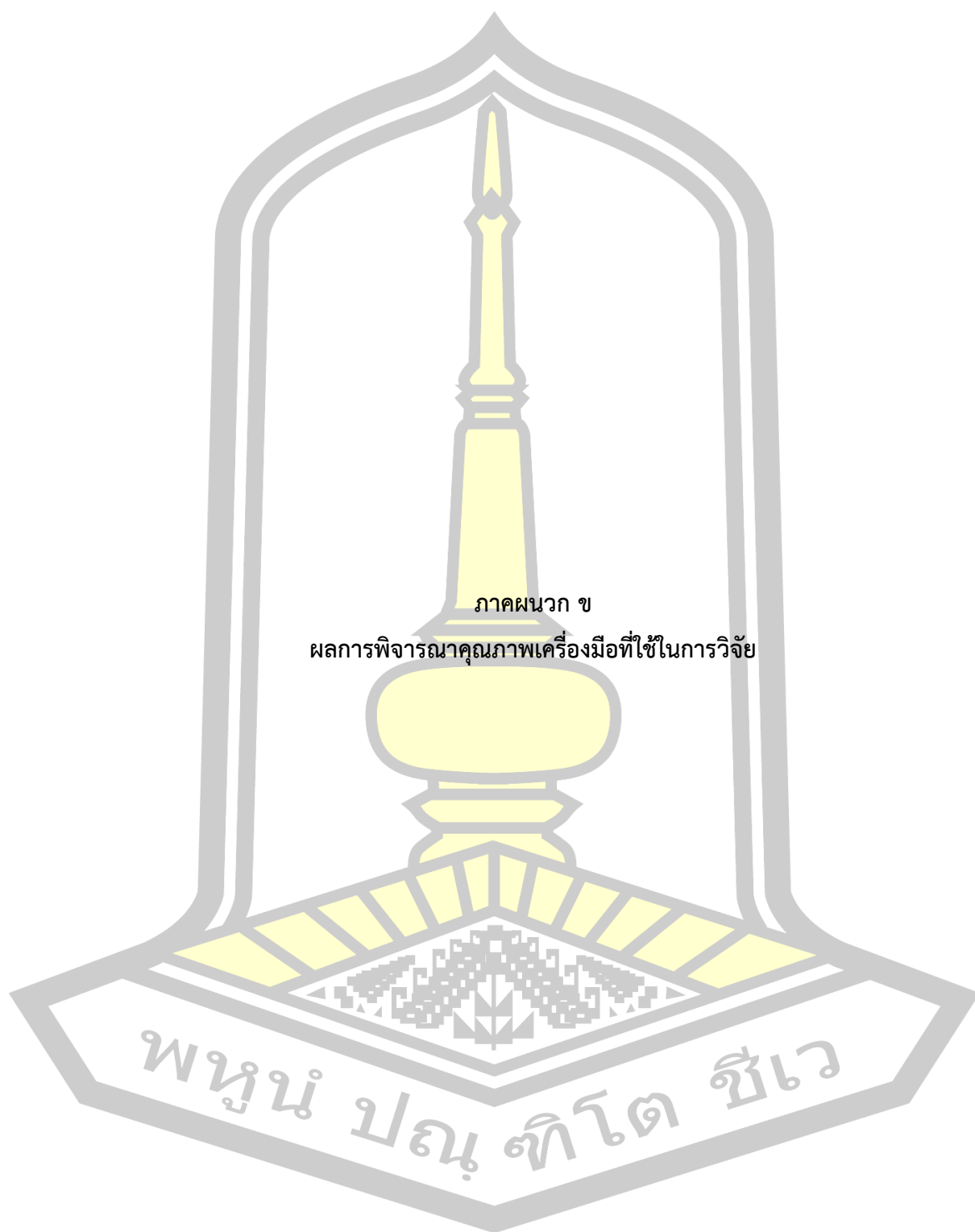
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0885152990

บันทึกลับ



แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ มีความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดหรือไม่โดยให้ท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความ เหมาะสม” ตามความคิดเห็นของท่าน ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์คือ การจัดการเรียนรู้ที่ ให้ผู้เรียนได้สร้างแบบจำลองร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ขึ้นมา โดยผ่านกระบวนการสร้าง การใช้การปรับปรุงแก้ไขและการขยายแบบจำลองที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ร่วม โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างแบบจำลอง (Generating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนแสดงแบบจำลองของตัวเองออกมาให้มากที่สุด โดยใช้คำถามหรือกิจกรรมที่เร้าความสนใจของ ผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนสังเกตและสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติเมื่อผู้สอนได้ ล้วงแบบจำลองทางความคิดของผู้เรียนแล้ว ผู้สอนจึงจะส่งเสริมแบบจำลองทางความคิด

2) การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้ ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว ผู้เรียนนำมาสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) นักเรียนที่ได้ข้อมูลจากการ สรุป มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อประเมินแบบจำลองของตนในขั้นตอนแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบดูความ สอดคล้องว่าแบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์อื่นได้อย่างกว้างขวางเพียงใด

3) การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีการ ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบาย ข้อมูลได้

จากนั้นผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้เปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์เข้าไปใน แผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในขั้นการประเมินแบบจำลอง ผู้เรียน เปรียบเทียบแบบจำลองของกลุ่มเพื่อนที่สร้างและรวมแบบจำลองของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มหรือของชั้นเรียน (consensus model) ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อสร้างแบบจำลองที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

4) การขยายแบบจำลอง (Elaborating model) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนใช้แบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขมาอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ทำให้ผู้เรียนเชื่อและเข้าใจแบบจำลองที่ตนสร้างขึ้นหรือแบบจำลองที่ได้เรียนรู้ว่าสามารถอธิบายหรือทำนายเหตุการณ์ โจทย์ปัญหาอื่นได้หรือไม่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านความรู้ได้ อย่างชัดเจน					
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน					
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้แสดงถึงพฤติกรรมของนักเรียนด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน					
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมต่อสมรรถนะการคิดเชิงระบบของนักเรียน					
2. กิจกรรมการเรียนรู้					
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)					
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นที่ 2 การประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)					
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นที่ 3 การดัดแปลง					

แก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)					
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)					
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียน					
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาคิดเชิงระบบ					
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ					
2.9 ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
3. สื่อการจัดการเรียนรู้					
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้					
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตาม จุดประสงค์การเรียนรู้					
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาคิดเชิงระบบ					
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน					
4. การวัดและประเมินผล					
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด					
4.3 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

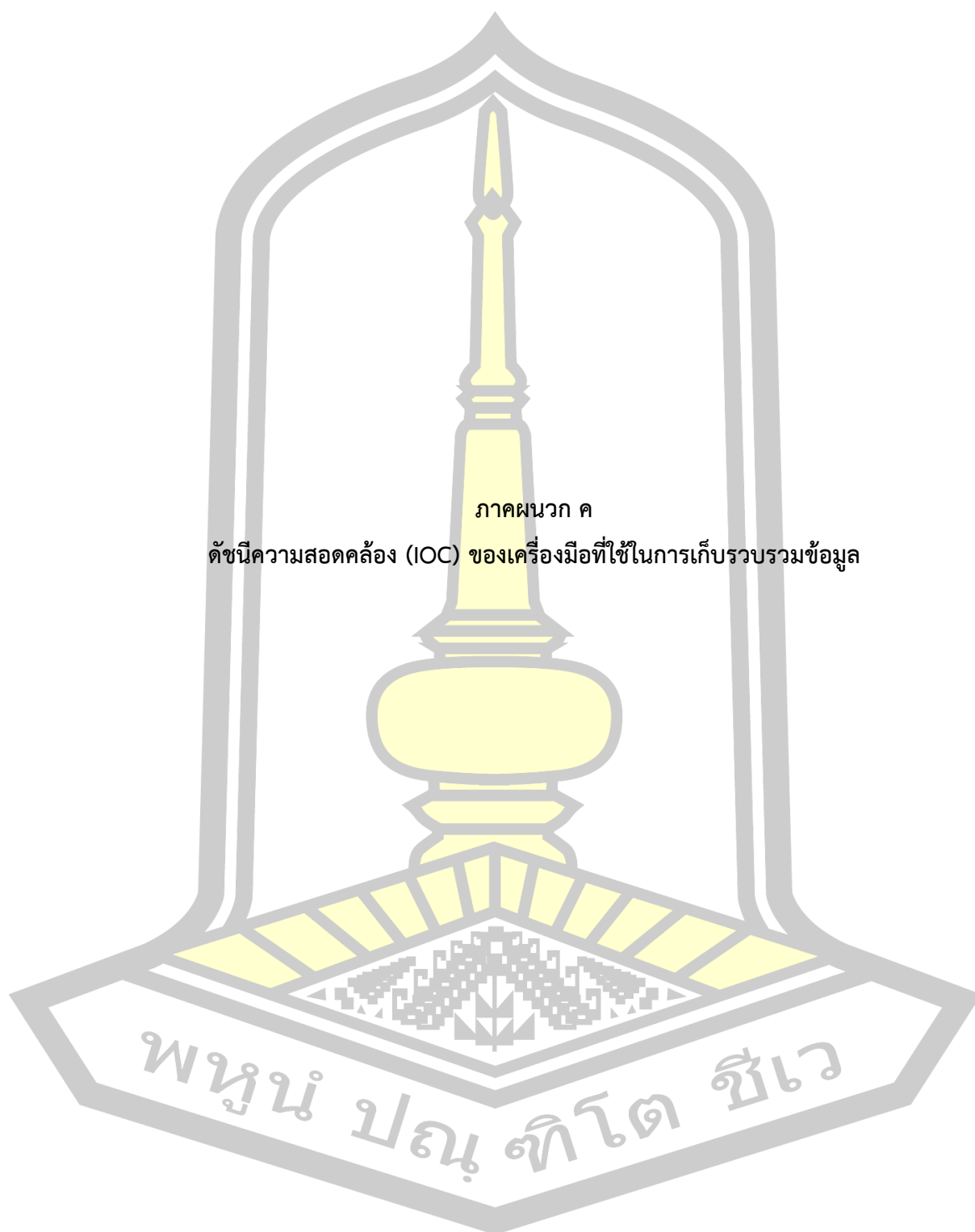
ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน
ร่วมกับแผนผังโน้ตทัศน์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									$\bar{x}$	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1. จุดประสงค์การเรียนรู้											
1.1 จุดประสงค์การเรียนรู้ สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.56	มากที่สุด
1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงถึงพฤติกรรมของ นักเรียนด้านความรู้ได้อย่าง ชัดเจน	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.53	มากที่สุด
1.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงถึงพฤติกรรมของ นักเรียนด้านทักษะ กระบวนการได้อย่างชัดเจน	4.2	4.2	4.2	4.2	4.4	4.2	4.4	4.4	4.4	4.29	มาก
1.4 จุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงถึงพฤติกรรมของ นักเรียนด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์ได้อย่างชัดเจน	4.4	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.56	มากที่สุด
1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมต่อสมรรถนะการ คิดเชิงระบบของนักเรียน	4.2	4.2	4.4	4.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.33	มาก
2. กิจกรรมการเรียนรู้											
2.1 กิจกรรมการเรียนรู้ สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.8	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.78	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นที่ 1 การสร้าง แบบจำลอง (Generating	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.58	มากที่สุด

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									$\bar{x}$	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
model)											
2.3 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นที่ 2 การ ประเมินแบบจำลอง (Evaluating model)	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.58	มากที่สุด
2.4 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นที่ 3 การ ดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.58	มากที่สุด
2.5 กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นที่ 4 การ ขยายแบบจำลอง (Elaborating model)	4.6	4.6	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.64	มากที่สุด
2.6 กิจกรรมการเรียนรู้ เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของ นักเรียน	4.4	4.4	4.6	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.8	4.53	มากที่สุด
2.7 กิจกรรมการเรียนรู้ สามารถส่งเสริมให้นักเรียน เกิดการพัฒนาการคิดเชิง ระบบ	4.4	4.2	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.47	มาก
2.8 กิจกรรมการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลง มือปฏิบัติ	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.6	4.8	4.6	4.76	มากที่สุด
2.9 ระยะเวลาในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.4	4.51	มากที่สุด
3. สื่อการจัดการเรียนรู้											
3.1 สื่อการจัดการเรียนรู้มี	4.4	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.4	4.53	มากที่สุด

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									$\bar{x}$	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
ความเหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้											
3.2 สื่อการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.56	มากที่สุด
3.3 สื่อการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการคิดเชิงระบบ	4.4	4.2	4.6	4.6	4.6	4.6	4.4	4.4	4.6	4.49	มาก
3.4 สื่อการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมต่อผู้เรียน	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.53	มากที่สุด
4. การวัดและประเมินผล											
4.1 วิธีการวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.58	มากที่สุด
4.2 เครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลมีความเหมาะสมต่อวิธีการวัด	4.2	4.2	4.4	4.4	4.4	4.2	4.2	4.4	4.2	4.29	มาก
4.3 เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและเหมาะสม	4	4.2	4.2	4.2	4	4.2	4.2	4.2	4.2	4.16	มาก

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

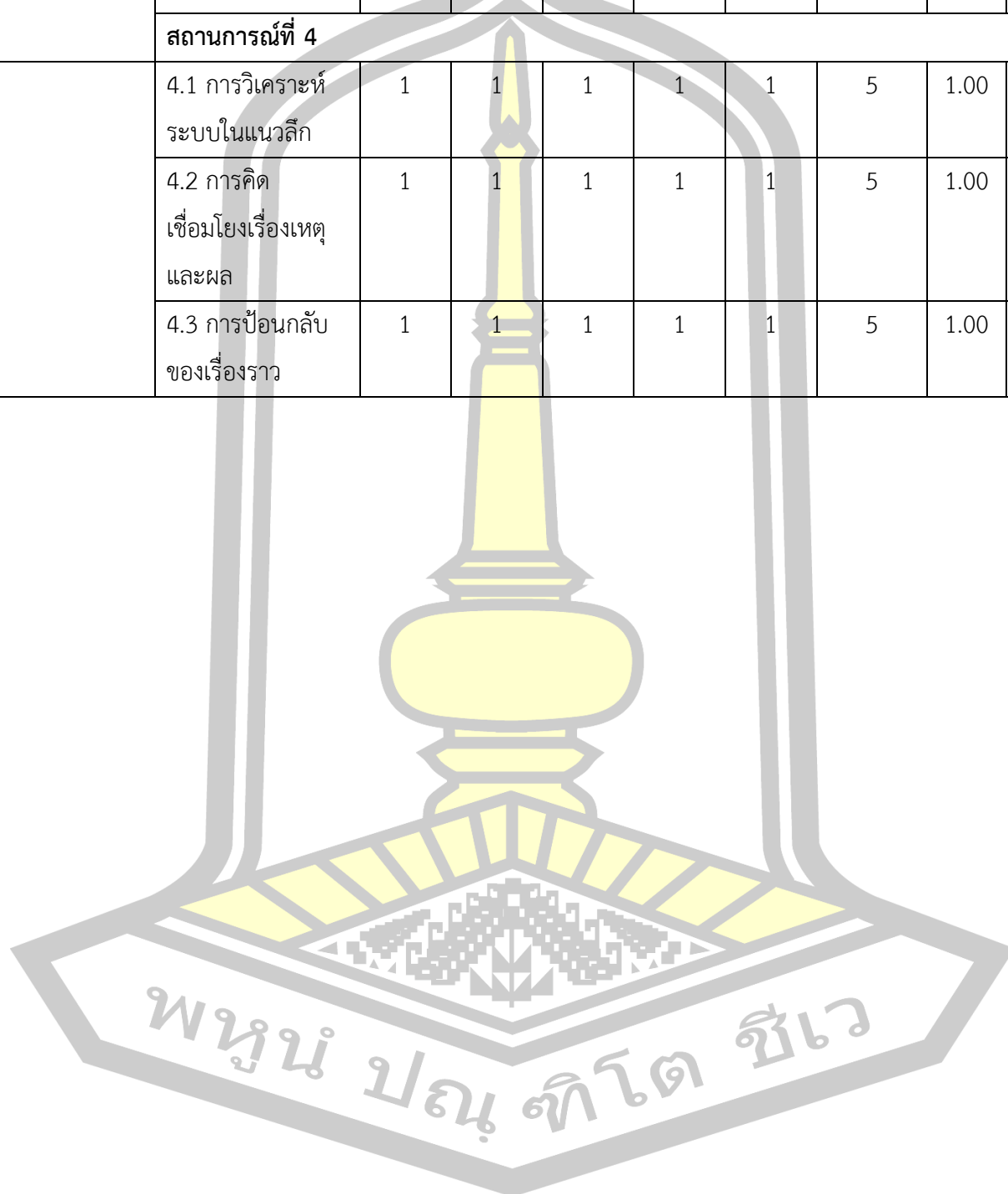
ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

พูนัน ปณ จิต ชีเว

ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจร
 ปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ทดลอง และอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต	สถานการณ์ที่ 1								
	1.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	2.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 3								
	3.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

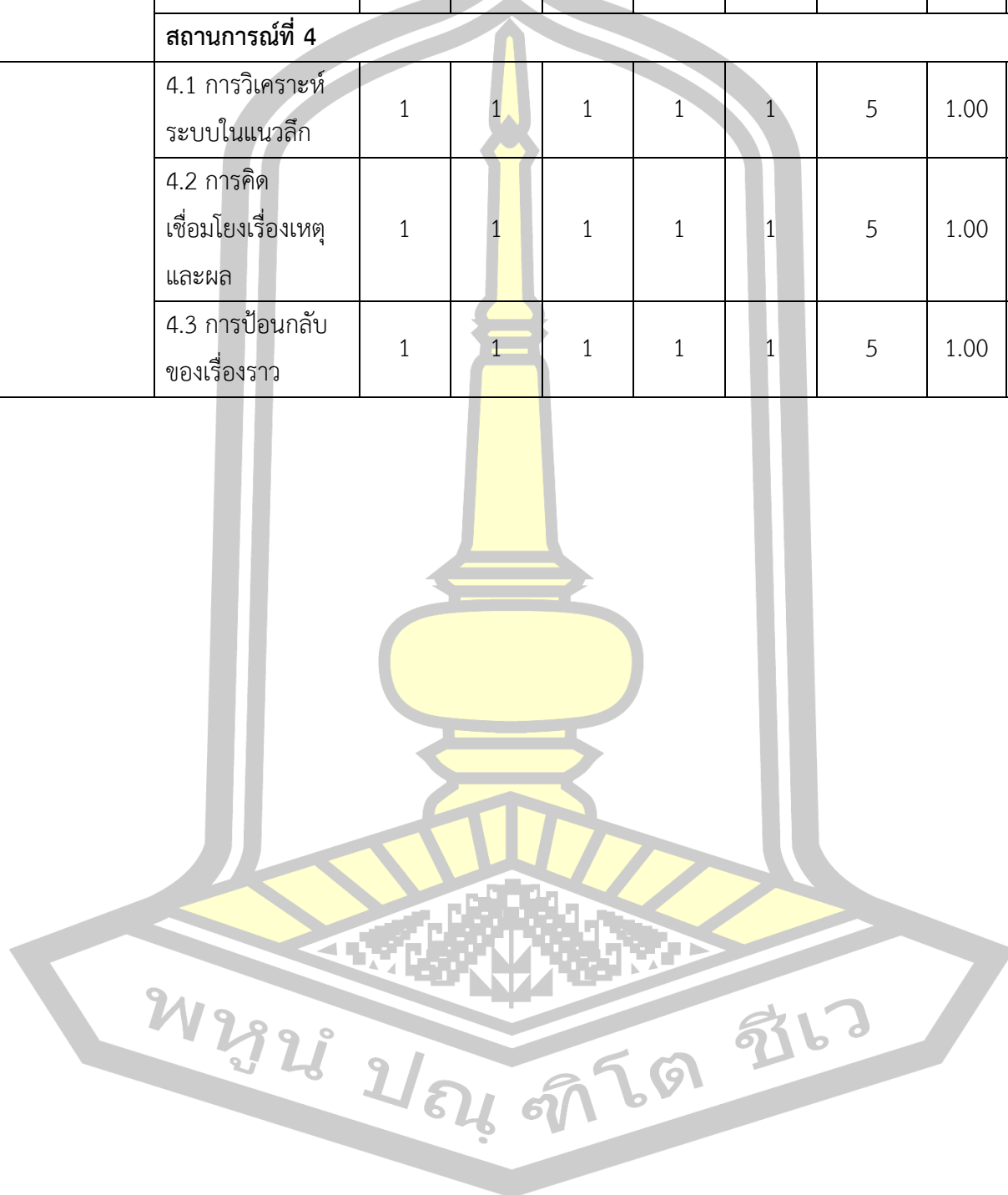
ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	สถานการณ์ที่ 4								
	4.1 การวิเคราะห์ ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.2 การคิด เชื่อมโยงเรื่องเหตุ และผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.3 การป้อนกลับ ของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง



ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
อธิบาย และ คำนวณแรง ไฟฟ้าตามกฎ ของคูลอมบ์	สถานการณ์ที่ 1								
	1.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	2.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
อธิบาย และ คำนวณ สนามไฟฟ้า และแรงไฟฟ้า ที่กระทำกับ อนุภาคที่มี ประจุไฟฟ้าที่ อยู่ใน สนามไฟฟ้า	สถานการณ์ที่ 3								
	3.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

