



ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิกต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โดย

กฤติยา ตุนถาวรดำรง

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการเรียนรู้และนวัตกรรมการศึกษา
คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2567

THE EFFECTS OF INQUIRY LEARNING METHOD (5E) WITH
STEM EDUCATION USING GALVANIC CELL ACTIVITY
PACKAGE APPROACH ON SCIENTIFIC LITTERACY
OF 11TH GRADE STUDENTS

BY

KITTIYA TUNTHAWONDAMRONG

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF EDUCATION
IN LEARNING SCIENCES AND EDUCATIONAL INNOVATION
FACULTY OF LEARNING SCIENCES AND EDUCATION
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2024

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

กฤติยา ตุนถาวรดำรง

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม

เรื่องเซลล์กลูวอนิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2567

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ พุฒวัฒน์)

คณบดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิสร จันทรสุข)

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ชื่อผู้เขียน	กฤติยา ตุนถาวรดำรง
ชื่อปริญญา	ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	วิทยาการการเรียนรู้และนวัตกรรมการศึกษา วิทยาการการเรียนรู้และศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤพจน์ พุฒินะ
ปีการศึกษา	2567

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิก การค้นคว้านี้ ใช้วิธีการวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) โดยทำการศึกษา ในกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One-Group Pretest-Posttest Design) คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 โรงเรียนขนาดกลางแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน ทำการวัดผลก่อนการ ทดลองและหลังการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิก และ 2) แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ทั้งนี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูล ในเชิงปริมาณผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังการเรียนรู้สูงกว่าคะแนนก่อนการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิก ผ่านการบูรณาการกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมในชั้นขยายความรู้ สามารถช่วยพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E, สะเต็มศึกษา, ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

Independent Study Title	THE EFFECTS OF INQUIRY LEARNING METHOD (5E) WITH STEM EDUCATION USING GALVANIC CELL ACTIVITY PACKAGE APPROACH ON SCIENTIFIC LITERACY OF 11 TH GRADE STUDENTS
Author	Kittiya Tunthawondamrong
Degree	Master of Education
Major Field/Faculty/University	Learning Sciences and Educational Innovation Learning Sciences and Education Thammasat University
Independent Study Advisor	Assistant Professor Narupot Putwattana, Ph.D.
Academic Year	2024

ABSTRACT

This independent research aims to compare the scientific literacy on the topic of galvanic cells among Grade 11 students before and after receiving instruction through the 5E inquiry-based learning model based on STEM education principles using an activity set on galvanic cells. The pre-experimental research design was employed in this study, specifically a one-group pretest-posttest design, with a sample group consisting of 30 Grade 11 students from a medium-sized school in Bangkok. Measurements were conducted before and after the experiment to compare differences in scientific literacy. The research tools included: 1) a 5E inquiry-based learning plan according to STEM education principles using an activity set on galvanic cells, and 2) a scientific literacy assessment on the topic of galvanic cells. The researcher collected quantitative data for analysis. The findings indicated that the 5E inquiry-based learning approach, guided by STEM principles, significantly improved students' post-test scores compared to their pre-test scores at a statistical significance level of 0.05. This study indicates that the 5E inquiry-based learning approach, aligned with STEM education and integrated with the engineering design process in the elaboration phase, can effectively enhance Grade 11 students' Scientific Literacy.

Keywords: Inquiry Learning Method (5E), STEM Education, Scientific Literacy

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลงไปด้วยดี ต้องขอขอบคุณความช่วยเหลือ และการดูแลเอาใจใส่อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤพจน์ พุฒินะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ ตลอดจนการติดตามความก้าวหน้า ให้กำลังใจ และให้ความเชื่อมั่นกับตัวผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการ สอบการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเล่มการค้นคว้าอิสระให้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ, ดร.เปรมปรีดี ดวงภูมิเมศ และ ดร.อัศวนนทปกรณ ธเนศวรภัทร ที่ได้กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือตลอดจนให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยให้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในและแสดงให้เห็นถึงความพยายามในการการทำการกิจกรรมในครั้งนี้ให้สำเร็จ

ขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือและกำลังใจในระหว่างการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัวสำหรับแรงสนับสนุนที่สำคัญที่สุดในการเดินทางสู่ความสำเร็จครั้งนี้ ขอขอบคุณสำหรับความรัก ความเข้าใจ และความเชื่อมั่นที่ส่งต่อมาอย่างไม่เคยขาด รวมถึงการสนับสนุนที่ทำให้มีพลังในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองการเรียนปริญญาโทแก่ผู้วิจัยทำให้การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