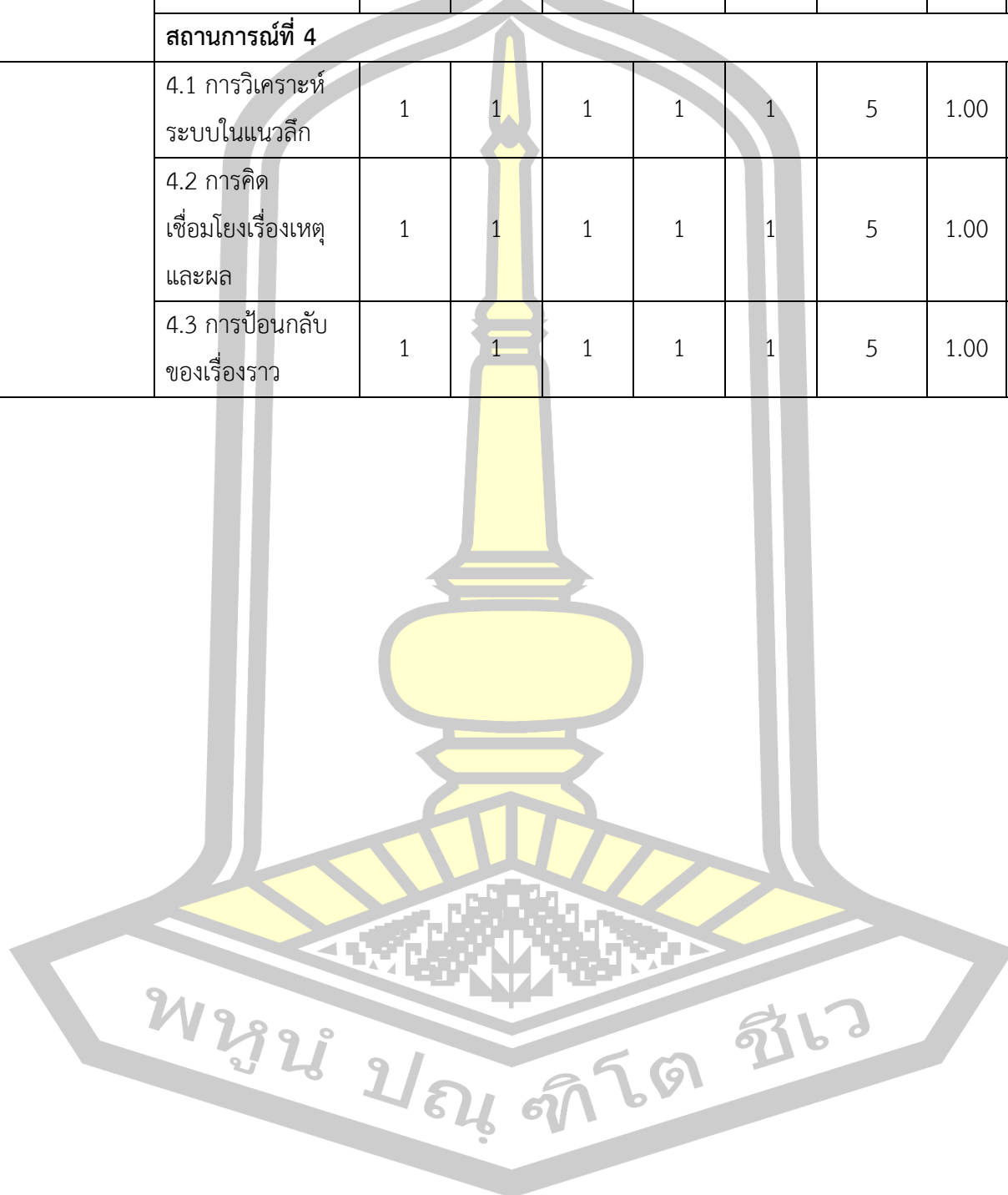
ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
	สถานการณ์ที่ 4								
	4.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง



ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดการคิดเชิงระบบ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 4 สถานการณ์ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	IOC	แปลผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
อธิบาย และคำนวณสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์	สถานการณ์ที่ 1								
	1.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	1.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	สถานการณ์ที่ 2								
	2.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	2.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
อธิบาย และคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้าและความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ	สถานการณ์ที่ 3								
	3.1 การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.2 การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	3.3 การป้อนกลับของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ผลการเรียนรู้	ข้อสอบที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
สถานการณ์ที่ 4									
	4.1 การวิเคราะห์ ระบบในแนวลึก	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.2 การคิด เชื่อมโยงเรื่องเหตุ และผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
	4.3 การป้อนกลับ ของเรื่องราว	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง



ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนการแบบวัดการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
1. การวิเคราะห์ระบบในแนวคิด	5	5	5	5	5	5	0	ดีมาก
2. การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	5	5	5	5	5	5	0	ดีมาก
3. การป้อนกลับของเรื่องราว	5	5	4	5	5	4.8	0.45	ดีมาก
$\bar{x}$						4.93		

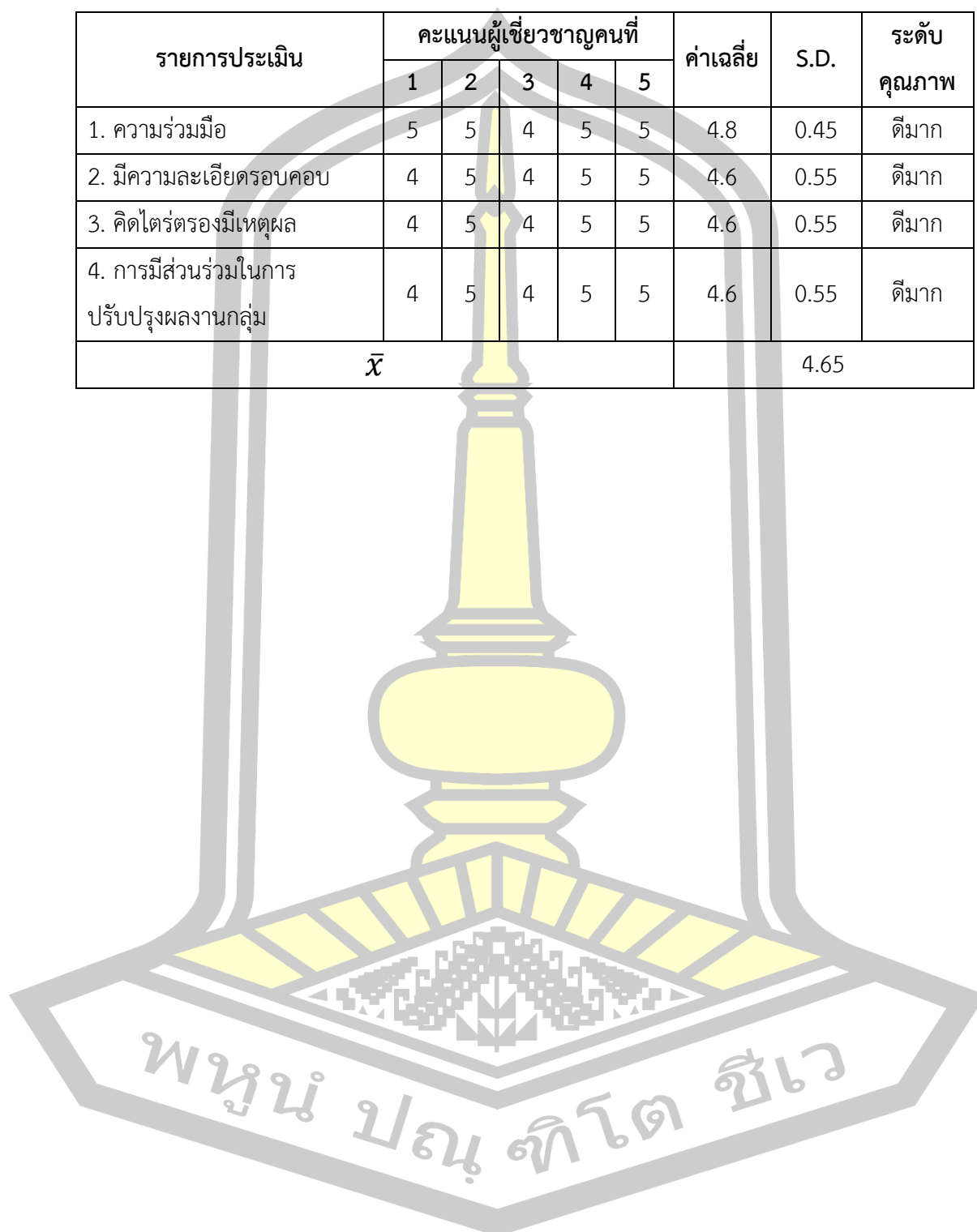
ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้องแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

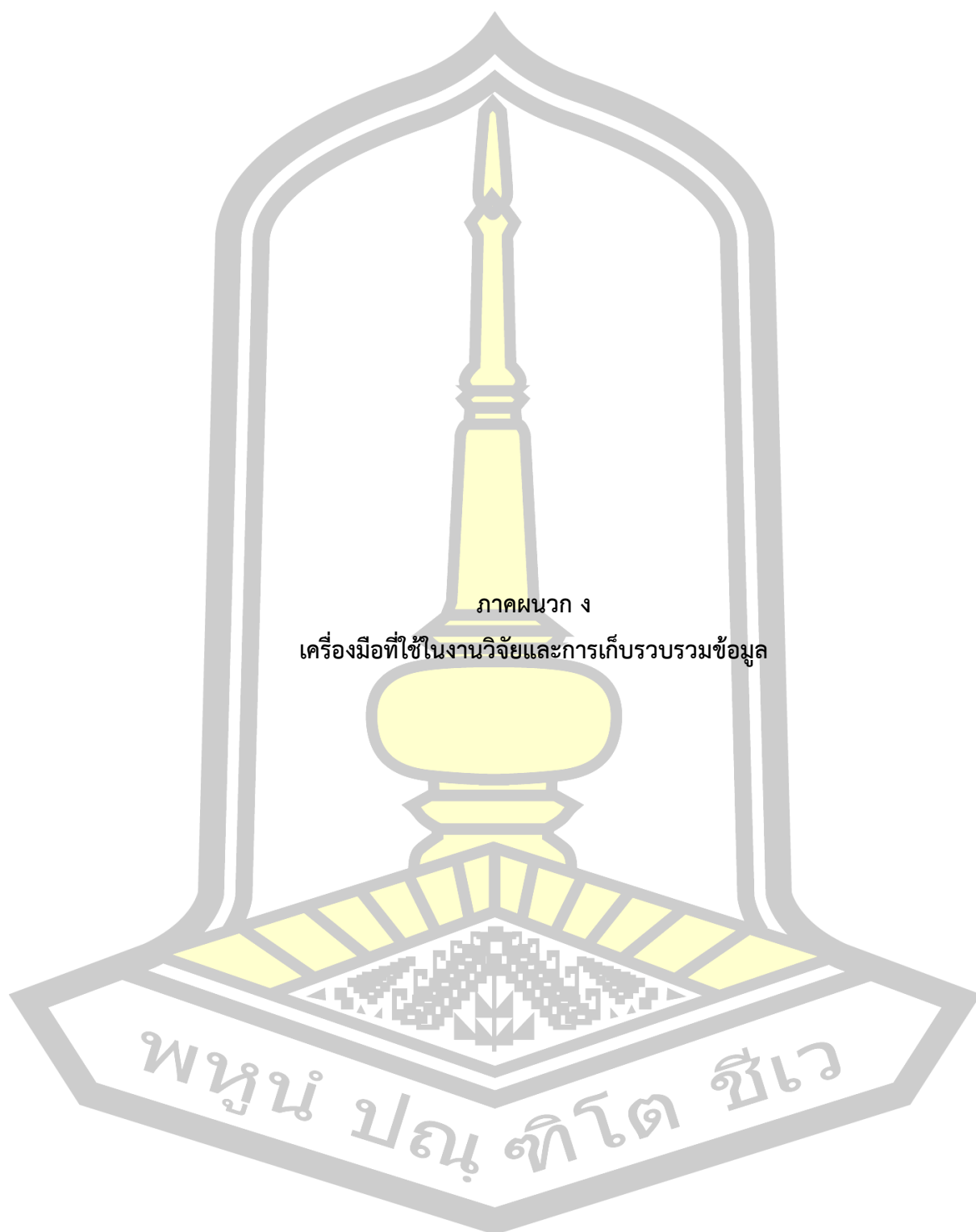
พฤติกรรม	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวมคะแนน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ความร่วมมือ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. มีความละเอียดรอบคอบ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4. การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
$\bar{x}$						5		

พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรม

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
1. ความร่วมมือ	5	5	4	5	5	4.8	0.45	ดีมาก
2. มีความละเอียดรอบคอบ	4	5	4	5	5	4.6	0.55	ดีมาก
3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	4	5	4	5	5	4.6	0.55	ดีมาก
4. การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม	4	5	4	5	5	4.6	0.55	ดีมาก
$\bar{x}$						4.65		





ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

พูน ปณ จิต ชีวะ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต

เวลา 14 ชั่วโมง

เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

เวลา 2 ชั่วโมง

สอนวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2567

ผู้สอน นายธนกร กงเพชร

1. ผลการเรียนรู้

ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงของ การเกิดแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ (K)
2. นักเรียนสามารถทดลอง ชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบ ในวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำได้ (P)
3. นักเรียนคิดไตร่ตรอง มีเหตุผล (A)

3. สาระสำคัญ

ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวกและประจุไฟฟ้าลบ ถ้าประจุทั้งสองมีประจุชนิดเดียวกันจะเกิดแรงผลักกันและหากประจุทั้งสองมีประจุต่างชนิดกันจะเกิดแรงดึงดูดกัน การนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้ตัวนำใดๆ จะทำให้ปรากฏประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านที่อยู่ใกล้และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนตัวนำด้านที่อยู่ไกล เรียกว่า การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต (electrostatic induction) โดยอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบประจุไฟฟ้า เรียกว่า อิเล็กโทรสโคป (electroscope)

การต่อสายดิน (grounding) เป็นการทำให้วัตถุที่มีประจุไฟฟ้า มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า โดยต่อวัตถุนั้นกับวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เช่น โลก

4. สาระการเรียนรู้

การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต



5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ (MODEL-BASED LEARNING WITH CONCEPT MAPPING)

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)

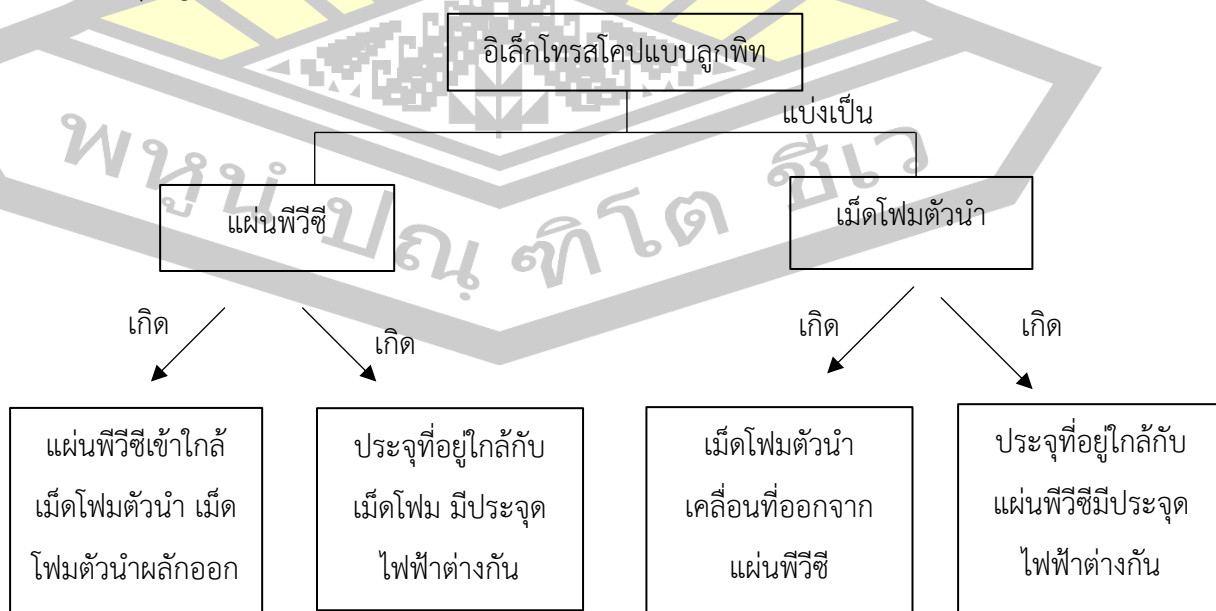
1. ครูตั้งคำถามนักเรียน ชนิดของแรงระหว่างประจุขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าอย่างไร

แนวคำตอบ แรงระหว่างประจุชนิดเดียวกันจะเป็นแรงผลักกัน ส่วนแรงระหว่างประจุต่างชนิดกันจะเป็นแรงดึงดูด

2. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่าง อิเล็กโตรสโคปแบบลูกพิท โดยเมื่อนำแผ่นพีวีซีที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบเข้าใกล้เม็ดโม่ตัวนำ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง ดังรูปด้านล่าง



3. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า “เมื่อนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้ วัตถุที่เป็นกลาง นักเรียนคิดว่า ประจุบนผิววัตถุทั้งสองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร” ครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อนเกี่ยวกับประเด็นที่ครูตั้งคำถามเพื่อสรุปเป็น แผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิดกระจายออก (Point Grouping) ในสมุด จากนั้นครูสุ่มนักเรียนมา 1 เขียนตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิดกระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน แนวคำตอบ แผนผังมโนทัศน์ที่ 1



4. ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า “ถ้านักเรียนสามารถทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำด้านใกล้และเกิดประจุชนิดเดียวกันบนตัวนำด้านไกลได้ นักเรียนสามารถแยกประจุทั้งสองชนิดได้อย่างไร” (คำตอบอิสระ)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่ายจากวัสดุดังต่อไปนี้ (แก้วพลาสติก, แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์, ลวดเสียบกระดาศ, ดินน้ำมัน, มีดคัตเตอร์, กรรไกร, พิวซี, ผ้าสักหลาด) ในใบกิจกรรมตอนที่ 1 การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต โดยครูใช้คำถาม กระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ดังนี้

- ถ้านักเรียนต้องการทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำ นักเรียนต้องใช้วัสดุชนิดใดที่เป็นตัวนำ จากวัสดุที่กำหนดให้

แนวคำตอบ แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์, ลวดเสียบกระดาศ

- นักเรียนจะอย่างไรให้ทราบว่าประจุชนิดเดียวกัน อยู่ในวัสดุตัวนำ

แนวคำตอบ ใช้แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์แบ่งเป็น 2 แผ่นวางอยู่ในลวดเสียบกระดาศตัวนำ เมื่อมีประจุจะเกิดแรงผลัก

- นักเรียนจะอย่างไรให้ ประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงจากประจุ ไม่ใช่จากแรงลม หรือแรงภายนอก

แนวคำตอบ นำไปไว้ในขวดน้ำ หรือ แก้ว

- นักเรียนจะอย่างไรให้ ตัวนำรับประจุได้

แนวคำตอบ แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ เสียบกับลวดเสียบกระดาศตัวนำ ไว้ด้านนอกขวดน้ำหรือแก้ว หรือใช้ลวดเสียบกระดาศม้วนเป็นวงกลม ไว้ด้านนอกขวดน้ำหรือแก้ว จากนั้นเชื่อมกับลวดเสียบกระดาศที่อยู่ด้านในขวดน้ำหรือแก้ว

7. นักเรียนวาดแบบจำลองอิเล็กโทรสโคปที่ได้สร้างไปในใบงาน กิจกรรมตอนที่ 1

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model)

1. นักเรียนดำเนินการทดลอง จากแบบจำลองที่นักเรียนได้สร้างในใบกิจกรรมตอนที่ 1

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองโดยการให้อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะที่เป็นกลางทางไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้ามีประจุไฟฟ้า ในใบกิจกรรม ตอนที่ 2

3. นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง เหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต และสืบค้นข้อมูลเชิงประจักษ์จากหนังสือเรียน รายวิชา เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต แล้วสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ในใบงาน

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจากข้อมูลที่สืบค้น มาประเมินแบบจำลองเบื้องต้นในขั้นสร้างแบบจำลองใน ตอนที่ 1 โดยครูใช้คำถามกับนักเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ของตนเองที่ได้สรุปไปนั้นว่าสามารถตอบคำถามตามประเด็นดังต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้นักเรียนดัดแปลงแก้ไขในขั้นต่อไป

ประเด็นคำถามมีดังนี้

- เมื่อนักเรียนนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้จานโลหะอิเล็กทรอนิกส์โคปจะเกิดอะไรขึ้น

(แนวคำตอบ จะทำให้จานโลหะมีประจุชนิดตรงข้าม)

- เมื่อนักเรียนต่อสายดินหรือใช้นิ้วมือแตะจานโลหะ ประจุลบและบวกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(แนวคำตอบ ประจุลบจะถ่ายโอนระหว่างอิเล็กทรอนิกส์โคปกับสายดินหรือนิ้วมือ ทำให้ประจุบน อิเล็กทรอนิกส์โคปที่เหมือนกับประจุบนวัตถุที่มาเหนี่ยวนำหมดไป)

- เมื่อนักเรียนนำสายดินหรือนิ้วมือออก แล้วนำวัตถุมีประจุออกจากจานโลหะ อิเล็กทรอนิกส์โคปมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

(แนวคำตอบ ทำให้บนอิเล็กทรอนิกส์โคปเหลือประจุชนิดตรงข้ามกับประจุบนวัตถุที่มาเหนี่ยวนำ)

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)

1. ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลต่อไปนี้ได้ โดยครูตั้งประเด็นคำถาม และนักเรียนตอบในใบกิจกรรม ตอนที่ 3

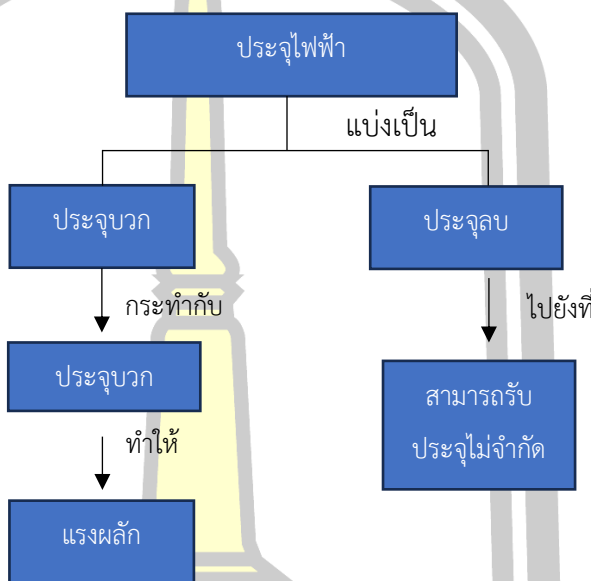
- พีวีซีและจานโลหะมีประจุชนิดใด ในขั้นตอนการทดลองที่ 2 นำผ้าสักหลาดถูกับท่อพีวีซี และนำเข้าใกล้จานโลหะอิเล็กทรอนิกส์โคป ด้านบน

แนวคำตอบ ท่อพีวีซีมีประจุลบ จานโลหะมีประจุบวก

- ถ้านักเรียนต้องการให้วัตถุที่มีประจุมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า จะต้องทำ อย่างไร

แนวคำตอบ ใช้นิ้วแตะหรือต่อสายดินที่วัตถุนั้น

2. ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้ทดลองแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์เข้าไปในแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต



3. นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองกับกลุ่มเพื่อน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาหน้าชั้นเรียนเพื่อนำเสนอ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

4. นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองมิติของชั้นเรียน (consensus model) ที่ดีที่สุดสอดคล้องกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์และปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมขึ้น



ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

1. นักเรียนใช้แบบจำลองที่สร้างเพื่อทำนาย เกี่ยวกับประจุ ดังต่อไปนี้

ถ้ามีลูกพิทจำ นวน 3 ลูก เมื่อทดลองนำ ลูกพิทเข้าใกล้กันทีละคู่จนครบ 3 คู่ปรากฏว่าแรงกระทำระหว่างลูกพิททั้ง 3 คู่ เป็นแรงดึงดูด ประจุบนลูกพิทแต่ละลูกเป็นชนิดใด

เฉลย มีประจุบวก 1 ลูก เป็นกลางทางไฟฟ้า 1 ลูก และประจุลบ 1 ลูก ซึ่งวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าสามารถดึงดูดวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้

2. นักเรียนนำแบบจำลองมาพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้

สถานการณ์ เครื่องทำน้ำอุ่น “อันตรายถึงชีวิต หากไม่ติดตั้งสายดิน” ทำไมถึงอันตรายถึงตาย มีหลักการทำงานอย่างไร ทำไมต้องต่อสายดิน โดยนักเรียนเขียนอธิบายหลักการทำงานลงในสมุดของตัวเอง



เฉลย การต่อสายดิน เป็นหนึ่งในการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในกรณีที่เกิดไฟรั่ว หากที่อยู่อาศัยของเราไม่ได้ติดตั้งสายดิน เมื่อมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไฟรั่วอยู่ แล้วผู้ใช้ไปสัมผัสหรือใช้งาน จะทำให้ถูกไฟดูดได้ แต่ถ้าต่อสายดินเรียบร้อยแล้ว ไฟที่รั่วอยู่นั้นจะถูกนำลงดินผ่านสายดิน แทนที่จะเข้าสู่ร่างกายของเรานั้นเอง โดยหลักการต่อสายดิน (grounding) เป็นการทำให้วัตถุที่มีประจุ มีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า โดยการต่อวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า เช่น โลก ซึ่งมีขนาดใหญ่่มาก แต่ถ้าวัตถุนั้นมีประจุบวก ประจุลบ จากวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะถ่ายโอนสู่วัตถุที่มีประจุเป็นบวก ช่วยทำให้ประจุไฟฟ้าที่รั่ว

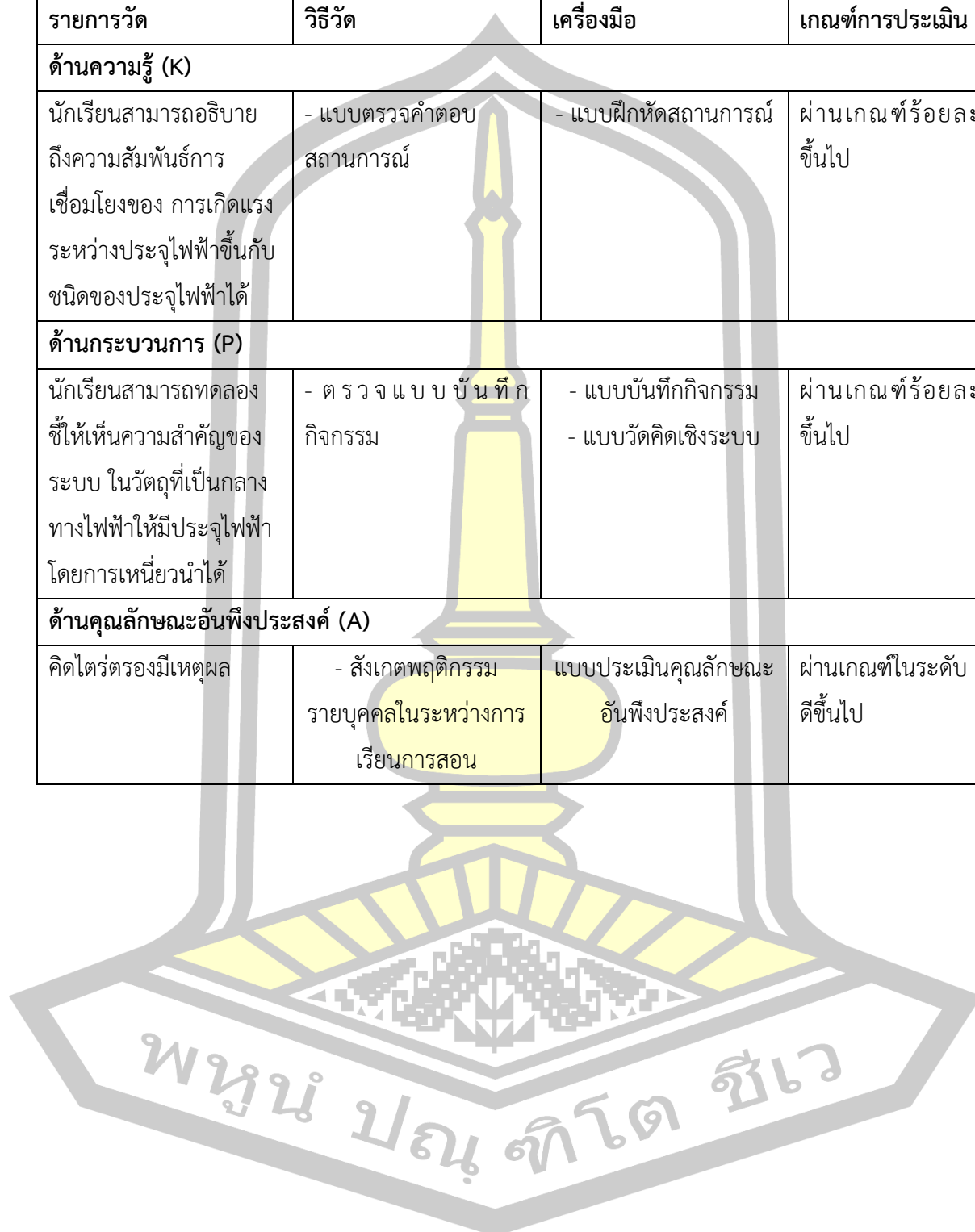
3. ครูให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนทุกกลุ่มอธิบายหลักการ ทฤษฎี หรือปรากฏการณ์จาก แบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนเองสร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบาย สถานการณ์ หรือทำนายได้

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
- 2) วัสดุและอุปกรณ์กิจกรรม การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

การวัดผลประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
นักเรียนสามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงของ การเกิดแรงระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้	- แบบตรวจคำตอบ สถานการณ์	- แบบฝึกหัดสถานการณ์	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านกระบวนการ (P)			
นักเรียนสามารถทดลองชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบ ในวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำได้	- ตรวจ แบบ บั น ทึก กิจกรรม	- แบบบันทึกกิจกรรม - แบบวัดคิดเชิงระบบ	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	- สังเกตพฤติกรรม รายบุคคลในระหว่างการเรียนรู้การสอน	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป



เกณฑ์การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้ (K)

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2	1	0
สถานการณ์ อันตรายถึงชีวิต หากไม่ติดตั้งสายดิน	สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ในการต่อสายดิน ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ในการต่อสายดิน แต่ไม่ถูกต้อง	ไม่เขียนคำตอบ
สถานการณ์ทำนายเกี่ยวกับประจุ	สามารถอธิบายทำนายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ในลูกพิท ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน	สามารถทำนาย ได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยง ระหว่างประจุไฟฟ้าขึ้นกับชนิดของประจุไฟฟ้าได้ในลูกพิท	ไม่เขียนคำตอบ

เกณฑ์การประเมิน

ช่วงคะแนน	3 -4	ร้อยละ 70 ขึ้นไป	หมายถึง ผ่าน
ช่วงคะแนน	1- 2	ต่ำกว่าร้อยละ 70	หมายถึง ไม่ผ่าน

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การประเมินด้านทักษะกระบวนการ (P)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1) การวิเคราะห์ระบบในแนวลึก	นักเรียนเขียนอธิบายได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความซับซ้อนของปัญหาที่เกิดขึ้น	เขียนอธิบายแต่ยังไม่ได้ชี้ประเด็นปัญหาสำคัญขาดรายละเอียดปัญหาหรือมีแต่ปัญหารองที่ไม่ใช่ปัญหาหลัก ยังไม่สามารถมองระบบของปัญหาได้	นักเรียนไม่เขียนบันทึกกิจกรรม
2) การคิดเชื่อมโยงเรื่องเหตุและผล	นักเรียนเขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์การเชื่อมโยงขั้นตอนของปัญหา การแก้ปัญหา รวมถึงผลที่ได้จากการแก้ปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น ตอบปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้น ผู้อ่านสามารถเข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่าย	นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอน กระบวนการ แต่ขาด ความเชื่อมโยงความเป็น เหตุ และผล หรือขาดรายละเอียดหลักในการให้เหตุผลผลระหว่าง การเชื่อมโยง	นักเรียนไม่เขียนบันทึกกิจกรรม
3) การป้อนกลับของเรื่องราว	เขียนอธิบายการให้ผลสะท้อนตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปได้ รวมถึงการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา ผลที่เกิดขึ้นเป็นระบบเข้าใจง่าย	เขียนอธิบายการสะท้อนปัญหาได้เพียงด้านเดียวหรือ 2 ด้าน ไม่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการผลลัพธ์ในการป้อนกลับของวงจรการแก้ปัญหา	นักเรียนไม่เขียนบันทึกกิจกรรม

เกณฑ์การประเมิน ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนตั้งแต่ 4 ขึ้นไปของคะแนนเต็มหรือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

ประเด็นการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2	1	0
คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	นักเรียน คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือ ปฏิบัติ ตัดสินใจ ดำเนินการปฏิบัติ อย่างรอบคอบ และ คำนึงถึงผลที่คาดว่าจะ เกิดขึ้นในการปฏิบัติ	นักเรียนคิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือ ปฏิบัติ ตัดสินใจ ดำเนินการปฏิบัติ อย่างรอบคอบ แต่ไม่ คำนึงถึงผลที่คาดว่าจะ เกิดขึ้นในการปฏิบัติ	นักเรียนไม่ ลงมือปฏิบัติ

เกณฑ์การประเมิน ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมินต้องได้คะแนนตั้งแต่ 1 ขึ้นไปของคะแนนเต็มหรือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป





แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่

ตอนที่ 1 แยกประจุทั้งสองชนิดได้อย่างไร

จุดประสงค์ของกิจกรรม : ออกแบบ และสร้าง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ และสร้างแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่ายจากวัสดุ-อุปกรณ์ ที่กำหนดให้

1. ถ้านักเรียนต้องการทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำ นักเรียนต้องใช้วัสดุชนิดใดที่เป็นตัวนำจากวัสดุที่กำหนดให้

2. นักเรียนจะอย่างไรให้ทราบว่าประจุชนิดเดียวกัน อยู่ในวัสดุตัวนำ

3. นักเรียนจะอย่างไรให้ ประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงจากประจุ ไม่ใช่จากแรงลม หรือแรงภายนอก

4. นักเรียนจะอย่างไรให้ ตัวนำรับประจุได้

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| 1) แก้วพลาสติก | 2) แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ | 3) ลวดเสียบกระดาษ |
| 4) ดินน้ำมัน | 5) กรรไกร | 6) มีดคัตเตอร์ |
| 7) พิวซี | 8) ผ้าสักหลาด | |

1. นักเรียนวาดแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปที่ได้สร้าง



แบบบันทึกการทดลอง

ตอนที่ 2 การทำให้อิเล็กทรอนิกส์มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

ขั้นตอนการทดลอง	วาดแบบจำลอง
1. แบบจำลอง เล็กทรอนิกส์แผ่นโลหะอย่างง่าย	
2. นำผ้าสักหลาดถูกับฟิวส์ และนำเข้าใกล้งานโลหะอิเล็กทรอนิกส์ด้านบน สังเกตแผ่นโลหะและวาดรูป	
3. ใช้นิ้วมือแตะงานโลหะ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	
4. ยกนิ้วมือออกจากงานโลหะ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	
5. นำท่อฟิวส์ออกจากงานโลหะอิเล็กทรอนิกส์ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

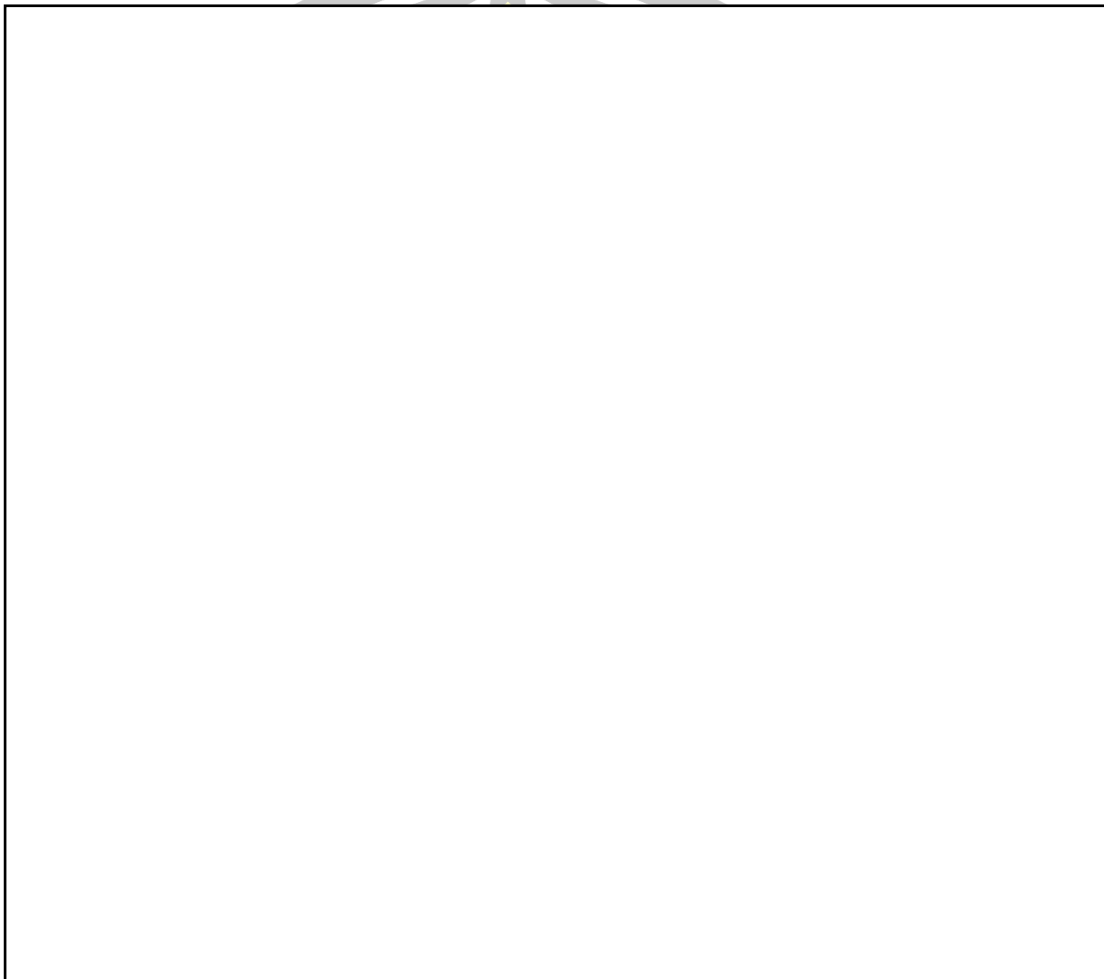
- เมื่อนักเรียนนำวัตถุที่มีประจุเข้าใกล้งานโลหะอิเล็กทรอนิกส์จะเกิดอะไรขึ้น
.....
- เมื่อนักเรียนต่อสายดินหรือใช้นิ้วมือแตะงานโลหะ ประจุลบและบวกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
.....

3. เมื่อนักเรียนนำสายดินหรือนิ้วมือออก แล้วนำวัตถุที่มีประจุออกห่างจากจานโลหะ อิเล็กโตรสโคปมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนสรุปการทดลองทำให้อิเล็กโตรสโคปมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำโดยเขียนเป็นแผนผังโน้ตทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

ตอนที่ 3 แก๊สแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก๊ส แบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย ในตอนที่ 1 วาดแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปที่ได้แก๊ส



คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผนผังมโนทัศน์ชนิด เชื่อมโยง (Linked Grouping)

1. ในขั้นตอนการทดลองที่ 2 นำผ้าสักหลาดถูกับฟิวส์ และนำเข้าไปใกล้จานโลหะอิเล็กโทรสโคปด้านบน ฟิวส์และจานโลหะมีประจุชนิดใด

2. ถ้านักเรียนต้องการให้วัตถุที่มีประจุสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า จะต้องทำอย่างไร

ผลบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 รหัส ว32223 เรื่อง การเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต

บันทึกผลหลังการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

เสนอแนะวิธีแก้ปัญหา

.....

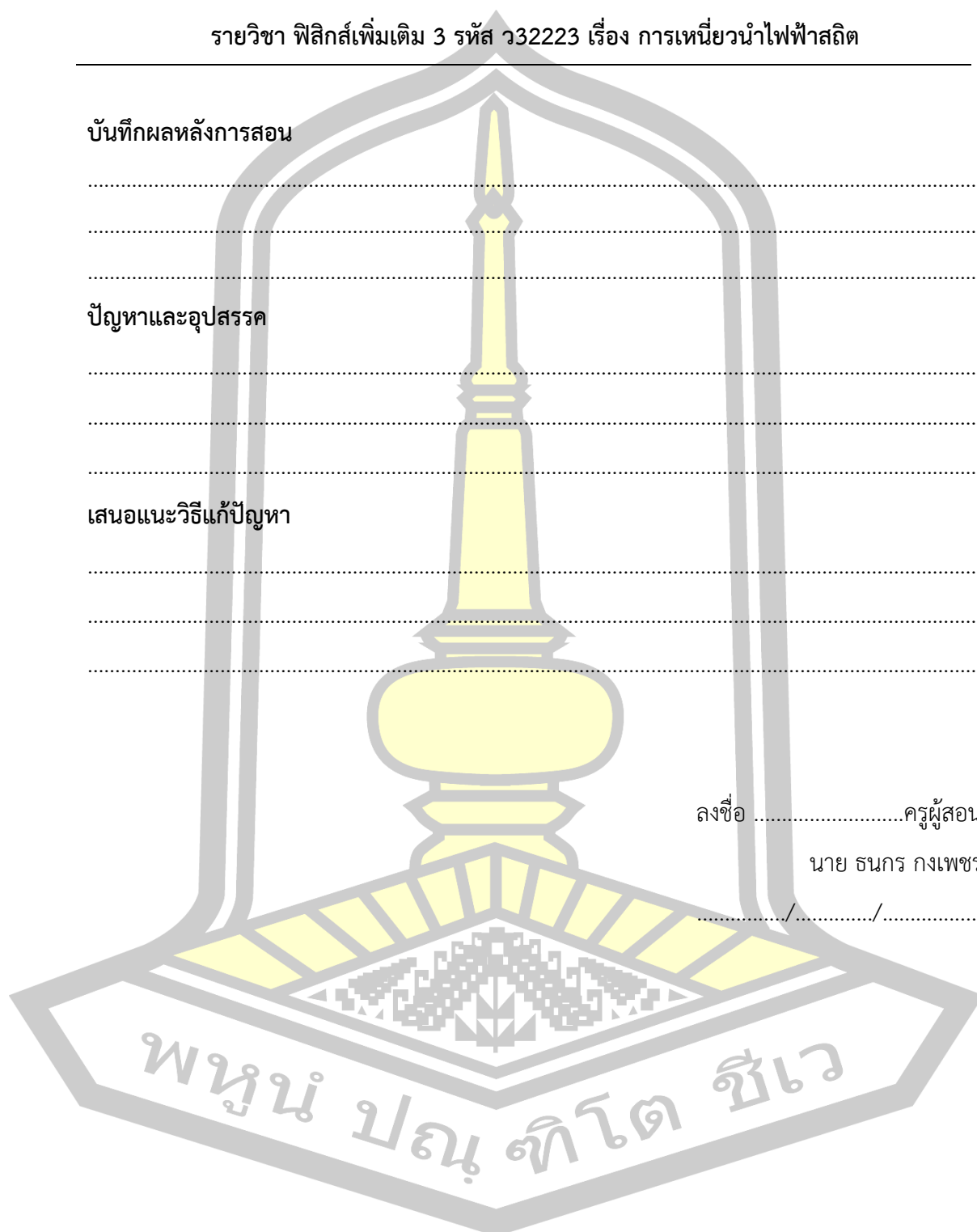
.....

.....

ลงชื่อครูผู้สอน

นาย ธนกร กงเพชร

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



ตอนที่ 1 แยกประจุทั้งสองชนิดได้อย่างไร

จุดประสงค์ของกิจกรรม : ออกแบบ และสร้าง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้ และสร้างแบบจำลองอิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่ายจาก วัสดุ-อุปกรณ์ ที่กำหนดให้

1. ถ้านักเรียนต้องการทำให้เกิดประจุชนิดตรงข้ามบนตัวนำ นักเรียนต้องใช้วัสดุชนิดใดที่เป็นตัวนำจากวัสดุที่กำหนดให้

ฟอยล์, ปรอท, ขนเปราะกระดาษ

2. นักเรียนจะอย่างไรให้ทราบว่าประจุชนิดเดียวกัน อยู่ในวัสดุตัวนำ

ใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ มีประจุเหมือนกัน ทำให้เกิดแรงผลัก

3. นักเรียนจะอย่างไรให้ ประจุชนิดเดียวกันเกิดแรงจากประจุ ไม่ใช่จากแรงลม หรือแรงภายนอก

ใช้แผ่นลวดดีบุก

4. นักเรียนจะอย่างไรให้ ตัวนำรับประจุได้

เอาฟอยล์มาพันลวดดีบุก แล้วนำมาใกล้กับวัตถุที่มีประจุ

วัสดุ-อุปกรณ์

- | | | |
|----------------|-------------------------|-------------------|
| 1) แก้วพลาสติก | 2) แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ | 3) ลวดเสียบกระดาษ |
| 4) ดินน้ำมัน | 5) กรรไกร | 6) มีดคัดเตอร์ |
| 7) ฟิวส์ | 8) ผ้าสักหลาด | |

1. นักเรียนวาดแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปที่ได้สร้าง



ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน





แบบบันทึกการทดลอง

ตอนที่ 2 การทำให้อิเล็กทรอนิกส์มีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำ

ขั้นตอนการทดลอง	วาดแบบจำลอง
1. แบบจำลอง เล็กทรอนิกส์แผ่นโลหะอย่างง่าย	
2. นำผ้าสักหลาดติดกับพีวีซี และนำเข้าไปใกล้จานโลหะอิเล็กทรอนิกส์ด้านบน สังเกตแผ่นโลหะและวาดรูป	
3. ใช้นิ้วมือแตะจานโลหะ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	
4. ยกนิ้วมือออกจากจานโลหะ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	
5. นำท่อพีวีซีออกจากจานโลหะอิเล็กทรอนิกส์ สังเกตแผ่นโลหะบางและวาดรูป	

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนนำวัตถุที่มีประจุเข้าไปใกล้จานโลหะอิเล็กทรอนิกส์จะเกิดอะไรขึ้น

แผ่นโลหะจะยกตัวออกจากกัน

2. เมื่อนักเรียนต่อสายดินหรือใช้นิ้วมือแตะจานโลหะ ประจุลบและบวกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

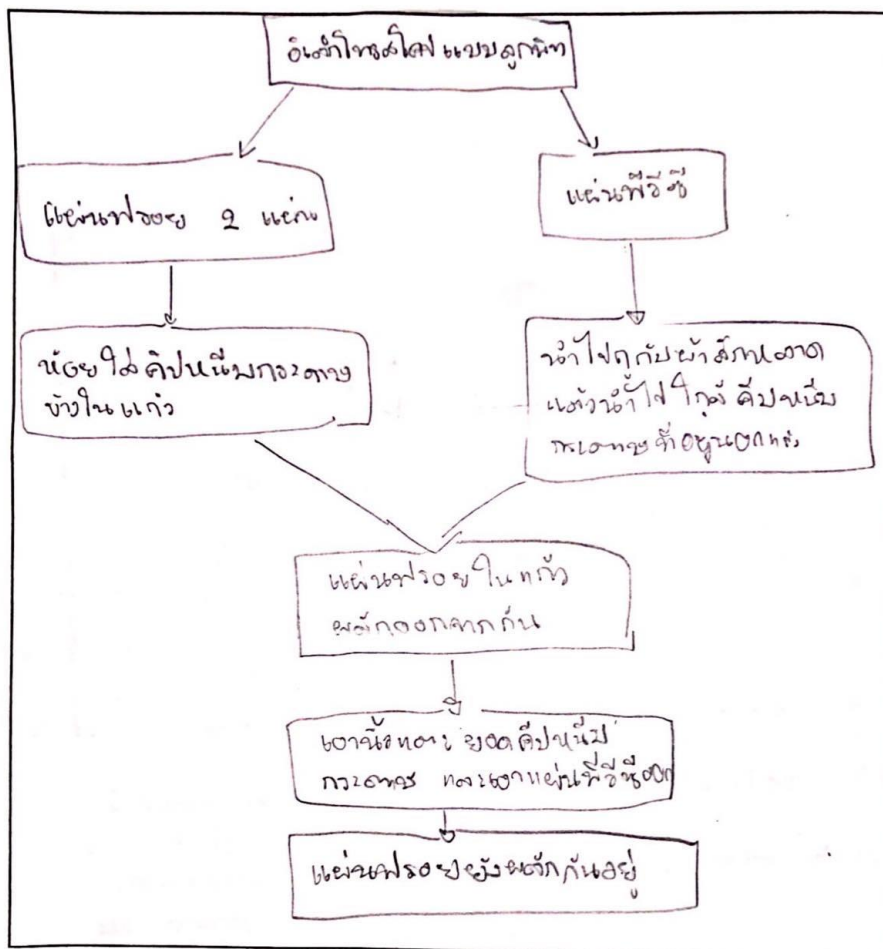
เมื่อแตะหรือต่อสายดิน ประจุลบจะไหลลงสู่พื้นดิน และประจุบวกจะคงไว้

3. เมื่อนักเรียนนำสายดินหรือนิ้วมือออก แล้วนำวัตถุที่มีประจุออกจากจานโลหะ อิเล็กทรอนิกส์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

เกิดแรงผลักกันออกจากกัน

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

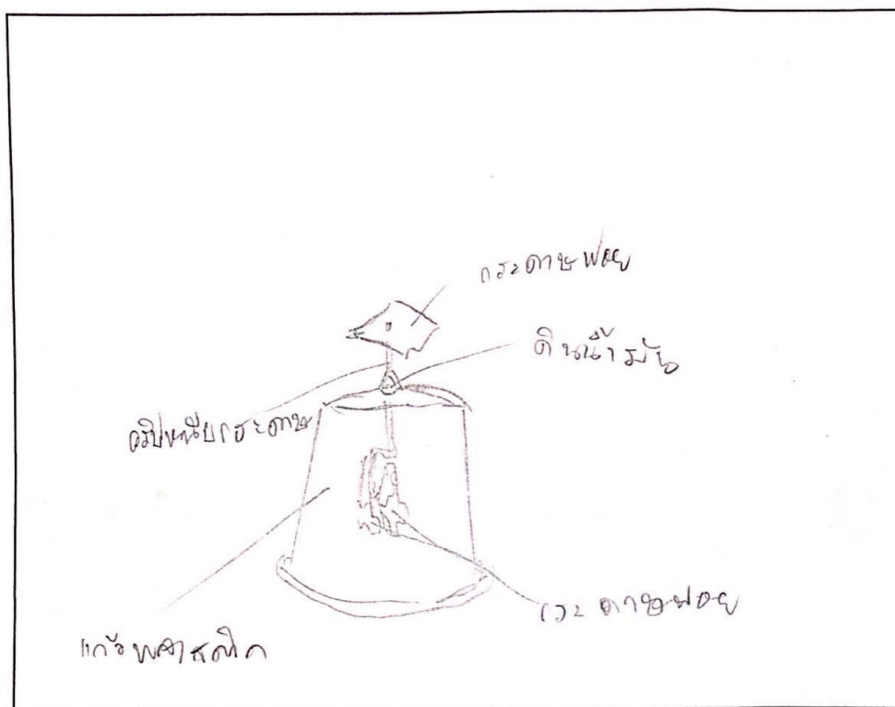
คำชี้แจง ให้นักเรียนสรุปการทดลองทำให้อิเล็กทรอนิกส์โคปมีประจุไฟฟ้าโดยการเหนี่ยวนำโดยเขียนเป็นแผนผัง
มโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)



ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

ตอนที่ 3 แก๊สแบบจำลองอิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแก๊ส แบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปแผ่นโลหะอย่างง่าย ในตอนที่ 1 วาดแบบจำลอง อิเล็กโทรสโคปที่ได้แก๊ส



คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผนผังโน้ตค้นคิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

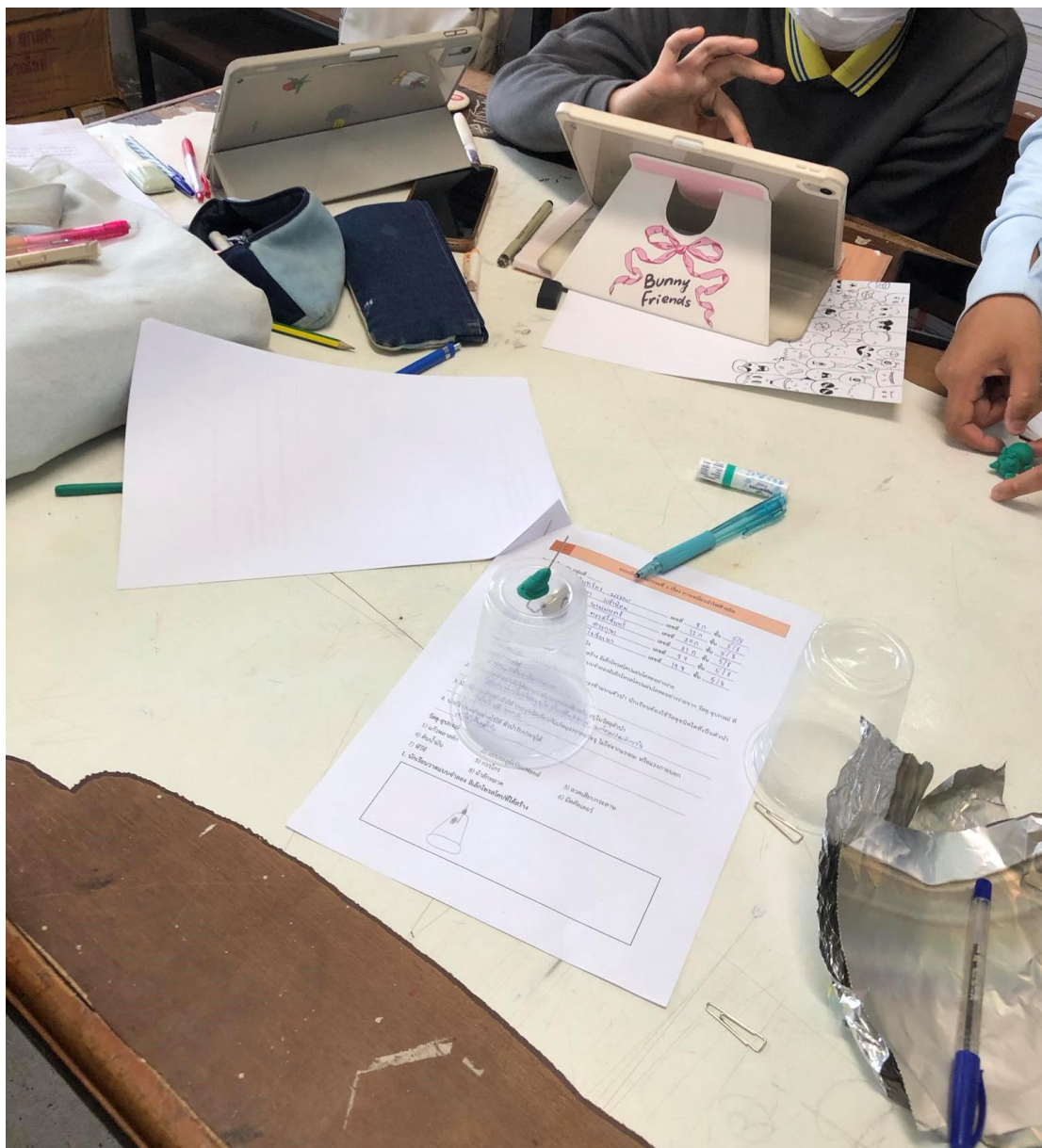
1. ในขั้นตอนการทดลองที่ 2 นำผ้าสักหลาดถูกับฟิวซ์ และนำเข้าไปใกล้จานโลหะอิเล็กโทรสโคปด้านบน ฟิวซ์ และจานโลหะมีประจุชนิดใด

ฟิวซ์มีประจุลบ จานโลหะมีประจุลบ

2. ถ้านักเรียนต้องการให้วัตถุที่มีประจุมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า จะต้องทำอย่างไร

เอาผ้าสักหลาดมาถูกับฟิวซ์ แล้วนำฟิวซ์มาแตะจานโลหะ กลายเป็นกลางทางไฟฟ้า

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน





ตัวอย่างกิจกรรมนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต

เวลา 14 ชั่วโมง

เรื่อง กฎของคูลอมบ์

เวลา 1 ชั่วโมง

สอนวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2567

ผู้สอน นายธนกร กองเพชร

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์

2. สาระการเรียนรู้

กฎของคูลอมบ์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถคำนวณแรงไฟฟ้าลัพธ์ที่กระทำต่อจุดประจุได้ ซึ่งให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหา (K)
2. นักเรียนสามารถสังเกต ความสัมพันธ์การเชื่อมโยง แรงที่กระทำ ต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้ (P)
3. คิดไตร่ตรองมีเหตุผล (A)

4. สาระสำคัญ

ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ทั้งสอง มีค่าแปรผันตามผลคูณขนาดประจุแต่ละตัว และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างประจุ ทั้งสอง เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ตามสมการ

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ (MODEL-BASED LEARNING WITH CONCEPT MAPPING)

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)

1. ครูทบทวนความรู้เดิม โดยเปิดรูปภาพหรีที่มีประจุไฟฟ้าสามารถดูดเศษกระดาษชิ้นเล็ก ๆ ได้ และ แผ่นโลหะบางในอิเล็กทรอนิกส์โปก้างออก ดังรูปที่ 1 พร้อมถามเพราะเหตุใด (แนวคำตอบ: เมื่อมีการเหนี่ยวนำไฟฟ้า แสดงว่ามีแรงระหว่างวัตถุเกิดขึ้น เมื่อวัตถุนั้นมีประจุไฟฟ้า)



ดังรูปที่ 1 อิเล็กโทรสโคป และ หวีที่มีประจุไฟฟ้า

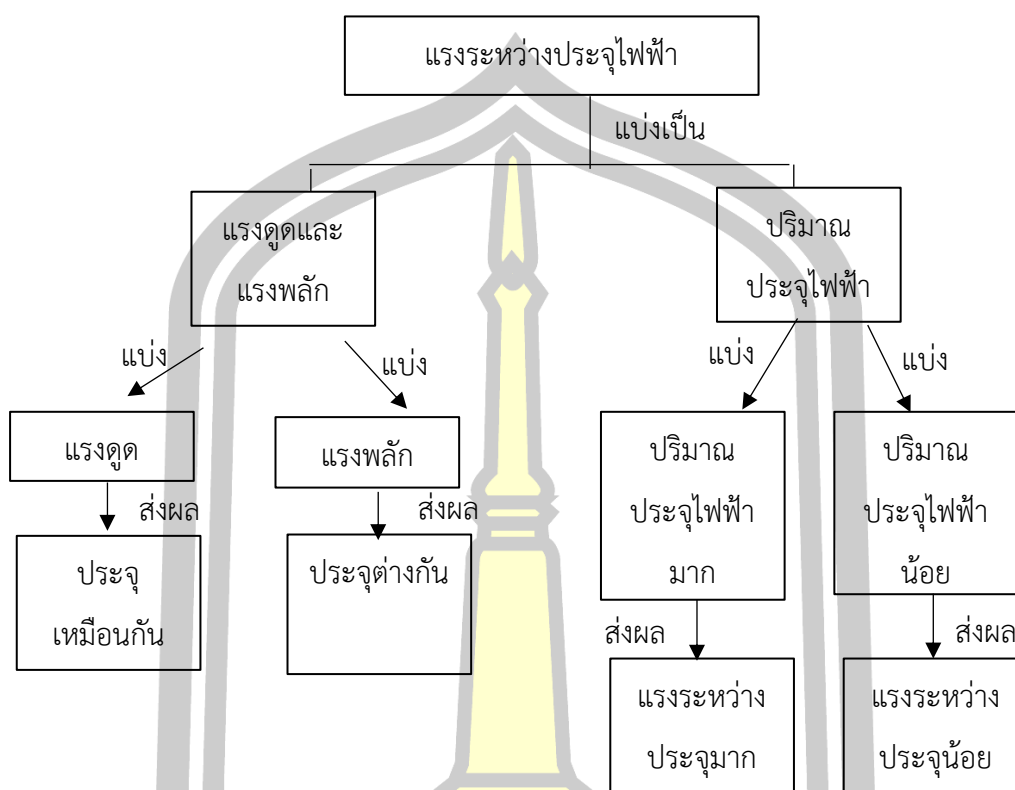
2. ครูให้นักเรียนสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงระหว่าง หลอดน้ำ กับมือของครู เมื่อนำหลอดไป
ขัดกับกระดาษทิชชู แล้วมือครูเข้าใกล้กับหลอด ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทดลองกฎของคูลอมบ์

3. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า “แรงดูดและแรงผลัก เกิดขึ้นได้อย่างไร และ แรงระหว่างประจุคู่
หนึ่ง ๆ สัมพันธ์กับปริมาณประจุไฟฟ้าหรือไม่อย่างไร” ครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน
เกี่ยวกับประเด็นที่ครูตั้งคำถามเพื่อสรุปเป็น แผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิดกระจายออก (Point
Grouping) ในสมุด จากนั้นครูสุ่มนักเรียนมา 1 เขียนตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิดกระจายออก
(Point Grouping) หน้าชั้นเรียน แนวคำตอบ แผนผังมโนทัศน์ที่ 1

พูน ปณ จิต ชีเว



แผนผังมโนทัศน์ที่ 1

4. ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า “ระยะทางของจุดประจุ กรณีทรงกลมมีผลต่อแรงหรือไม่ และมีลักษณะทิศทางเป็นอย่างไร” (คำตอบ อิสระ)

5. นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน

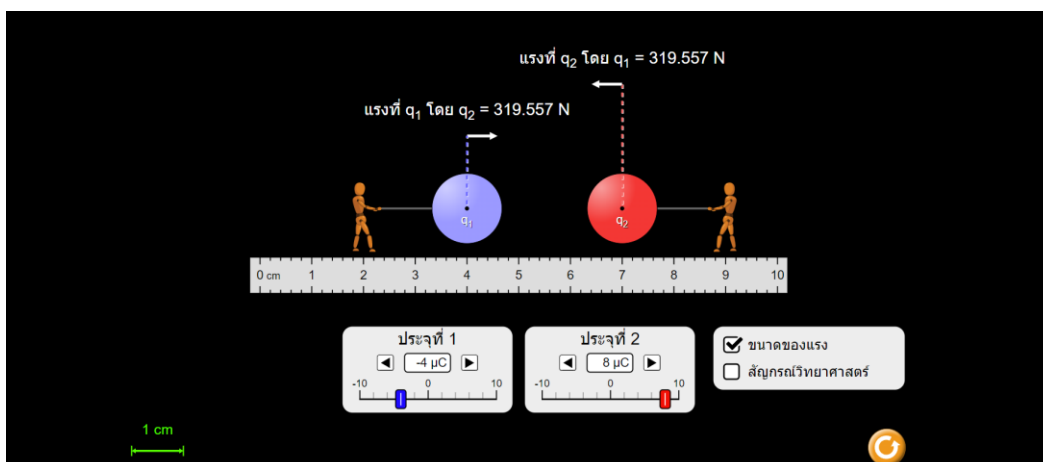
6. นักเรียนแต่ละกลุ่ม วาดออกแบบแบบจำลองทิศทางของแรงที่ประจุ กรณีทรงกลม ในใบกิจกรรมตอนที่ 1 กฎของคูลอมบ์ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ช่วยพิจารณา

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model)

1. นักเรียนดำเนินการทดลองจากแบบจำลองที่นักเรียนได้วาดในใบกิจกรรมตอนที่ 1

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มเข้าไปใช้แบบจำลอง กฎของคูลอมบ์ จากโปรแกรมผ่านเว็บไซต์

พูน ปรณ จิตโต ช่าง



https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_all.html?locale=th

3. ครูอธิบายการใช้โปรแกรมอย่างละเอียด (ให้นักเรียนเลือกไปที่โหมด ระดับมหภาค นักเรียนสามารถ ปรับประจุที่ 1 และ 2 ได้จากการเลื่อนซ้ายและขวา)

4. นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง และข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสืบค้น กฎของคูลอมบ์ จากหนังสือเรียน รายวิชา เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด แล้วสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ในใบงาน

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจากข้อมูลที่สืบค้น มาประเมินแบบจำลองเบื้องต้น ในขั้นสร้างแบบจำลอง ตอนที่ 1 โดยครูใช้คำถามกับนักเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ของตนเองที่ได้สรุปไปนั้น ว่าสามารถตอบคำถามตามประเด็นดังต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้นักเรียนดัดแปลงแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

ประเด็นคำถามมีดังนี้

- เมื่อนักเรียนนำประจุที่เหมือนกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

แนวคำตอบ จะผลักกัน

- เมื่อนักเรียนนำประจุต่างกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

แนวคำตอบ จะดึงดูดกัน

- เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดระยะห่างระหว่างอนุภาคมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

แนวคำตอบ แปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง $F \propto \frac{1}{r^2}$

- เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดขนาดของประจุมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

แนวคำตอบ แปรผันตรงกับปริมาณประจุของประจุทั้งสอง $F \propto q_1 q_2$

- จากข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมา กฎของคูลอมบ์ กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสองไว้ว่าอย่างไร

แนวคำตอบ แรงจะแปรผันตรงกับปริมาณประจุของประจุทั้งสอง แต่จะแปรผกผันกับกำลังสองของ

ระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสอง $F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$ หรือก็คือ $F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)

1. ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลต่อไปนี้ได้ โดยครูตั้งประเด็นคำถาม และนักเรียนตอบในใบกิจกรรมตอนที่ 3

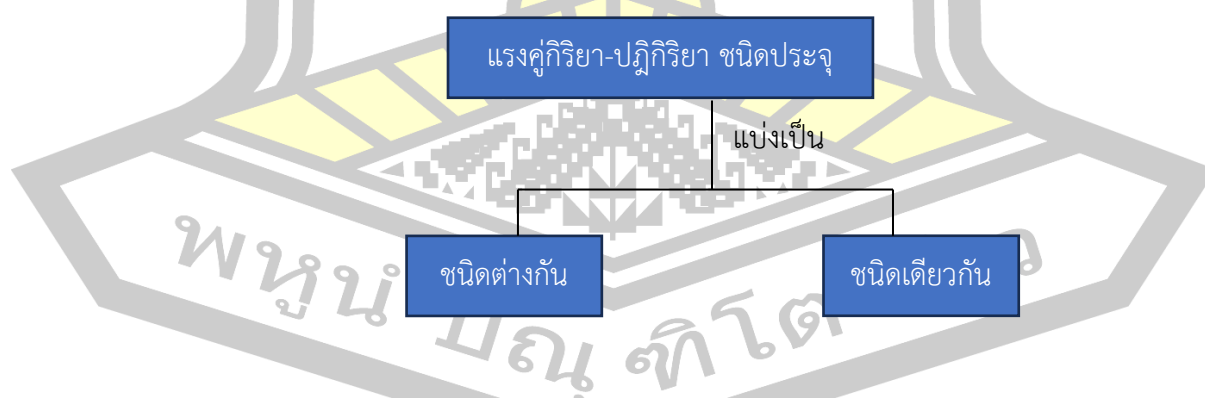
- ถ้านักเรียนต้องการเพิ่มขนาดของแรงกระทำระหว่างจุดประจุหนึ่งให้เป็น 4 เท่า ของขนาดแรงกระทำเดิม สามารถทำได้อย่างไร

(แนวตอบ: ต้องลดระยะห่างระหว่างประจุลงครึ่งหนึ่งของระยะห่างเดิม)

- แรงระหว่างประจุเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เป็นไปตามกฎข้อไหนของนิวตัน

(แนวคำตอบ : ตามกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สาม ของนิวตันและอยู่ในแนวเส้นตรงเชื่อมระหว่างประจุทั้งสอง)

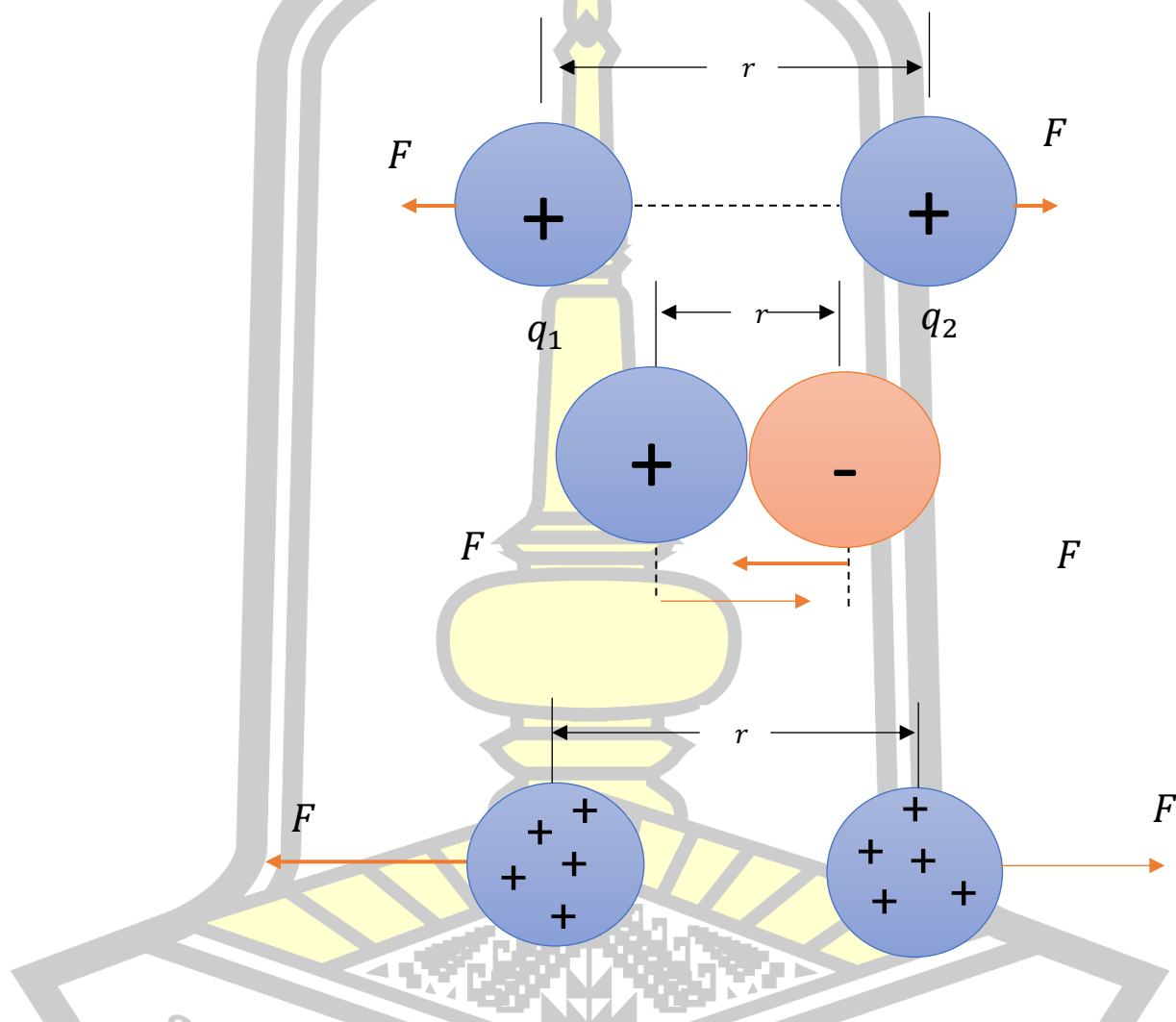
2. ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์เข้าไปในแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง กฎของคูลอมบ์



3. นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองกับกลุ่มเพื่อน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาหน้าชั้นเรียนเพื่อนำเสนอ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

4. นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองมิติของชั้นเรียน (consensus model) ที่ดีที่สุดสอดคล้องกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์และปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมขึ้น

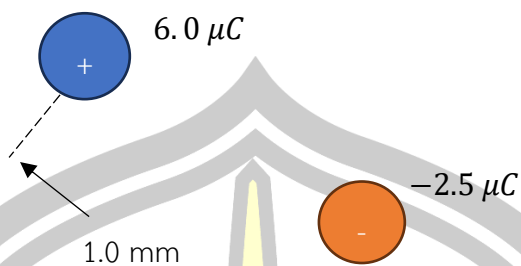
แนวคำตอบ :



ชั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

1. นักเรียนนำแบบจำลองมาพิจารณาโจทย์ต่อไปนี้โดยนักเรียนเขียนคำนวณลงในสมุดของตัวเอง

1) เมื่อวางลูกพิทที่มีประจุ -2.5 ไมโครคูลอมบ์ และ 6.0 ไมโครคูลอมบ์ วางอยู่ห่างกัน 1.0 เมตร ดังรูป จงหาแรงที่กระทำต่อประจุ -2.5 โครคูลอมบ์



แนวคำตอบ แทนค่า $q_1 = -2.5 \times 10^{-6} \text{ C}$, $q_2 = 6.0 \times 10^{-6} \text{ C}$, $r = 1.0 \text{ m}$, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

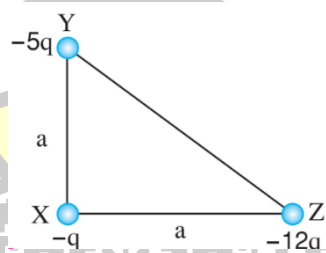
วิธีทำ
$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{\left(\frac{9 \times 10^9 \text{ Nm}^2}{\text{C}^2}\right)(2.5 \times 10^{-6} \text{ C})(6.0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(1.0 \text{ m})^2}$$

$$= 0.135 \text{ N}$$

ตอบ แรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ -2.5 ไมโครคูลอมป์ เมื่ออยู่ห่าง 1.0 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.14 นิวตัน โดยมีทิศไปทางขวา

2) วางจุดประจุ $-5q$ และ $-12q$ คูคอมป์ ไว้ที่มุมของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก XYZ ดังภาพ จงหาขนาดและทิศทางของแรงไฟฟ้าบนจุดประจุ $-q$ โดยนักเรียนเขียนคำนวณลงในสมุดของตัวเอง

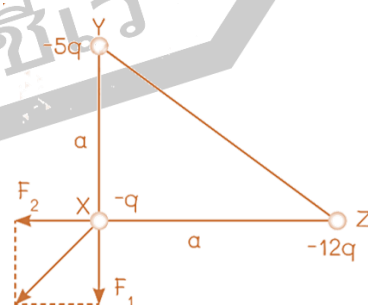


วิธีทำ หาขนาดของแรงระหว่างจุดประจุได้จากสมการ

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

หา F_1 ;
$$F_1 = \frac{k(5q)(q)}{a^2} = \frac{5kq^2}{a^2}$$

หา F_2 ;
$$F_2 = \frac{k(q)(12q)}{a^2} = \frac{12kq^2}{a^2}$$



หา $F_{\text{ลัพธ์}}$; $F_{\text{ลัพธ์}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

$$= \sqrt{\left(\frac{5kq^2}{a^2}\right)^2 + \left(\frac{12kq^2}{a^2}\right)^2}$$

$$= \frac{13kq^2}{a^2} \text{ N}$$

หาทิศทางของ $F_{\text{ลัพธ์}}$; $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_1}{F_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{5}{12}\right) = 22.62^\circ$

2. ครูให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนทุกกลุ่มอธิบายหลักการ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ จาก แบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนเองสร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบาย สถานการณ์หรือทำนายได้



6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- นักเรียนสามารถคำนวณแรงไฟฟ้าลัทธิที่กระทำต่อจุดประจุได้ ชี้ให้เห็นความสำคัญของปัญหา มีข้อมูลเฉพาะเจาะจงเข้าใจในระบบปัญหา (K)	- แบบตรวจคำตอบ	- แบบฝึกหัด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านกระบวนการ (P)			
- นักเรียนสามารถสังเกตความสัมพันธ์การเชื่อมโยงแรงที่กระทำ ต่อกันระหว่างจุดประจุตามกฎของคูลอมบ์ได้ (P)	- ตรวจแบบบันทึกกิจกรรม	- แบบบันทึกกิจกรรม - แบบวัดคิดเชิงระบบ	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
- คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	- สังเกตพฤติกรรมรายบุคคลในระหว่างการเรียนรู้การสอน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

7. สื่อการเรียนรู้

1) หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2) เว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/sims/html/coulombs-law/latest/coulombs-law_all.html?locale=th



แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง กฎของคูลอมบ์

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่

ตอนที่ 1 ออกแบบจำลอง

จุดประสงค์ของกิจกรรม : สร้างแบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุ กรณิ์ทรงกลมกฎของคูลอมบ์

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดแบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุชนิดเดียวกัน และต่างชนิด
กรณิ์ทรงกลม

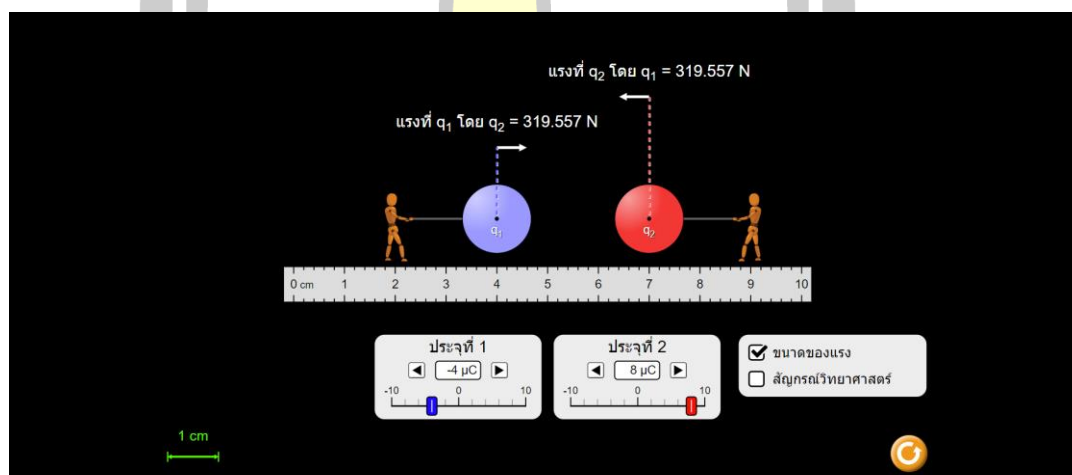


แบบบันทึกการทดลอง กฎของคูลอมบ์

ตอนที่ 2 ความสัมพันธ์ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ทั้งสอง

วิธีทำกิจกรรม

- 1) เปิดเว็บไซต์แบบจำลองกฎของคูลอมบ์ (สแกน QR code)
- 2) ให้นักเรียนเลือก ไปที่โหมด “ระดับมหภาค”
- 3) ปรับประจุที่ 1 (q_1) ไปที่ $-10\mu C$ และเลื่อนตำแหน่งไปที่ 4 cm
- 4) ปรับประจุที่ 2 (q_2) ไปที่ $-10\mu C$ และเลื่อนเข้าใกล้ 7 และ 6 cm ตามลำดับ
- 6) สังเกตลูกศร ขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ทั้งสอง และตอบคำถาม ในหน้าถัดไป
- 5) ทำซ้ำข้อ ที่ 4 โดยปรับประจุที่ 2 ไปที่ $+10\mu C$ และ $0\mu C$ ตามลำดับ
- 6) สรุปกิจกรรมเป็นแผนผังมโนทัศน์



กฎของคูลอมบ์



ระดับมหภาค ระดับจุลภาค



PIET

คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนนำประจุที่เหมือนกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

.....

2. เมื่อนักเรียนนำประจุต่างกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

.....

3. เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดระยะห่างระหว่างอนุภาคมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

.....

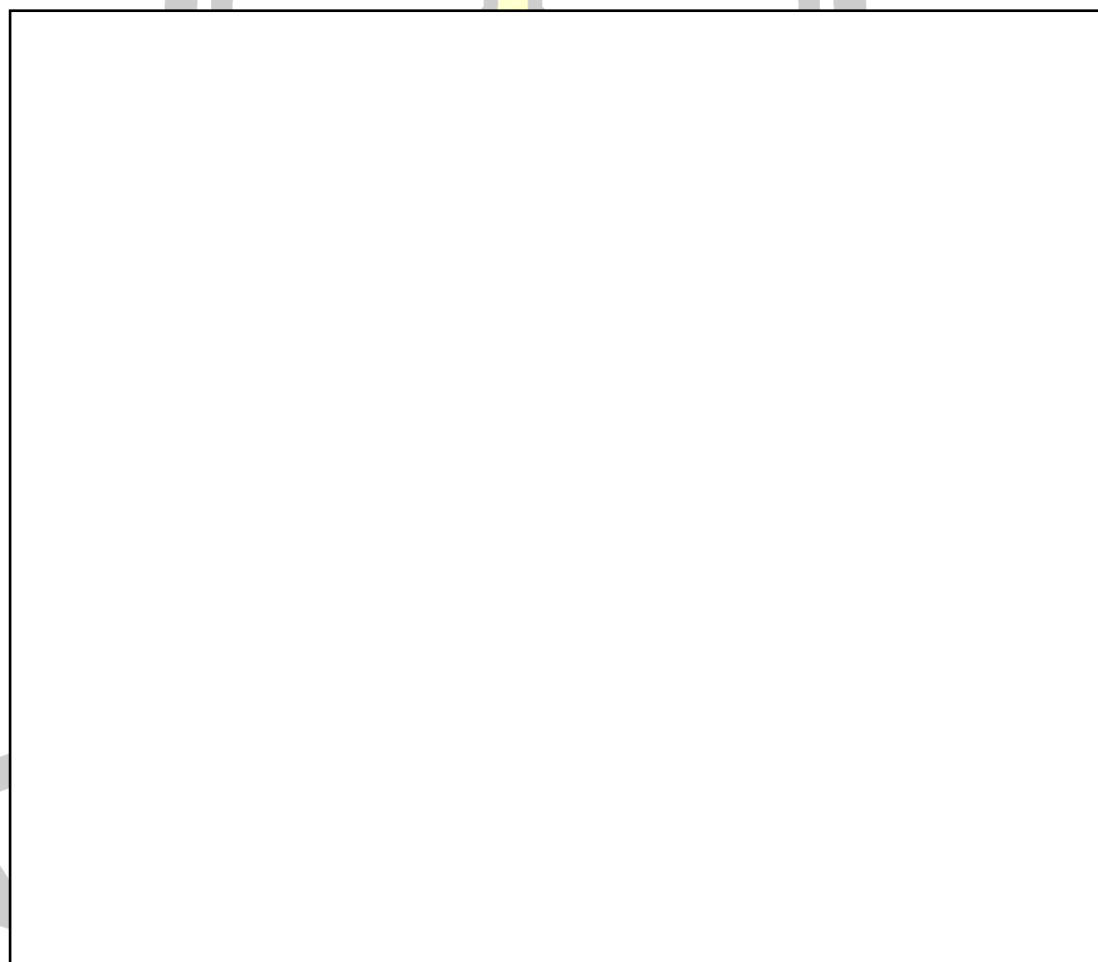
4. เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดขนาดของประจุมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

.....

5. นักเรียนสืบค้นมา กฎของคูลอมบ์ กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสองไว้ว่าอย่างไร

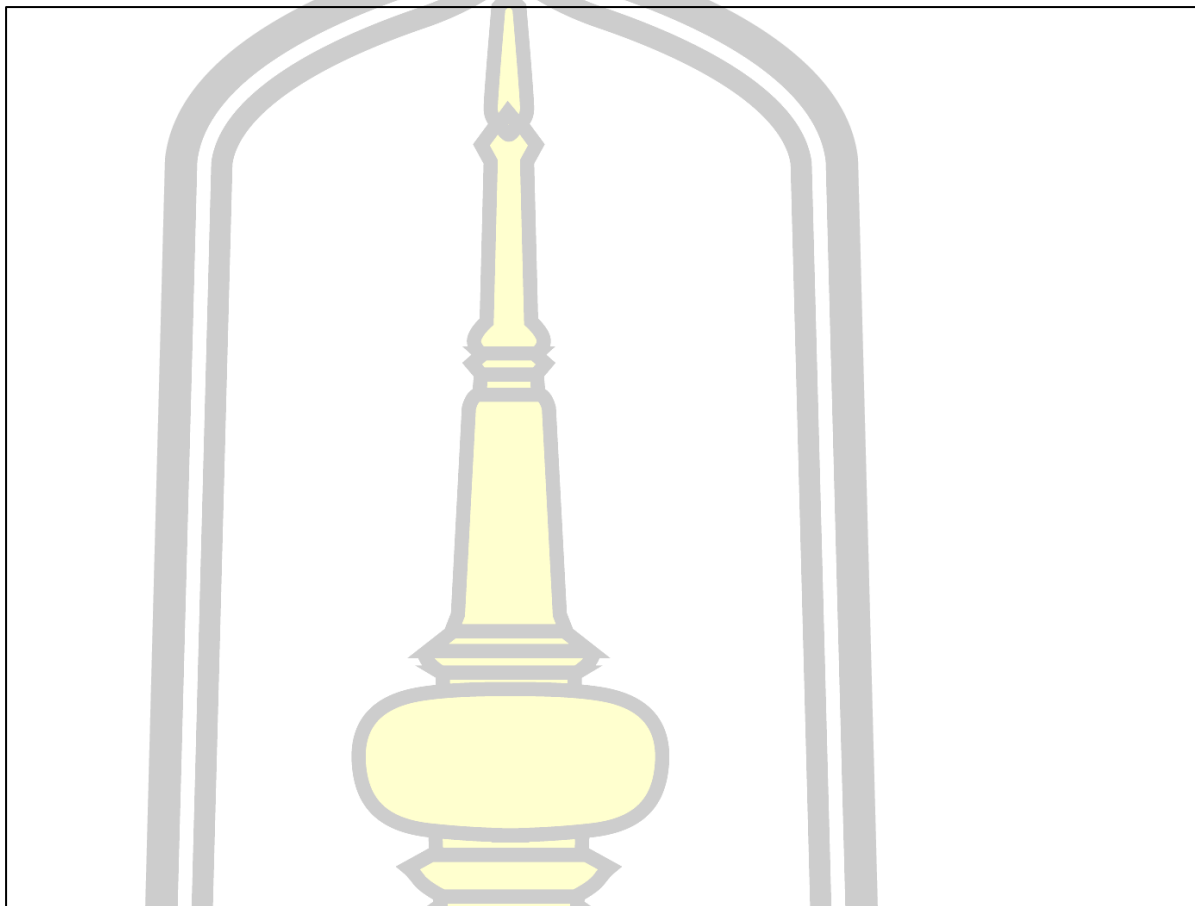
.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) สรุปกิจกรรม



ตอนที่ 3 แกไขแบบจำลอง

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไข แบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุชนิดเดียวกัน และต่างชนิด
กรณีทรงกลม



คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผนผังมโนทัศน์ชนิด
เชื่อมโยง (Linked Grouping)

1. ถ้านักเรียนต้องการเพิ่มขนาดของแรงกระทำระหว่างจุดประจุหนึ่งให้เป็น 4 เท่า ของขนาดแรง
กระทำเดิมสามารถทำได้อย่างไร

.....

.....

2. แรงระหว่างประจุเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เป็นไปตามกฎข้อไหนของนิวตัน

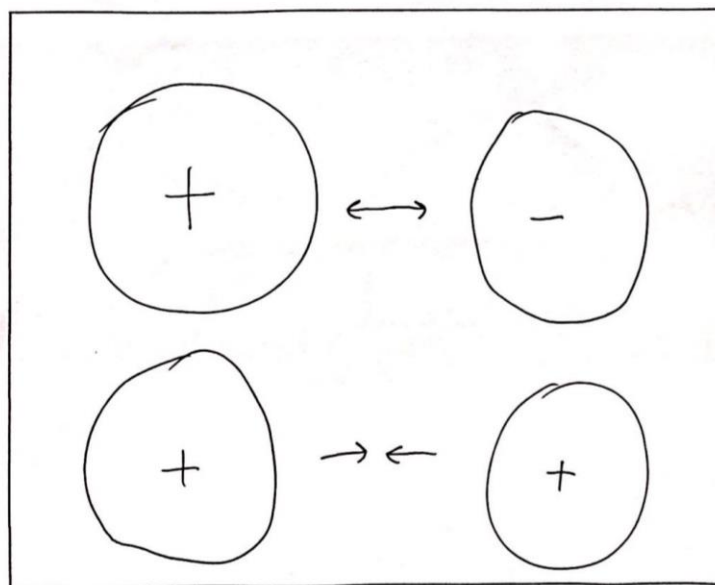
.....

.....

ตอนที่ 1 ออกแบบจำลอง

จุดประสงค์ของกิจกรรม : สร้างแบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุ กรณีทรงกลมกฎของคูลอมบ์

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดแบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุชนิดเดียวกัน และต่างชนิด กรณีทรงกลม



ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน



คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อนักเรียนนำประจุที่เหมือนกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

.....เกิดแรงผลัก.....

2. เมื่อนักเรียนนำประจุต่างกันมาเข้าใกล้จะเป็นเช่นไร

.....เกิดแรงดึงดูด.....

3. เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดระยะห่างระหว่างอนุภาคมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

.....เมื่อระยะห่างจะเพิ่มแรงจะน้อย แต่เมื่อลดระยะห่างจะเพิ่มแรง.....

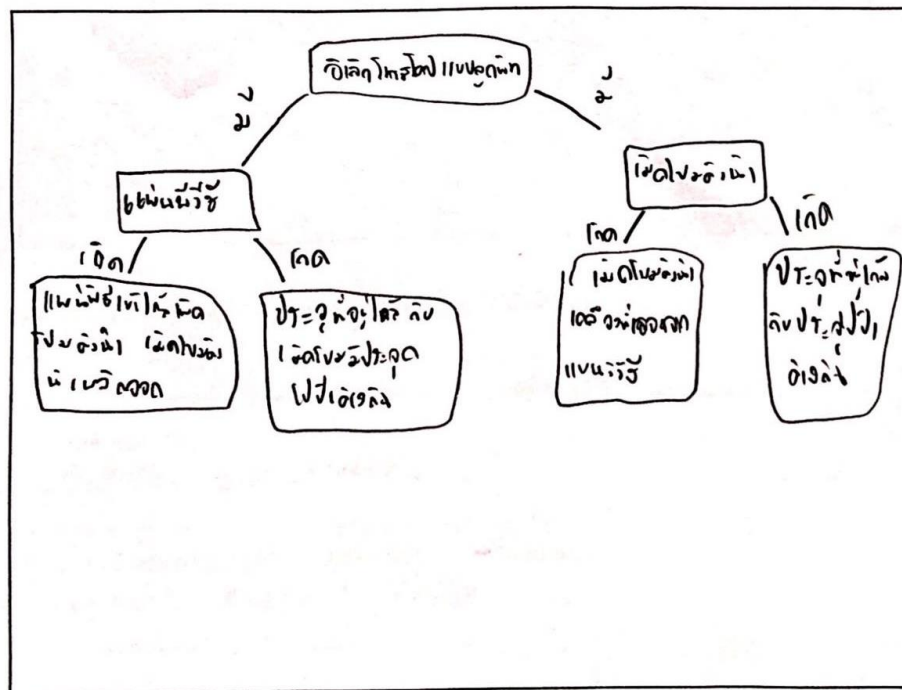
4. เมื่อนักเรียน เพิ่ม หรือลดขนาดของประจุมีผลอย่างไรต่อแรงที่กระทำ

.....เมื่อเพิ่มประจุแรงจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อลดประจุแรงจะลดลง.....

5. นักเรียนสืบค้นมา กฎของคูลอมบ์ กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะห่างระหว่างจุดประจุทั้งสองไว้ว่าอย่างไร

.....ขนาดของแรงจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่าง และแปรผันตรงกับผลคูณของขนาดประจุ.....

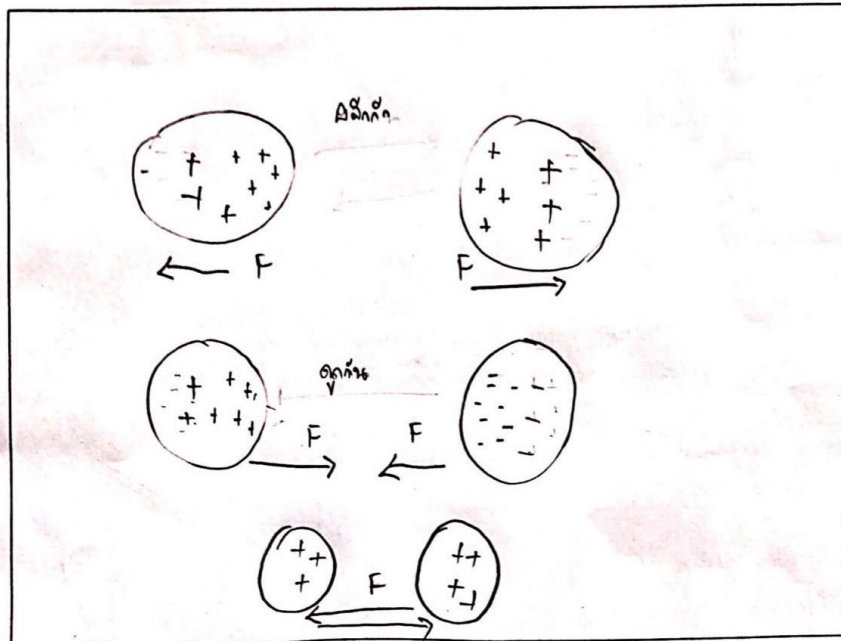
คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังโน้ตค้นคว้าเชื่อมโยง (Linked Grouping) สรุปกิจกรรม



ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

ตอนที่ 3 แก๊สแบบจำลอง

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มแก๊ส แบบจำลองทิศทางของแรงที่มีประจุชนิดเดียวกัน และต่างชนิด กรณีทรงกลม



คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผ่นผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

1. ถ้านักเรียนต้องการเพิ่มขนาดของแรงกระทำระหว่างจุดประจุหนึ่งให้เป็น 4 เท่า ของขนาดแรงกระทำเดิม สามารถทำได้อย่างไร

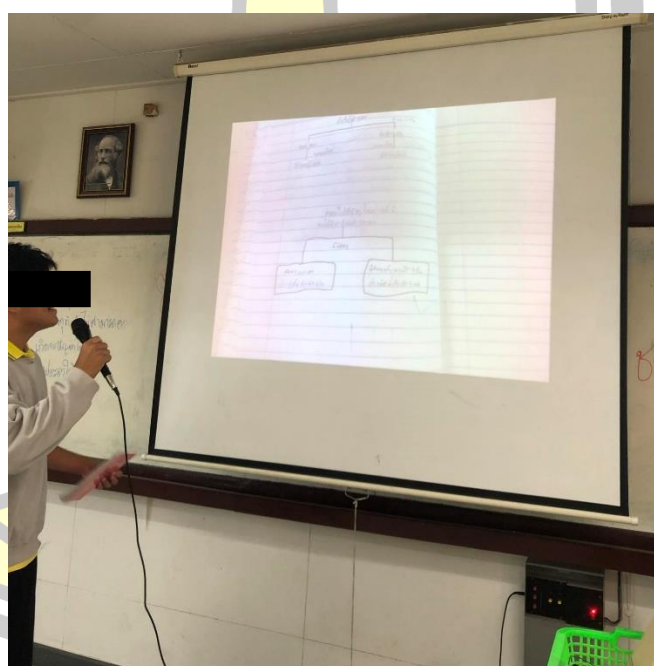
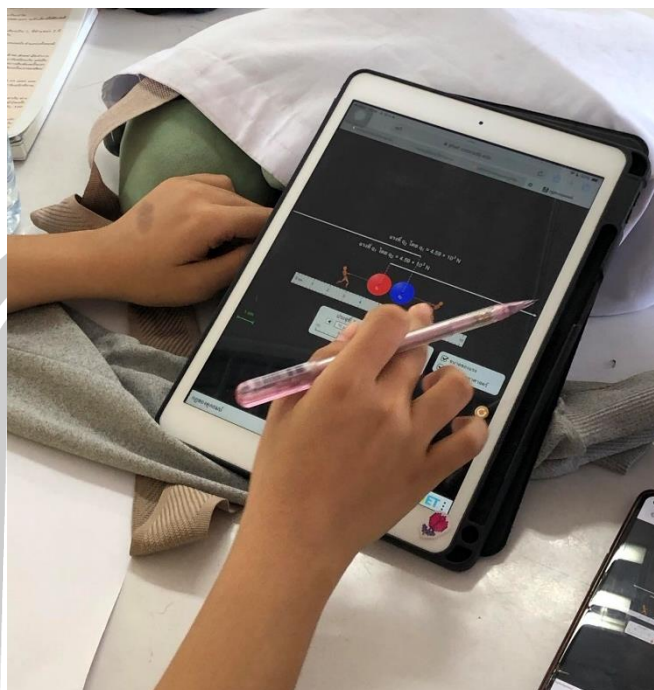
.....
.....

2. แรงแม่เหล็กประจุเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยา เป็นไปตามกฎข้อไหนของนิวตัน

.....
.....

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

พูน ปณ ทิโต ชีเว



พูน ปณ จิต ไชว

ภาพกิจกรรมของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต

เวลา 14 ชั่วโมง

เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้า

เวลา 2 ชั่วโมง

และแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

สอนวันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2567

ผู้สอน นายธนกร กงเพชร

1. ผลการเรียนรู้

อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพท์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์

2. สาระการเรียนรู้

สนามไฟฟ้า : เส้นสนามไฟฟ้า และแรงกระทำต่ออนุภาคที่มีประจุในสนามไฟฟ้า

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถทำนายและคำนวณได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบในปริมาณที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าที่กระทำ ต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (K)
2. นักเรียนสามารถสังเกต สะท้อนผลตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปของสนามไฟฟ้าของจุดประจุตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้ (P)
3. นักเรียนมีความรับชอบ มีส่วนร่วมในชั้นเรียน (A)

4. สาระสำคัญ

เส้นสนามไฟฟ้าเป็นเส้นต่อเนื่องแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาได้ว่าเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณรอบจุดประจุมีทิศอยู่ในแนวพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมี ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นเดียว ความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่งๆ แสดงถึงขนาดของสนามไฟฟ้าในบริเวณนั้นๆ ตำแหน่งที่สนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ จะไม่มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านเรียกว่า จุดสะเทิน (neutral point)

สำหรับตัวนำทรงกลมประจุไฟฟ้าจะกระจายอย่างสม่ำเสมอบริเวณผิวตัวนำ และสนามไฟฟ้าภายใน ตัวนำเป็นศูนย์สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมมีทิศตั้งฉากกับผิวตัวนำต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม หาได้เช่นเดียวกับสนามไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุที่มีประจุ Q เท่ากัน แต่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของตัวนำทรงกลม ตามสมการ $E = \frac{kQ}{r^2}$ เมื่อนำประจุ q มวล m วางในบริเวณที่มี

สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ จะมีแรงไฟฟ้าทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเนื่องจากแรงไฟฟ้าตามสมการ

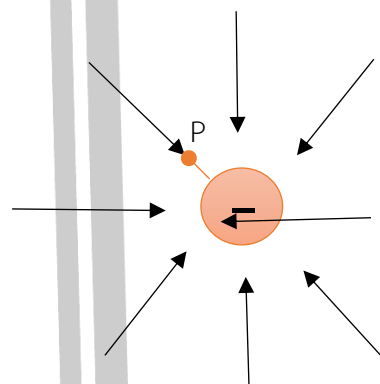
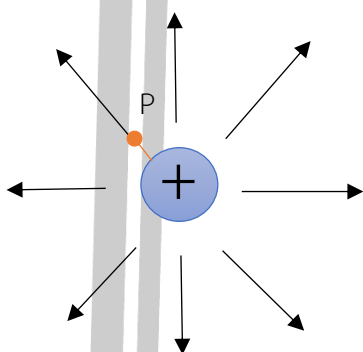
$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

5. กิจกรรม / กระบวนการเรียนรู้

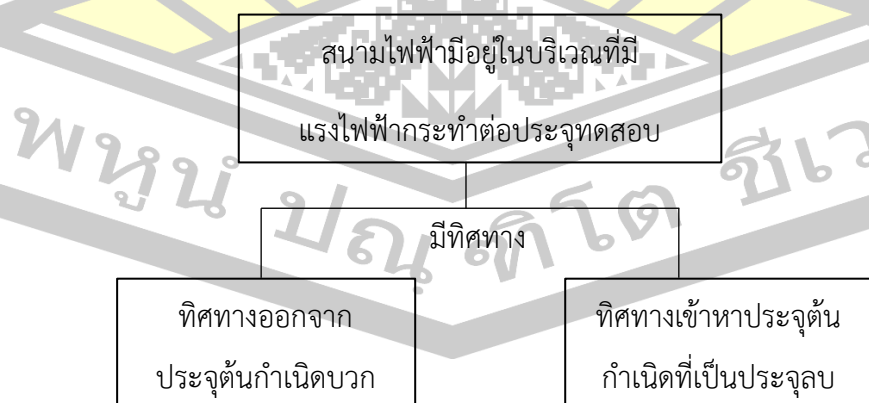
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแผนผังมโนทัศน์ (MODEL-BASED LEARNING WITH CONCEPT MAPPING)

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Generating model)

1. ครูเปิดรูปภาพแสดงทิศทางของสนามไฟฟ้าของจุดประจุ



2. ครูตั้งประเด็นคำถามว่า “สนามไฟฟ้ามีอยู่ในบริเวณที่มีแรงไฟฟ้ากระทำต่อประจุทดสอบ มีทิศทางเป็นอย่างไร” ครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน เกี่ยวกับประเด็นที่ครูตั้งคำถาม เพื่อสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิดกระจายออก (Point Grouping) ในสมุด จากนั้นครูสุ่มนักเรียน มา 1 เขียนตอบเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 1 ชนิด กระจายออก (Point Grouping) หน้าชั้นเรียน แนวคำตอบ แผนผังมโนทัศน์ที่ 1



3. ครูตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียนว่า “ทิศทางของเส้นสนามไฟฟ้า นำมาใช้เป็นเส้นต่อเนื่องในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้า เป็นอย่างไร” (คำตอบ อีสระ)

4. นักเรียนแบ่งกลุ่มกันอย่างอิสระ กลุ่มละ 5-6 คน

5. นักเรียนแต่ละกลุ่ม วาดออกแบบแบบจำลองทิศทางของเส้นสนามไฟฟ้า กรณีทรงกลม ในใบกิจกรรมตอน

ขั้นที่ 2 การประเมินและการดัดแปลงแบบจำลอง (Evaluating model)

1. นักเรียนดำเนินการทดลองจากแบบจำลองที่นักเรียนได้วาดในใบกิจกรรมตอนที่ 1 เส้นสนามไฟฟ้า

2. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม การจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างหับทิม โดยปฏิบัติกิจกรรมตามหัวข้อดังนี้

- เส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วโลหะปลายแหลม
- เส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะคู่ขนาน
- เส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันสองวง

3. นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเส้นสนามไฟฟ้า และสืบค้นข้อมูลเชิงประจักษ์ จากหนังสือเรียน รายวิชา เพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 4 หน่วยการเรียนรู้ที่ 13 ไฟฟ้าสถิต หรือแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต ห้องสมุด แล้วสรุปเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ในใบบันทึกกิจกรรม เส้นสนามไฟฟ้า

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองและจากข้อมูลที่สืบค้น มาประเมินแบบจำลองเบื้องต้นในขั้นสร้างแบบจำลอง ในตอนที่ 1 โดยครูใช้คำถามกับนักเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตรวจสอบแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (linked Grouping) ของตนเองที่ได้สรุปไปนั้น ว่าสามารถตอบคำถามตามประเด็นดังต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องให้นักเรียนดัดแปลงแก้ไข ในขั้นตอนต่อไป

ประเด็นคำถามมีดังนี้

- ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วโลหะปลายแหลมด้วยต่างหับทิม เมื่อผงต่างหับทิมละลายน้ำจะแตกตัวเป็นไอออนบวกที่ไม่มีสี (K^+) และเป็นไอออนลบที่มีสีม่วง (MnO_4^-) แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อเวลาผ่านไปจะปรากฏเส้นสีม่วงแผ่กระจายเป็นแนวจากขั้วลบไปยังขั้วบวก

- ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะคู่ขนานด้วยต่างศักย์ทึบ แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อเวลาผ่านไปจะปรากฏเส้นสีม่วงแผ่กระจายเป็นแนวจากแผ่นโลหะขั้วลบไปยังขั้วบวก

- ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันสองวงด้วยต่างศักย์ทึบ แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวคำตอบ เมื่อเวลาผ่านไปภายในของวงกลมวงในไม่มีการแผ่กระจายของผงสีม่วงออกเป็นเส้น ๆ แสดงว่าภายในตัวนำวงกลมวงในไม่มีสนามไฟฟ้า ส่วนในบริเวณระหว่างวงกลมทั้งสองมีการแผ่กระจายของผงสีม่วงตามแนวรัศมี

- การเส้นสนามไฟฟ้าว่า เส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุมีทิศทางพุ่งออกจากประจุบวกตามแนวรัศมีและพุ่งเข้าหาประจุลบตามแนวรัศมี ซึ่งหากพิจารณาระบบประจุสองประจุต่างชนิดกัน เส้นสนามไฟฟ้ามีทิศทางเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ เส้นสนามไฟฟ้าจะพุ่งออกจากประจุบวกเข้าหาประจุลบ โดยเส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ มีเส้นสนามไฟฟ้าผ่านได้เส้นหนึ่ง นั่นคือ เส้นสนามไฟฟ้าจะไม่ตัดกัน

- ความหนาแน่นเส้นสนามไฟฟ้าหมายถึงอะไร

แนวคำตอบ จำนวนเส้นสนามไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า โดยความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่ง ๆ แสดงถึงขนาดสนามไฟฟ้า ณ บริเวณนั้น ๆ โดยความหนาแน่นของเส้นสนามไฟฟ้าบริเวณใดมาก แสดงถึงขนาดสนามไฟฟ้าบริเวณนั้นมีค่ามาก

- เส้นสนามไฟฟ้าของระบบสองประจุ กรณีระบบสองประจุเป็นประจุบวกเหมือนกันเส้นสนามไฟฟ้าจะออกจากประจุบวกทั้งสองประจุ โดยโค้งแยกออกจากกันทำให้เกิดตำแหน่งที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้นสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์เรียกว่าอะไร

แนวคำตอบ จุดสะเทิน

ขั้นที่ 3 การดัดแปลงแก้ไขแบบจำลอง (Modifying model)

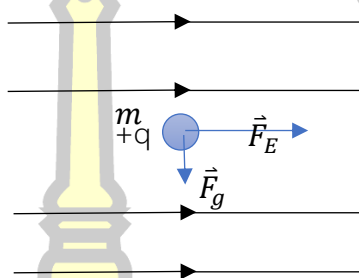
1. ผู้เรียนมีการดัดแปลงแก้ไข แบบจำลองเพิ่มเติมจนกระทั่งแบบจำลองที่ผ่านการดัดแปลงแก้ไขแล้วสามารถอธิบายข้อมูลต่อไปนี้ได้ โดยครูตั้งประเด็นคำถาม และนักเรียนตอบในใบกิจกรรมตอนที่ 3

- สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้า ตัวนำทรงกลมจะมีประจุไฟฟ้ากระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำทรงกลมและมีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวด้านนั้น และต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม และสนามไฟฟ้าของตัวนำทรง

กลมที่มีประจุ Q ที่ตำแหน่งใด ๆ ตั้งแต่ผิวตัวนำทรงกลมออกไป ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางตัวนำทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จากสมการอะไร

แนวคำตอบ $E = \frac{kQ}{r^2}$

- หากนำ ประจุ $+q$ วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) จะมีแรงใดบ้างกระทำต่อประจุนี้ มีแรง 2 แรงกระทำต่อประจุ ได้แก่แรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วง ดังรูป 1



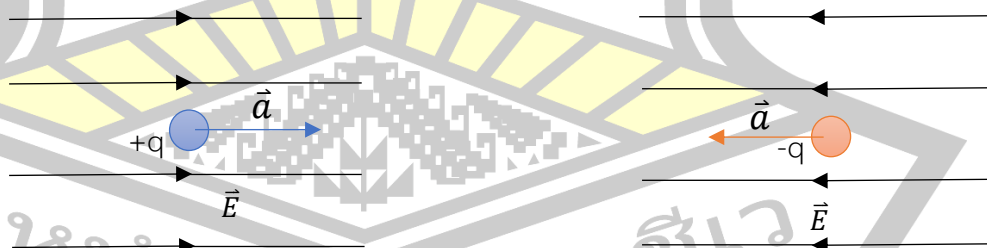
รูป 1 แรงที่กระทำต่อประจุบวก q ที่อยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

จะเห็นว่า ในกรณีมวลของประจุไฟฟ้ามีค่าน้อยมาก จนทำให้แรงโน้มถ่วงมีค่าน้อยกว่าแรงไฟฟ้ามากๆ จึงไม่พิจารณาแรงโน้มถ่วง โดยพิจารณาเพียงแรงไฟฟ้านำไปหาความเร่งได้จากสมการ

$$m\vec{a} = \vec{F}_E = q\vec{E}$$

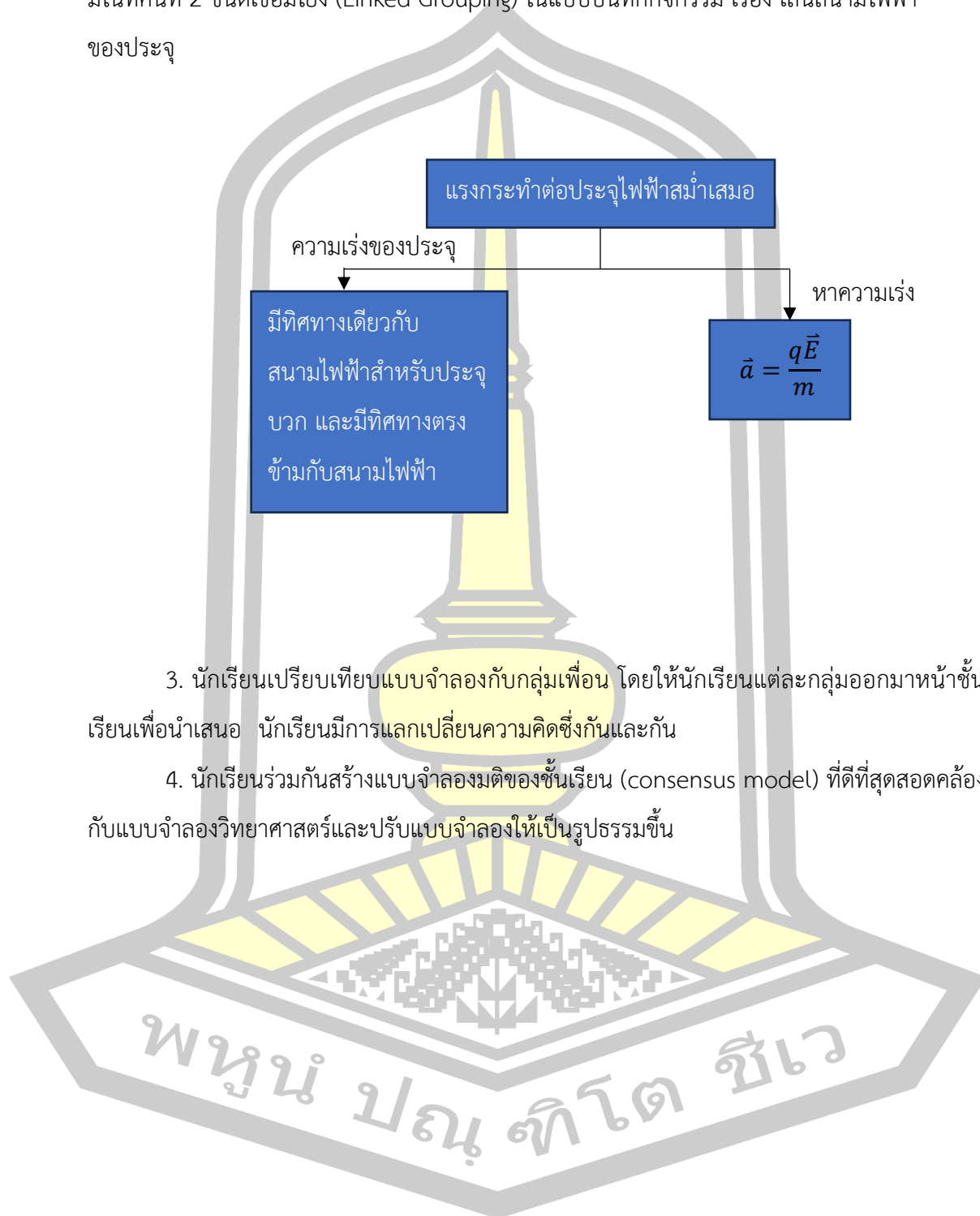
$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$$

- หากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E คงตัวทั้งขนาดและทิศทาง ดังรูปด้านล่าง ความเร่งของประจุจะเป็นอย่างไร



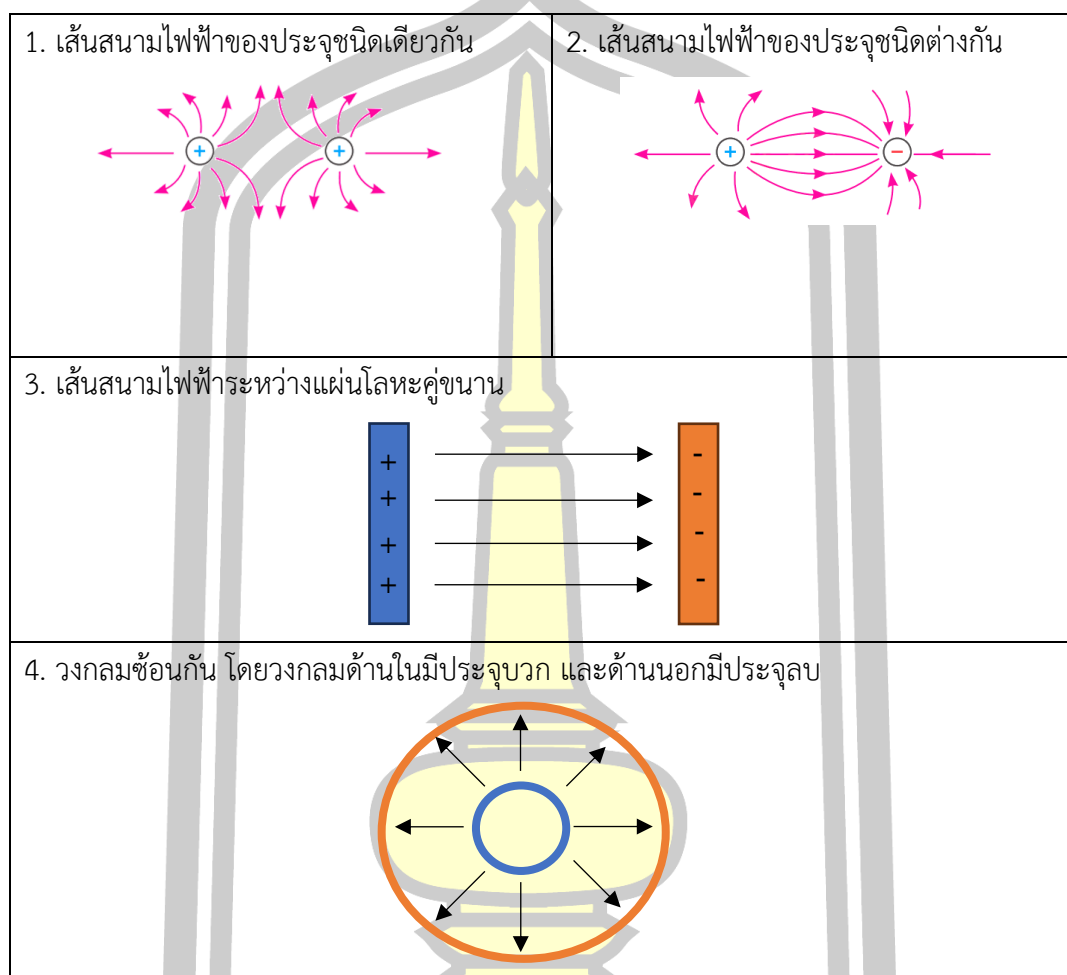
แนวคำตอบ มีค่าคงตัวโดยความเร่งจะมีทิศทางเดียวกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุบวก และมีทิศทางตรงข้ามกับสนามไฟฟ้าสำหรับประจุลบ

2. ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้ดัดแปลงแก้ไขเพิ่มเติม เชื่อมโยงข้ามชุดระหว่างมโนทัศน์เข้าไปในแผนผังมโนทัศน์ที่ 2 ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) ในแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง เส้นสนามไฟฟ้าของประจุ



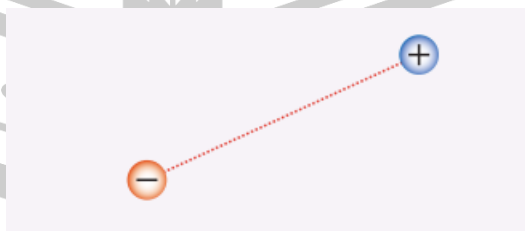
3. นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองกับกลุ่มเพื่อน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาหน้าชั้นเรียนเพื่อนำเสนอ นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

4. นักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองมิติของชั้นเรียน (consensus model) ที่ดีที่สุดสอดคล้องกับแบบจำลองวิทยาศาสตร์และปรับแบบจำลองให้เป็นรูปธรรมขึ้น

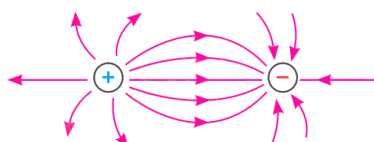


ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Elaborating model)

- นักเรียนใช้ความรู้เกี่ยวกับ เส้นสนามไฟฟ้า เพื่อทำนายแรงที่กระทำต่อประจุนั้น ดังต่อไปนี้
 - เส้นสนามไฟฟ้าของจุดประจุอย่างไร



แนวคำตอบ



2. นักเรียนใช้ความรู้เกี่ยวกับ เส้นสนามไฟฟ้า พิจารณาโจทย์ดังต่อไปนี้

- แผ่นโลหะคู่ขนานวางตัวในแนวดิ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะ 3.0 เซนติเมตร แผ่นซ้ายมีประจุลบ และแผ่นขวามีประจุบวก อิเล็กตรอนถูกปล่อยจากจุดหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่จากผิวของแผ่นโลหะประจุลบและเคลื่อนเข้าชนกับแผ่นโลหะประจุบวก ในเวลา 1.5×10^{-8} วินาที โดยไม่คิดแรงโน้มถ่วง จงหา

ก. อัตราเร็วของอิเล็กตรอนขณะชนแผ่นโลหะประจุบวก

แนวคำตอบ $\Delta x = \frac{1}{2}(u + v)t$

$$3.0 \text{ cm} = \frac{1}{2}(0 + v)(1.5 \times 10^{-8} \text{ s})$$

$$v = 4.0 \times 10^6 \text{ m/s}$$

ข. ขนาดของแรงที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

แนวคำตอบ

$$\Delta x = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$3.0 \text{ cm} = (0)(1.5 \times 10^{-8} \text{ s}) + \frac{1}{2}(a)(1.5 \times 10^{-8} \text{ s})^2$$

$$a = 2.67 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

ค. ขนาดของสนามไฟฟ้า

แนวคำตอบ

$$a = \frac{qE}{m}$$

$$2.67 \times 10^{14} \text{ m/s}^2 = \frac{(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})}(E)$$

$$E = 1.52 \times 10^3 \text{ N/C}$$

3. ครูให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน ให้นักเรียนทุกกลุ่มอธิบายหลักการ ทฤษฎีหรือปรากฏการณ์ จาก แบบจำลองที่กลุ่มนักเรียนเองสร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าแบบจำลองใด สามารถอธิบาย สถานการณ์หรือทำนายได้

6. การวัดผลประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- นักเรียนสามารถทำนายและคำนวณได้ชัดเจนชี้ให้เห็นความสำคัญของระบบในปริมาณที่เกี่ยวข้องกับแรงไฟฟ้าที่กระทำ ต่ออนุภาคที่มีประจุที่อยู่ในสนามไฟฟ้าได้ (K)	- แบบตรวจคำตอบ	- แบบฝึกหัด	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านกระบวนการ (P)			
- นักเรียนสามารถสังเกตสะท้อนผลตั้งแต่แบบ 2 ทางขึ้นไปของสนามไฟฟ้าของจุดประจุ ตัวนำทรงกลม และแผ่นโลหะคู่ขนานได้ (P)	- ตรวจแบบบันทึกกิจกรรม	- แบบบันทึกกิจกรรม - แบบวัดคิดเชิงระบบ	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)			
- นักเรียนมีความรับผิดชอบมีส่วนร่วมในชั้นเรียน	- สังเกตพฤติกรรมรายบุคคลในระหว่างการเรียนรู้การสอน	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป

7. สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
- 2) อุปกรณ์ทดลองเส้นสนามไฟฟ้า



แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง แบบการจำลองเส้นสนามไฟฟ้า

สมาชิกในกลุ่ม กลุ่มที่

ตอนที่ 1 ออกแบบจำลอง

จุดประสงค์ของกิจกรรม : สร้างแบบจำลองทิศทางของแรงสนามไฟฟ้าของจุดประจุ กรณีประจุเป็นทรงกลม

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มวาด แบบจำลองทิศทางของแรงสนามไฟฟ้า พร้อมระบุลักษณะทิศทางของสนามไฟฟ้า

1. เส้นสนามไฟฟ้าของประจุชนิดเดียวกัน 	2. เส้นสนามไฟฟ้าของประจุชนิดต่างกัน 
3. เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน มีจุดประจุ 	
4. วงกลมซ้อนกัน โดยวงกลมด้านในมีประจุบวก และด้านนอกมีประจุลบ 	



การจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างทาบติม

ตอนที่ 2 แบบจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างทาบติม

จุดประสงค์

สังเกตการแผ่กระจายของผงต่างทาบติมบริเวณโลหะปลายแหลม แผ่นโลหะคู่ขนาน และแผ่นโลหะวงกลมสองอันวางซ้อนกัน เพื่อจำลองเส้นสนามไฟฟ้า

เวลาที่ใช้

30 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|---|-----------|
| 1. เกล็ดต่างทาบติมที่บดให้ละเอียด | 1 ชุด |
| 2. กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร | 3 แผ่น |
| 3. เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง | 1 เครื่อง |
| 4. แผ่นกระจกสำหรับรองแผ่นกระดาษกรอง | 1 อัน |
| 5. ขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลม | 1 คู่ |
| 6. ขั้วไฟฟ้าแผ่นโลหะคู่ขนาน | 2 อัน |
| 7. ขั้วไฟฟ้าแผ่นตัวนำวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน | 2 อัน |

วิธีดำเนินการกิจกรรม

เส้นสนามไฟฟ้าจากโลหะปลายแหลม

1. ก่อนการสาธิตควรเตือนนักเรียนว่า อย่าแตะขั้วไฟฟ้า ขณะเครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน เพราะจะเป็นอันตรายได้
2. ในการทำกิจกรรมนั้น ตอนแรกเป็นการหาสนามไฟฟ้าโลหะปลายแหลม โดยใช้ขั้วไฟฟ้าโลหะปลายแหลมวางลงบนกระดาษกรองที่เปียกน้ำหมาด ๆ ที่วางไว้บนแผ่นกระจกราบโดยให้ส่วนปลายแหลมของขั้วทั้งสองห่างกันประมาณ 3 – 5 เซนติเมตร
3. เสียบปลั๊กให้เครื่องจ่ายไฟตรงโวลต์สูงทำงาน แล้วโรยผงต่างทาบติมที่เตรียมไว้ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอรอบขั้วไฟฟ้า นักเรียนสังเกตการแผ่กระจายของผงสีม่วงขณะที่โรยลงไปในตอนแรกเมื่อเวลาผ่านไป 1 – 2 นาทีขณะที่เสียบปลั๊กอยู่
4. นักเรียนเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นบนกระดาษกรองกับ แบบจำลองทิศทางของเส้นแรงสนามไฟฟ้าที่ได้สร้างในตอนที่ 1

เส้นสนามไฟฟ้าจากแผ่นโลหะคู่ขนาน

1. เปลี่ยนขั้วไฟฟ้าจากโลหะปลายแหลมเป็นแผ่นโลหะคู่ขนาน เพื่อสาธิตการแสดงเส้นสนามไฟฟ้าที่เกิดจากประจุต่างชนิดกันของแผ่นตัวนำที่วางขนานกัน โดยวางแผ่นกระดาศกรงที่เปียกน้ำหมาด ๆ ไว้บนแผ่นกระจกราบ จัดกระดาศให้เรียบ

2. วางแผ่นโลหะคู่ขนานทั้งสองให้ห่างกันประมาณ 5 เซนติเมตร ให้ตอนล่างของแผ่นโลหะทั้งสองทับบนกระดาศกรงให้แนบสนิท แล้วต่อแผ่นโลหะทั้งสองเข้ากับเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง จากนั้นเปิดเครื่องจ่ายไฟฟ้าตรงโวลต์สูงให้ทำงาน และโรยเกล็ดต่างทับทิมให้สม่ำเสมอระหว่างแผ่นโลหะทั้งสอง

3. นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระดาศกรงทันทีที่โรยผงต่างทับทิม และเมื่อเวลาผ่านไป 1 – 2 นาที เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับ แบบจำลองทิศทางของเส้นแรงสนามไฟฟ้าที่ได้สร้างในตอนที 1

เส้นสนามไฟฟ้าจากแผ่นโลหะวงกลม

1. เปลี่ยนขั้วไฟฟ้าจากแผ่นโลหะคู่ขนานเป็นแผ่นโลหะวงกลม เพื่อสาธิตเส้นสนามไฟฟ้าของแผ่นโลหะวงกลม โดยใช้วงกลมโลหะขนาดต่างกัน 2 อันนั้น ให้วางวงกลมทั้งสองลงบนกระดาศกรงที่เปียกน้ำหมาด ๆ ที่วางอยู่บนแผ่นกระจกราบ โดยให้ศูนย์กลางของวงกลมทั้งสองอยู่ที่เดียวกัน ต้องให้ตอนล่างของวงกลมโลหะแตะกระดาศกรงให้แนบสนิท ใช้สายไฟที่ปลายข้างหนึ่งเป็นปากคีบ คีบวงแหวนโลหะทั้งสองไว้ แล้วนำไปต่อกับเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์สูง เมื่อเสียบปลั๊กให้ทำงาน โรยผงต่างทับทิมให้กระจายสม่ำเสมอระหว่างวงแหวนโลหะทั้งสองและในที่ว่างภายในวงแหวนเล็ก

2. นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นบนแผ่นกระดาศกรงเมื่อเวลาผ่านไป 1 – 2 นาที โดยเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับ แบบจำลองทิศทางของเส้นแรงสนามไฟฟ้าที่ได้สร้างในตอนที 1



	แบบบันทึก การจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างแท็บทิม
---	--

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลักษณะตัวนำ	ลักษณะของเส้นสนามไฟฟ้า	
	วาดการจำลองเส้นสนามไฟฟ้า โดยใช้ต่างแท็บทิม	อธิบายลักษณะเส้นแรง
โลหะปลายแหลม		
โลหะคู่ขนาน		
โลหะวงกลม		

คำชี้แจง จงสืบค้นข้อมูลจากหนังสือและ ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วโลหะปลายแหลมด้วยต่างแท็บทิม เมื่อฝังต่างแท็บทิมละลายน้ำ จะแตกตัวเป็นไอออนบวกที่ไม่มีสี (K^+) และเป็นไอออนลบที่มีสีม่วง (MnO_4^-) แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

2. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะคู่ขนานด้วยต่างแท็บทิม แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

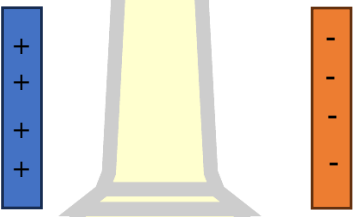
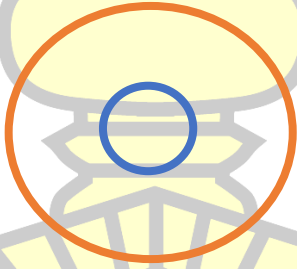
3. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันสองวงด้วยต่างแท็บทิม แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

4. กรณีระบบสองประจุเป็นประจุบวกเหมือนกันเส้นสนามไฟฟ้าจะออกจากประจุบวกทั้งสองประจุ โดยโค้งแยกออกจากกันทำให้เกิดตำแหน่งที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้นสนามไฟฟ้ามีค่าเป็น ศูนย์เรียกว่าอะไร

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังโน้ตค้นแผนผังโน้ตค้นชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) สรุปกิจกรรม

ตอนที่ 3 แกะไขแบบจำลอง

คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มแกะไข แบบจำลองทิศทางของแรงสนามไฟฟ้า พร้อมระบุลักษณะทิศทางของสนามไฟฟ้า

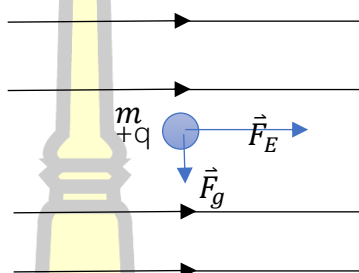
1. เส้นสนามไฟฟ้าของประจุชนิดเดียวกัน	2. เส้นสนามไฟฟ้าของประจุชนิดต่างกัน
	
3. เส้นสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะคู่ขนาน	
	
4. วงกลมซ้อนกัน โดยวงกลมด้านในมีประจุบวก และด้านนอกมีประจุลบ	
	

คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผ่นผังมโนทัศน์ชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

1. สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้า ตัวนำทรงกลมจะมีประจุไฟฟ้ากระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำทรงกลมและมีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวด้านนั้น และต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม และสนามไฟฟ้าของตัวนำทรง

กลมที่มีประจุ Q ที่ตำแหน่งใด ๆ ตั้งแต่ผิวตัวนำทรงกลมออกไป ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางตัวนำทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จากสมการอะไร

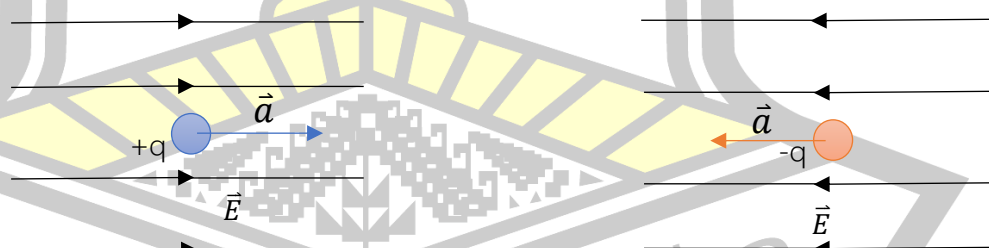
2. หากนำ ประจุ $+q$ วางในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (E) จะมีแรงใดบ้างกระทำต่อประจุนี้ มีแรง 2 แรงกระทำต่อประจุ ได้แก่ แรงไฟฟ้าและแรงโน้มถ่วง ดังรูปด้านล่าง



รูป แรงที่กระทำต่อประจุบวก q ที่อยู่ในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

จะเห็นว่า ในกรณีมวลของประจุไฟฟ้ามีค่าน้อยมาก จนทำให้แรงโน้มถ่วงมีค่าน้อยกว่าแรงไฟฟ้ามากๆ จึงไม่พิจารณาแรงโน้มถ่วง โดยพิจารณาเพียงแรงไฟฟ้านำไปหาความเร่ง ได้จากสมการ

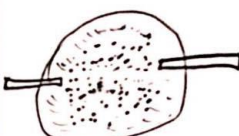
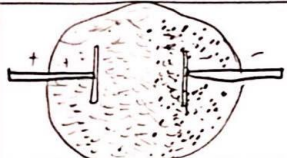
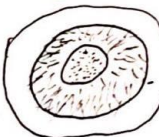
3. หากสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ E คงตัวทั้งขนาดและทิศทาง ดังรูปด้านล่าง ความเร่งของประจุจะเป็นอย่างไร



พหุบัน ปณ ศิปโต ชีเว

แบบบันทึก การจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างแท็บทิม

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ลักษณะตัวนำ	ลักษณะของเส้นสนามไฟฟ้า	
	วาดการจำลองเส้นสนามไฟฟ้าโดยใช้ต่างแท็บทิม	อธิบายลักษณะเส้นแรง
โลหะปลายแหลม		บริเวณปลายแหลมจะมีเส้นแรงไฟฟ้าหนาแน่นกว่าบริเวณอื่น ๆ
โลหะคู่ขนาน		เส้นจะวิ่งจากบวกไปลบ
โลหะวงกลม		เส้นจะวิ่งจากบวกไปลบ

คำชี้แจง จงสืบค้นข้อมูลจากหนังสือและ ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วโลหะปลายแหลมด้วยต่างแท็บทิม เมื่อฝังต่างแท็บทิมละลายน้ำ จะแตกตัวเป็นไอออนบวกที่ไม่มีสี (K^+) และเป็นไอออนลบที่มีสีม่วง (MnO_4^-) แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวเส้นสีม่วงจะหนาแน่นบริเวณปลายแหลม

2. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะคู่ขนานด้วยต่างแท็บทิม แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวเส้นสีม่วงจะหนาแน่นบริเวณกลางแผ่นโลหะ

3. ลักษณะเส้นสนามไฟฟ้าจากขั้วแผ่นโลหะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกันสองวงด้วยต่างแท็บทิม แนวเส้นสีม่วงมีลักษณะอย่างไร

แนวเส้นสีม่วงจะหนาแน่นบริเวณกลางแผ่นโลหะ

4. กรณีระบบสองประจุเป็นประจุบวกเหมือนกันเส้นสนามไฟฟ้าจะออกจากประจุบวกทั้งสองประจุ โดยโค้งแยกออกจากกันทำให้เกิดตำแหน่งที่ไม่มีเส้นสนามไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้นสนามไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์เรียกว่าอะไร

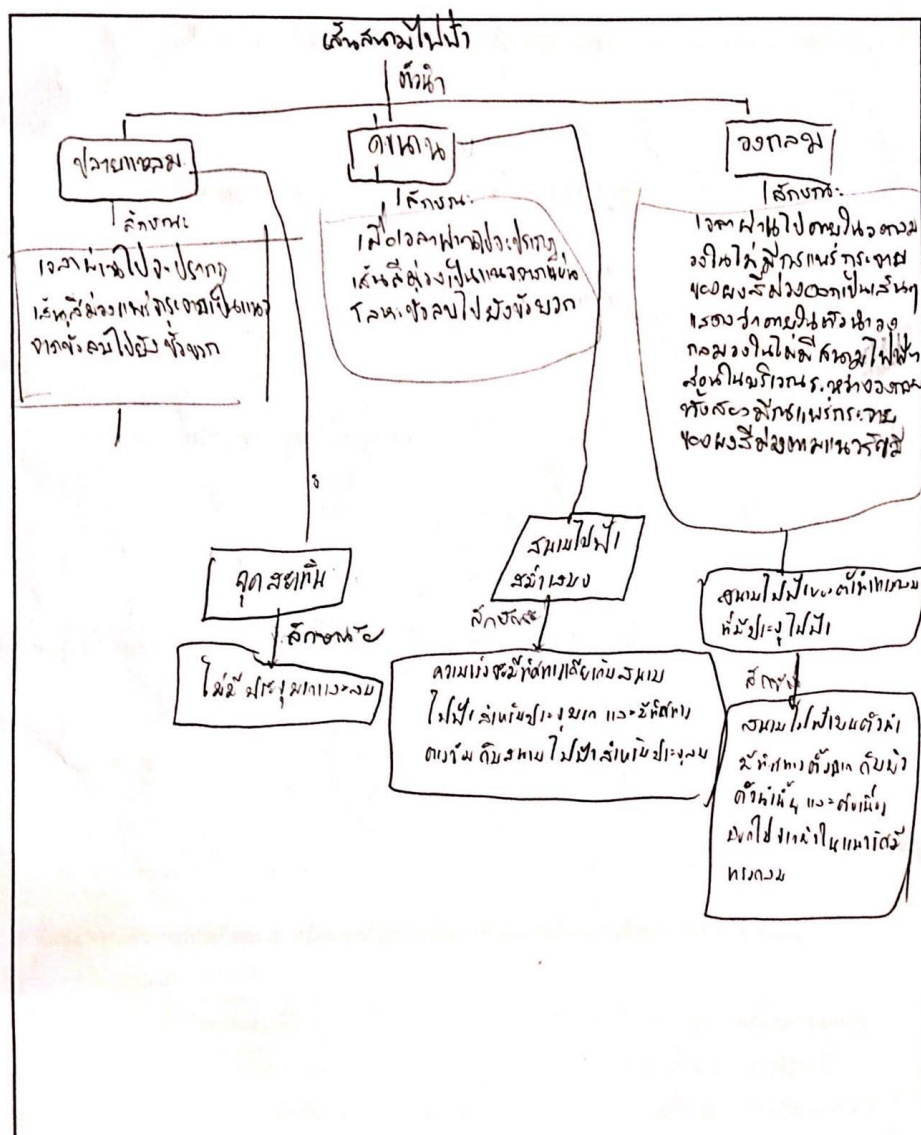
ตำแหน่งนั้นเรียกว่าจุดศูนย์สนามไฟฟ้า

5. ถ้าเราใส่ประจุลบเข้าไปในบริเวณที่มีประจุบวกอยู่แล้ว จะเกิดอะไรขึ้น

ประจุลบจะดึงดูดประจุบวก

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

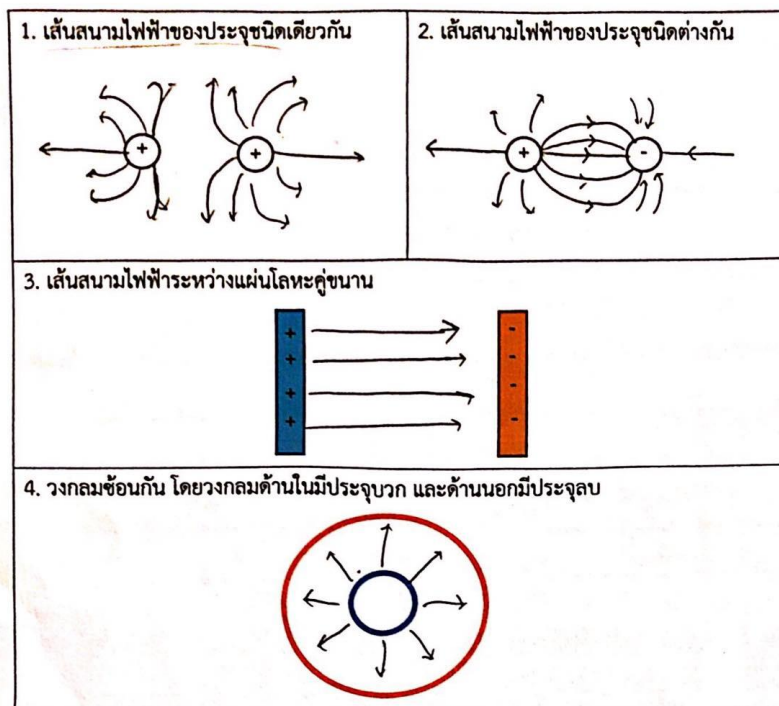
คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังโน้ตค้นแผนผังโน้ตค้นชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping) สรุปกิจกรรม



ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน



คำชี้แจง นักเรียนแต่ละกลุ่มแก้ไข แบบจำลองทิศทางของแรงสนามไฟฟ้า พร้อมระบุลักษณะทิศทางของสนามไฟฟ้า



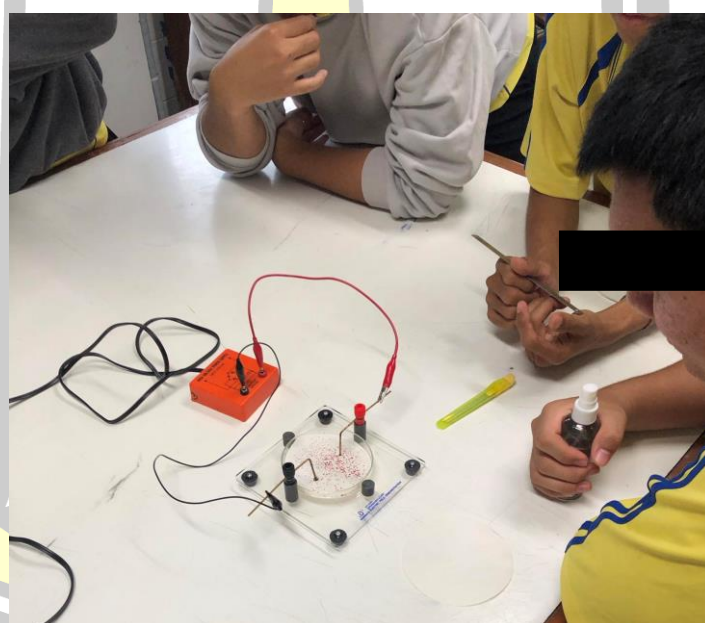
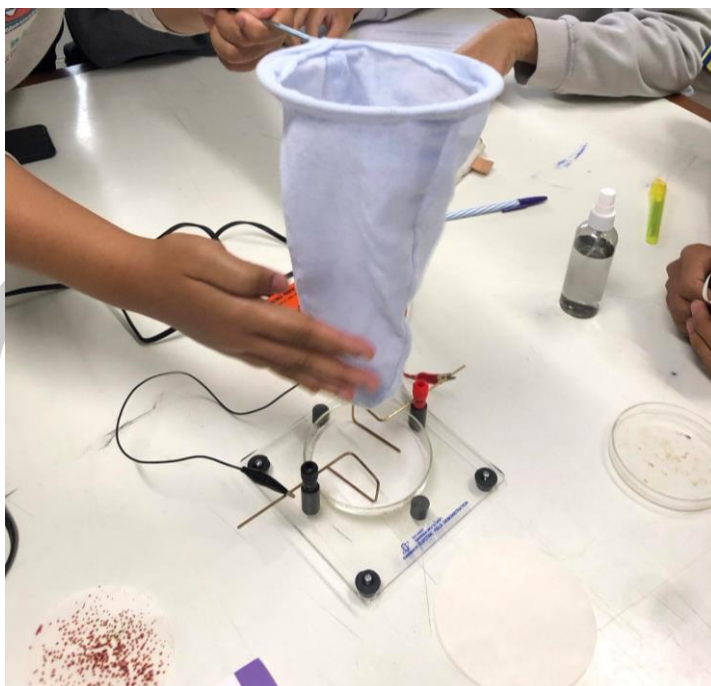
คำชี้แจง ตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นสรุปเนื้อหาเพิ่มเติมไปใน แผนผังโน้ตชนชนิดเชื่อมโยง (Linked Grouping)

1. สนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุไฟฟ้า ตัวนำทรงกลมจะมีประจุไฟฟ้ากระจายอย่างสม่ำเสมอบนผิวตัวนำทรงกลมและมีสนามไฟฟ้าภายในตัวนำเป็นศูนย์ สนามไฟฟ้าบนตัวนำมีทิศทางตั้งฉากกับผิวด้านนั้น และต่อเนื่องออกไปจากผิวในแนวรัศมีทรงกลม และสนามไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมที่มีประจุ Q ที่ตำแหน่งใด ๆ ตั้งแต่ผิวตัวนำทรงกลมออกไป ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางตัวนำทรงกลมเป็นระยะ r หาได้จากสมการอะไร

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

พูน ปณ จิต ชเว



ภาพกิจกรรมของนักเรียน

พูน ปณ ภัโต ชีเว

ตัวอย่างเครื่องมือ

แบบทดสอบวัดการคิดเชิงระบบ ท้ายวงจรปฏิบัติการที่ 1

- คำชี้แจง** 1. แบบวัดการคิดเชิงระบบ จำนวน 6 ข้อ (ข้อละ 2 คะแนน)
 2. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม พร้อมอธิบายเหตุผลในแต่ละข้อ

จงใช้สถานการณ์ที่ 1 เพื่อตอบคำถาม ข้อ 1-3

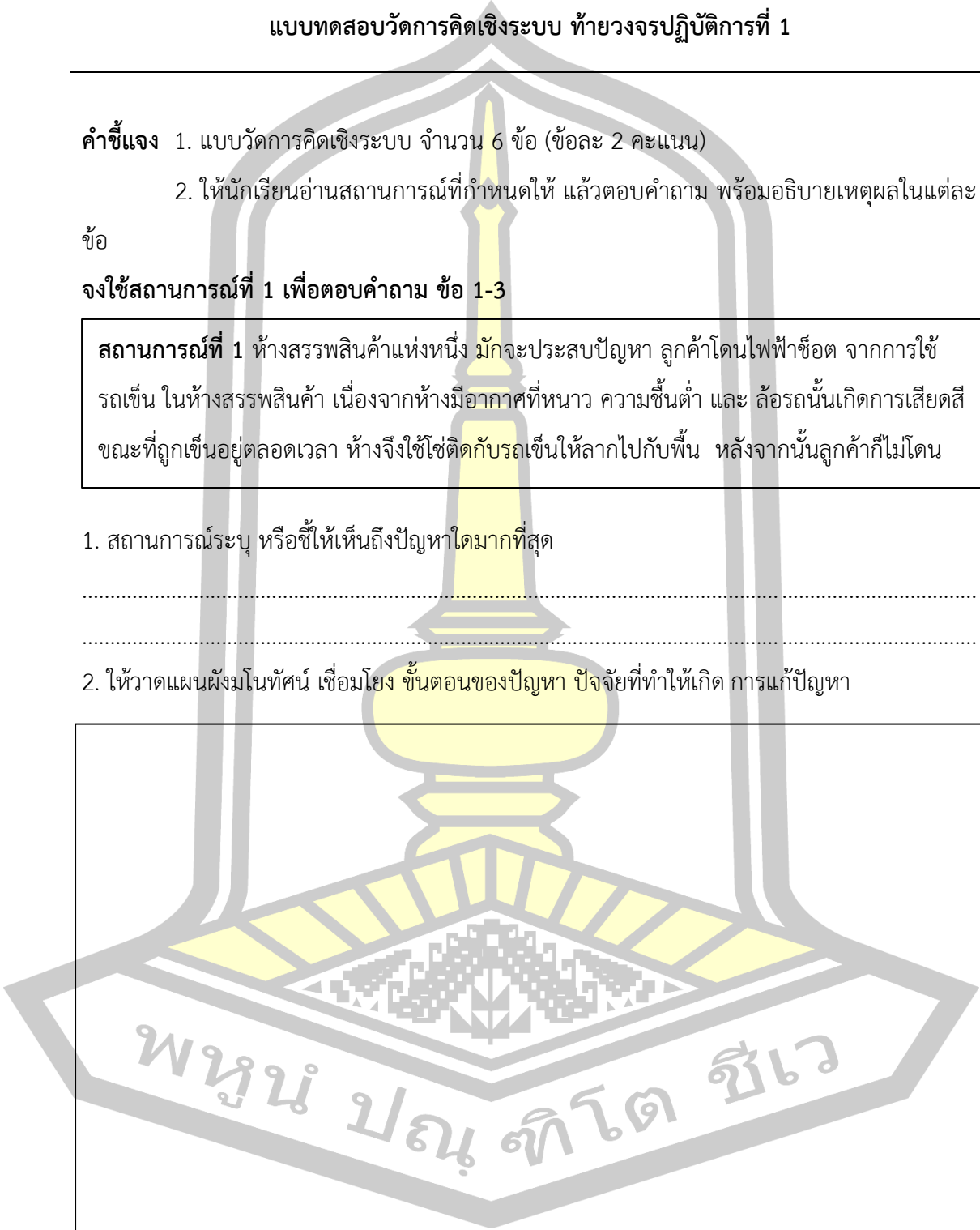
สถานการณ์ที่ 1 ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง มักจะประสบปัญหา ลูกค้าโดนไฟฟ้าช็อต จากการใช้รถเข็น ในห้างสรรพสินค้า เนื่องจากห้างมีอากาศที่หนาว ความชื้นต่ำ และ ล้อรถนั้นเกิดการเสียดสี ขณะที่ถูกเข็นอยู่ตลอดเวลา ห้างจึงใช้โซ่ติดกับรถเข็นให้ลากไปกับพื้น หลังจากนั้นลูกค้าก็ไม่โดน

1. สถานการณ์ระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงปัญหาใดมากที่สุด

.....

.....

2. ให้อาสาแผนผังมีโนทัศน์ เชื่อมโยง ขั้นตอนของปัญหา ปัจจัยที่ทำให้เกิด การแก้ปัญหา



พหุ ประถมศึกษา

3. การตรวจสอบการแก้ปัญหาว่าได้ผลหรือไม่ ควรพิจารณาจากอะไร จึงเหมาะสมกับสถานการณ์นี้

จงใช้สถานการณ์ที่ 2 เพื่อตอบคำถาม ข้อ 1-3

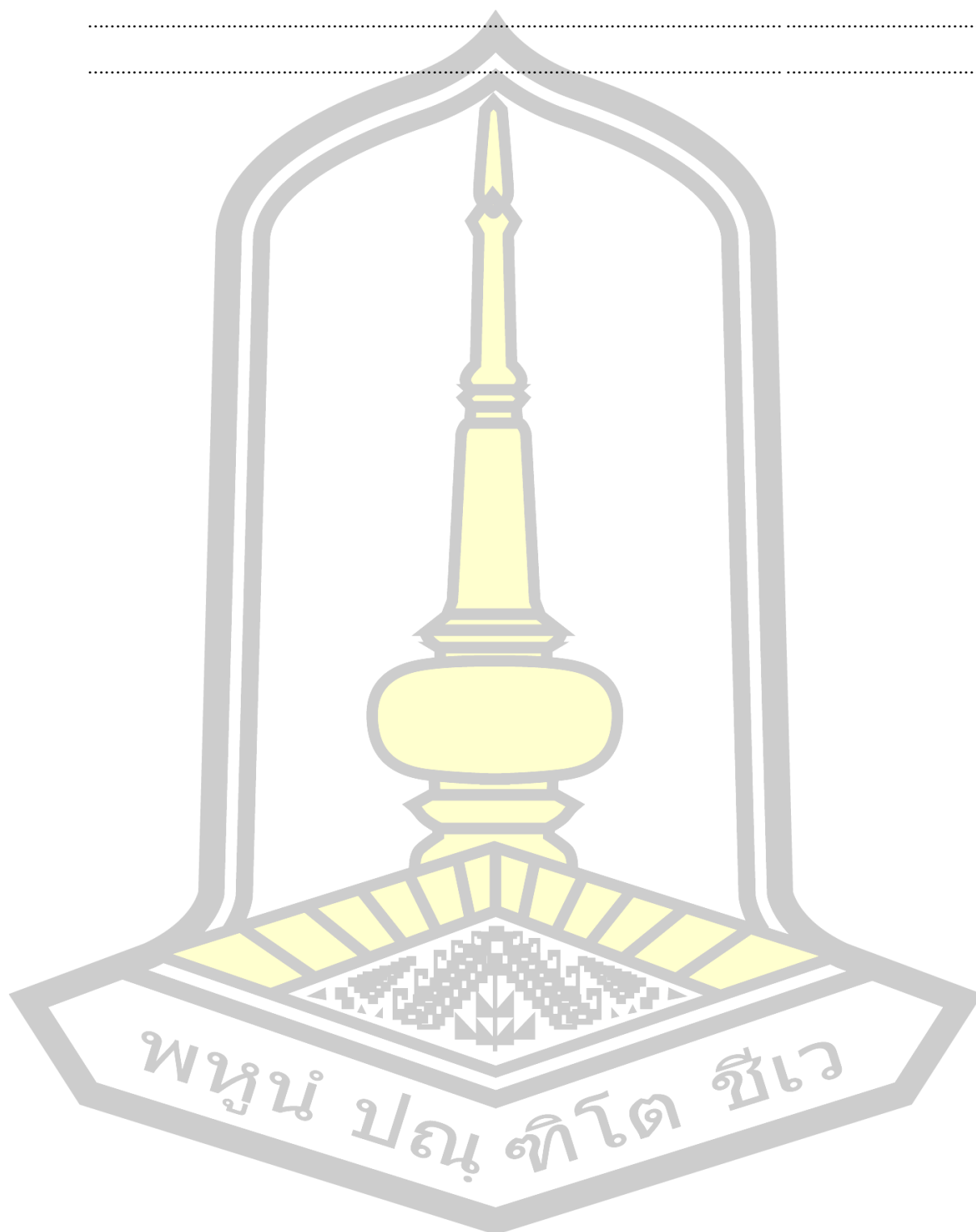
สถานการณ์ที่ 2 โดยทั่วไปของสถานบริการน้ำมันที่ต้องบริการเติมน้ำมันเองนั้น ผู้ที่มาใช้บริการได้รับการเตือนเกี่ยวกับอุบัติเหตุการเกิดไฟไหม้ ส่วนใหญ่พบว่า อุบัติเหตุเกิดจากผู้ใช้น้ำมันพาหนะเข้าไปในยานพาหนะอีกครั้งระหว่างที่น้ำมันกำลังไหลเข้าสู่ถัง (อันตรายจากหัวจ่ายน้ำมัน) เมื่อมีการเติมน้ำมันเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้บริการออกจากรถเพื่อดึงสายจ่ายน้ำมันออกจากตัวถังรถ จะมีไฟไหม้ขึ้น ผู้ใช้บริการที่เกิดไฟไหม้ส่วนใหญ่สวมรองเท้าส้นยาง และสวมใส่เสื้อผ้าใยสังเคราะห์ เป็นที่ทราบกันว่า ใช้น้ำมันซึ่งระเหยมาจากน้ำมันนั้น เผาไหม้และติดไฟได้ เนื่องจาก สามารถสะสมประจุไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งอุบัติเหตุแบบนี้เกิดขึ้นกับรถหลากหลายยี่ห้อ และหลายรุ่น

1 สถานการณ์ระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงปัญหาใดมากที่สุด

2 ให้อาตรแผนผังโนทัศน์ เชื่อมโยง ขั้นตอนของปัญหา ปัจจัยที่ทำให้เกิด การแก้ปัญหา

พหุ ประสิทธิภาพ

3. การตรวจสอบการแก้ปัญหาว่าได้ผลหรือไม่ ควรพิจารณาจากอะไร จึงเหมาะสมกับสถานการณ์นี้

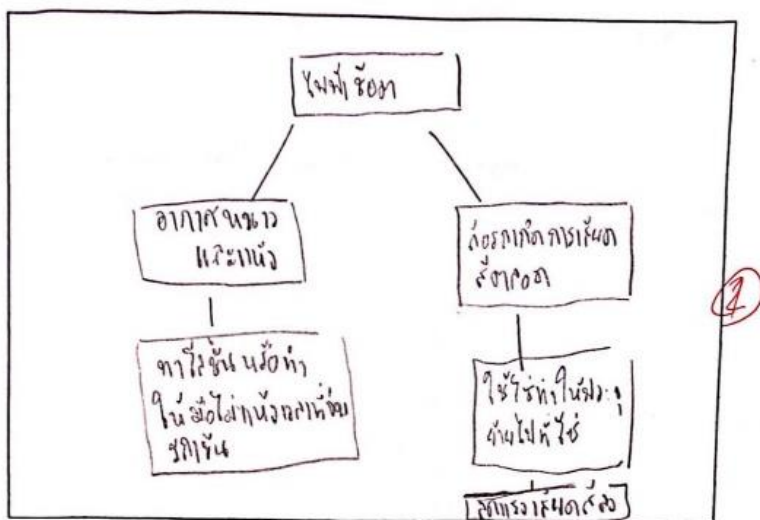


ห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง มักจะประสบปัญหา ลูกค้าโดนไฟช็อตจากการใช้รถเข็น ในห้างสรรพสินค้า เนื่องจากห้างมีอากาศที่หนาว และ ล้อรถเข็นเกิดการเสียดสีตลอดเวลาที่เข็น ห้างจึงใช้โซ่ติดกับรถเข็นให้ลากไปกับพื้น การโดนไฟฟ้าช็อต

1. สถานการณ์ระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงปัญหาใดมากที่สุด

เนื่องจากห้างมีอากาศที่หนาว แล ล้อรถเข็นเกิดการเสียดสีตลอดเวลาที่เข็น ห้างจึงใช้โซ่ติดกับรถเข็นให้ลากไปกับพื้น การโดนไฟฟ้าช็อต ②

2. จากขั้นตอนการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ วาดแผนผังโน้ตค้น การแก้ปัญหา



3. การตรวจสอบการแก้ปัญหาว่าได้ผลหรือไม่ ควรพิจารณา แบบใดจึงเหมาะสมกับสถานการณ์นี้

แก้มีหลายได้ เพราะ ล้อในห้างมีอากาศหนาว แล ล้อรถเข็นเกิดเสียดสีตลอดเวลาที่เข็น ห้างจึงใช้โซ่ติดกับรถเข็นให้ลากไปกับพื้น การโดนไฟฟ้าช็อต ②

ร้อนด้วย ล้อรถเข็นเกิดเสียดสีตลอดเวลาที่เข็น ห้างจึงใช้โซ่ติดกับรถเข็นให้ลากไปกับพื้น การโดนไฟฟ้าช็อต

ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวัดนักเรียน



สถานการณ์ที่ 4 ธรรมชาติของไฟฟ้าสถิต

เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้หลังจากออกจากรถ และตรงเข้าไปจับหัวจ่ายน้ำมัน โดยสภาพทั่วไปของสถานบริการน้ำมันที่ต้องบริการเติมน้ำมันเองนั้น ผู้ที่มาใช้บริการควรได้รับการเตือนเกี่ยวกับการเกิดไฟไหม้ ผลการสืบสวนเป็นที่น่าสนใจคือ ส่วนใหญ่พบว่า อุบัติเหตุเกิดจากผู้ใช้น้ำมันขณะเข้าไปในยานพาหนะอีกครั้งระหว่างที่น้ำมันกำลังไหลเข้าสู่ถัง (อันตรายจากหัวจ่ายน้ำมัน) เมื่อมีการเติมน้ำมันเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้บริการออกจากรถเพื่อดึงสายจ่ายน้ำมันออกจากตัวถังรถ จะมีไฟไหม้ขึ้น ผู้ใช้บริการที่เกิดไฟไหม้ส่วนใหญ่สวมรองเท้าส้นยาง และสวมใส่เสื้อผ้าใยสังเคราะห์ เป็นที่ทราบกันว่า ใยน้ำมันซึ่งระเหยมาจากน้ำมันนั้น เผาไหม้และติดไฟได้ เนื่องจาก สามารถสะสมประจุไฟฟ้าได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งอุบัติเหตุแบบนี้เกิดขึ้นกับรถหลากหลายยี่ห้อ และหลายรุ่น

1. สถานการณ์ระบุ หรือชี้ให้เห็นถึงปัญหาใดมากที่สุด

ปั๊มน้ำมันที่สถานีบริการน้ำมัน ไอเอ็มเอ็วจะหาหาอีกขึ้น การรถรถมาปั๊มน้ำมัน

2. จากขั้นตอนการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ วาดแผนผังโน้ตค้น การแก้ปัญหา



3. การตรวจสอบการแก้ปัญหานั้นได้ผลหรือไม่ ควรพิจารณา แบบใดจึงเหมาะสมกับสถานการณ์นี้

รถที่เข้าปั๊มน้ำมันไอเอ็มเอ็วจะหาหาอีกขึ้น ไม่เกิดไฟไหม้

พหุบัน ปณ จิตโต ชเว

ตัวอย่างการให้คะแนนแบบวัดนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ วัน เดือน ปี

คำชี้แจง : ผู้ประเมินทำการประเมินพฤติกรรมในชั้นเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในพฤติกรรมแต่ละด้าน

[illegible]

นักเรียนคนที่	พฤติกรรมในชั้นเรียน												รวม
	ความร่วมมือ			มีความละเอียดรอบคอบ			คิดไตร่ตรองมีเหตุผล			การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม			
	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

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

พหุบัน ปณ จิต ใจ

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมในชั้นเรียน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ความร่วมมือ	สมาชิกร่วมปรึกษาและวางแผนร่วมกันมีการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบ	มีการปรึกษาและวางแผนการทำงานเฉพาะสมาชิกบางคน	สมาชิกไม่ให้ความร่วมมือปฏิบัติหน้าที่
มีความละเอียดรอบคอบ	ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบละเอียดถี่ถ้วน ทำงานถูกต้องสมบูรณ์ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ	ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้อย่างเป็นระบบ มีความรอบคอบทำงานถูกต้อง แต่ไม่ครอบคลุมเนื้อหาและหัวข้อรายละเอียดที่สำคัญ	ไม่ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่วางไว้ ไม่มีความรอบคอบ ส่งผลทำให้งานไม่ถูกต้อง
คิดไตร่ตรองมีเหตุผล	คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างรอบคอบ และคำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ	คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติอย่างขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ	ไม่คิดวางแผน ไตร่ตรองก่อนลงมือปฏิบัติ ขาดการตัดสินใจดำเนินการปฏิบัติอย่างรอบคอบ และไม่คำนึงผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในการปฏิบัติ
การมีส่วนร่วมในการปรับปรุงผลงานกลุ่ม	นำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาเรียนรู้มาปรับประยุกต์ใช้ในการทำงาน	นำความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาเรียนรู้มาปรับประยุกต์ใช้ได้บางส่วน	ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาปรับประยุกต์ใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย ธนกร กงเพชร
วันเกิด วันที่ 11 ตุลาคม 2542
สถานที่เกิด จังหวัดสุรินทร์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 2/8 บ้านหนองจิก ตำบลหนองซอน อำเภอเขียงยืน จังหวัดมหาสารคาม 44160
ตำแหน่งหน้าที่การงาน นิสิต
ประวัติการศึกษา
พ.ศ. 2560 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2564 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ) สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2567 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ จิโต ชีเว