กฤติยา ตุนถาวรดำรง

(4)

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (1)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (2)

กิตติกรรมประกาศ (3)

สารบัญตาราง (8)

สารบัญภาพ (10)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์การค้นคว้าอิสระ 4

1.3 คำถามการค้นคว้าอิสระ 4

1.4 สมมติฐานของการค้นคว้าอิสระ 4

1.5 ตัวแปรที่ศึกษา 4

1.6 ขอบเขตของการค้นคว้าอิสระ 5

1.7 กรอบแนวคิดการค้นคว้าอิสระ 5

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ 6

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) 9

2.1.1 ความหมายของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ 9

2.1.2 องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ 10

2.1.2.1 บริบท (Context) 10

2.1.2.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) 13

2.1.2.3 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies)	18
2.1.3 ระดับการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์	22
2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	25
2.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)	25
2.2.2 ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)	26
2.2.2.1 ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)	26
2.2.2.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)	27
2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning)	28
2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	28
2.3.2 คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	29
2.3.3 ประเภทของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	31
2.3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E	32
2.3.5 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E	33
2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	34
2.4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา	35
2.4.2 ศาสตร์และสาขาของสะเต็มศึกษา	36
2.4.3 การบูรณาการสะเต็มศึกษา	38
2.4.4 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	39
2.4.5 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา	41
2.4.6 เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาและการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	44
2.4.7 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	48
2.5 ชุดกิจกรรม	51
2.5.1 ความหมายของชุดกิจกรรม	51
2.5.2 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม	52
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	53
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	53

	(6)
3.2 กลุ่มเป้าหมาย	54
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	54
3.3.1 ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก เพื่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	54
3.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	55
3.3.3 แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับวัดความฉลาดรู้ด้าน วิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเซลล์กลีวานิก ต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5	62
3.4 การดำเนินการค้นคว้าอิสระ	63
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	63
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	64
4.1 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก	64
4.1.1 สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	66
4.1.2 สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ อย่างมีวิจารณญาณ	69
4.1.3 สมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ	72
4.2 ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก	75

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	77
5.1 สรุปผลการค้นคว้าอิสระ	77
5.1.1 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิก	77
5.1.2 ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัด การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเซลล์กลวานิก	78
5.2 อภิปรายผลการค้นคว้าอิสระ	78
5.3 ข้อเสนอแนะ	87
5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	87
5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	90
รายการอ้างอิง	91
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ	98
ภาคผนวก ข แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิกต่อความฉลาดรู้ ด้านวิทยาศาสตร์	99
ภาคผนวก ค แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลวานิก	149

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงให้เห็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบทกับระดับบุคคล (Personal) ระดับท้องถิ่นหรือประเทศ (Local and National) และระดับโลก (Global)	10
2.2 แสดงระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมิน PISA 2025	22
2.3 คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของสภาวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000)	30
2.4 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	33
2.5 การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	37
2.6 การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	44
2.7 แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	48
3.1 แสดงระเบียบวิธีวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น	53
3.2 แสดงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก	56
3.3 แสดงสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก	57
3.4 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก	58
4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Independent t-test และระดับนัยสำคัญ เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละสมรรถนะ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก	65

- 4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Independent t-test 74
และระดับนัยสำคัญเพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและ
หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก
- 4.3 จำนวนนักเรียนที่มีระดับระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง 75
เซลล์กลีวานิก ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E
ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดการค้นคว้าอิสระ	5
2.1 กรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2025	22
2.2 ระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา	38
2.3 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	40
4.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละ สมรรถนะก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก	66
4.2 ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 1 วัดและประเมินสมรรถนะ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	67
4.3 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 3 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	67
4.4 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	67
4.5 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 1 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	68
4.6 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 11 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	68
4.7 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 4 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและ ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ	69
4.8 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์	70

- กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 11 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและ
ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน
ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ
- 4.9 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 70
กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 4 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและ
ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน
ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ
- 4.10 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 71
กัลวานิกหลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 6 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและ
ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน
ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ
- 4.11 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 71
กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและ
ออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน
ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ
- 4.12 ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 72
กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 5 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า
ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ
- 4.13 ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 72
กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 13 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า
ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ
- 4.14 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 73
กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 3 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า
ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ
- 4.15 แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ 73
กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 13 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า
ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ
- 4.16 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับ 74
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้
ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก

- 4.17 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนที่มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์
กัลวานิก ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E 76
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) คือ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การตีความจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในการประเมิน ออกแบบการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์วิเคราะห์และลงข้อสรุปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (ราชบัณฑิตยสภา, 2562; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563; OECD, 2019) โดยบุคคลต้องแสดงออกถึงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Science Competency) หรือความสามารถของบุคคลที่มีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ความยั่งยืน และเทคโนโลยีอย่างสมเหตุสมผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) ความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการพัฒนาหรือการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เช่นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ เช่นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในเรื่องคุณสมบัติของวัสดุที่นำไปสู่การผลิตแบตเตอรี่, แผงโซลาร์เซลล์ หรือเครื่องบินที่มีน้ำหนักเบาขึ้น และในขณะเดียวกันเทคโนโลยีสามารถทำให้เกิดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ได้ เช่น กล้องโทรทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น, เลนส์ของจุลทรรศน์, และเครื่องมือดิจิทัล ที่เป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในโลกยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและก่อให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่นการจัดการกับแบตเตอรี่จากรถยนต์ไฟฟ้าหรือการสกัดโคบอลต์เพื่อใช้ในการผลิตแบตเตอรี่ซึ่งเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จะต้องใช้นวัตกรรมในการแก้ไขปัญหาโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจในด้านข้อจำกัดและผลลัพธ์ในการประยุกต์ (OECD, 2023)

ตามที่ประเทศไทยเข้าร่วมกับองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) เพื่อประเมินวัดคุณภาพการศึกษาของนักเรียนอายุ 15 ปี ร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ดำเนินการประเมิน คุณภาพการศึกษาในรายวิชาการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ในด้านการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific

Literacy) ได้นิยามไว้ว่า คือ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การตีความ จากหลักฐานเชิงประจักษ์ในการประเมิน ออกแบบการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ และลงข้อสรุปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (ราชบัณฑิตยสภา, 2562; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563; OECD, 2019, 2023) จากการวิเคราะห์รายงานผลการประเมิน PISA การทดสอบความฉลาดรู้ ด้านวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ยของ OECD ในปี ค.ศ. 2000 – 2022 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของประเทศไทยอยู่ในช่วง 409 – 444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าผลเฉลี่ย ของประเทศสมาชิก OECD ที่อยู่ในช่วง 485 – 501 คะแนนทุกปีและจากการทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ใน PISA ปี ค.ศ. 2018 พบว่านักเรียนไทยร้อยละ 44 มีคะแนนต่ำกว่าระดับสอง และในปี ค.ศ. 2022 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนต่ำกว่าระดับสองเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยต่ำสุดในรอบ 22 ปีที่มีการเข้าร่วมการประเมินวัดคุณภาพการศึกษา ซึ่งนักเรียนไทย ที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานที่นักเรียนในวัยนี้ควรจะมี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566) การยกระดับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นในการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้วางเป้าหมายพัฒนาสมรรถนะของนักเรียน พัฒนาผู้มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อพัฒนากำลังคนในศตวรรษที่ 21 การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นิยมใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมกระตุ้นให้นักเรียนสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) (ประสาธน์ เนืองเฉลิม, 2558; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนได้ฝึกการคิดและฝึกปฏิบัติ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิดและนำตนเองเป็นการสร้างแรงจูงใจในการแสวงหาความรู้ ความคิดรวบยอดจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะทำให้รู้สึกมีคุณค่า และมีความหมายต่อนักเรียนเนื่องจากนักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและทำให้ความรู้

คงทนเพิ่มความสามารถในการจดจำและนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540) อับดุลเลาะ อุมาร์ (2562) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งในด้านเนื้อหาและกระบวนการแสวงหาความรู้ทำให้สามารถพัฒนาสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง แต่เนื่องจากข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ใช้เวลาในการสอนมากซึ่งในชั้นสร้างความสนใจหากครูผู้สอนยกสถานการณ์ตัวอย่างไม่น่าสนใจ อาจไม่สร้างแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนและเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างองค์ความรู้เป็นหลักแต่ไม่เน้นการเชื่อมโยงหรือการแก้ปัญหาในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545, น. 38; พันธุ์ ทองชุมนุญ, 2547, น. 57; พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข, 2548, น. 78; ภพ เลหาไพบูลย์, 2540, น. 126)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) แนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการสร้างนวัตกรรมในอนาคต รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (ฐิติวรดา พลเยี่ยม, 2561; สสวท., 2557; สุธีระ ประเสริฐสรพร, 2558; Labov, et al., 2010; Sanders, 2009) ยิ่งไปกว่านั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้เพื่อนำมาสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเองและได้บูรณาการความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง

จากการทบทวนวรรณกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ (ปวันรัตน์ ทองหลวง, 2565) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามทักษะความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นส่วนหนึ่งของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ซึ่งในการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัย 3 องค์ประกอบได้แก่บริบท (Context) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) Muhammad, et al. (2022) เห็นว่าการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนสามารถในการพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของตนได้ ซึ่งยังมี

ผู้ศึกษาค่อนข้างน้อย ดังนั้นจากความสำเร็จและสภาพปัญหาดังกล่าวผู้ศึกษามีความสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องเซลล์กลไกวานิก ต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้มีการบูรณาการการนำความรู้มาใช้ในการการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่มาใช้ในการตรวจสอบวิธีการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงได้

1.2 วัตถุประสงค์การค้นคว้าอิสระ

เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลไกวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลไกวานิก

1.3 คำถามการค้นคว้าอิสระ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลไกวานิก สามารถพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลไกวานิกของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้อย่างไร

1.4 สมมติฐานของการค้นคว้าอิสระ

ประสิทธิผลหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลไกวานิก ต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงกว่าก่อนเรียน

1.5 ตัวแปรที่ศึกษา

1.5.1 ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลไกวานิก

1.5.2 ตัวแปรตาม ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลไกวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.6 ขอบเขตของการค้นคว้าอิสระ

1.6.1 ด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระครั้งนี้คือ รายวิชาเคมี 4 ไฟฟ้าเคมี เรื่อง เซลล์กัลวานิก ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ปรับปรุง พ.ศ. 2560)

1.6.2 ด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่จะศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน ของโรงเรียนมัธยมวัดดุสิตาราม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 1 โดยการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive Sampling)

1.6.3 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

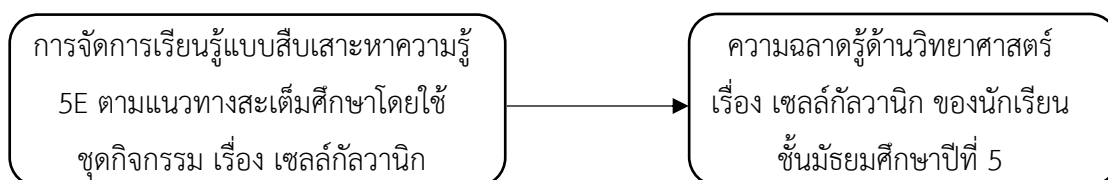
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ใช้ ระยะเวลาในการทดลอง 3 สัปดาห์ จำนวน 9 คาบ

1.7 กรอบแนวคิดการค้นคว้าอิสระ

การค้นคว้าอิสระการศึกษาด้านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้กำหนดกรอบแนวคิดการค้นคว้าอิสระ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1.1

กรอบแนวคิดการค้นคว้าอิสระ



1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.8.1 ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์เนื้อหาความรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก ในรายวิชาเคมีเพื่อเชื่อมโยงปรากฏการณ์หรือประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยผ่านการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเซลล์กัลวานิก

สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก มาใช้ในการสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย ทำนายการเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์โดยอาศัยทฤษฎี แนวคิดหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระบุคำถาม ประเด็นปัญหาที่ต้องการตรวจสอบผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลองและปฏิบัติตามขั้นตอนตามการออกแบบปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม และนักเรียนสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น

สมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้า ประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอในรูปแบบและบริบทต่าง ๆ และสามารถลงข้อสรุปที่เหมาะสม และนักเรียนสามารถสร้างข้อโต้แย้งสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองหรือชุดข้อมูลจากปฏิบัติการทดลอง

1.8.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

หมายถึง การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี เรื่องเซลล์กัลวานิก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการกำหนดสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและให้ความสำคัญของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด นำไปสู่กระบวนการสืบค้น รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา

โดยการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อวางแผน ออกแบบ และสร้างผลงานหรือแนวทางการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจ และเกิดข้อสงสัย ผ่านสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือเป็นการเชื่อมโยงกับองค์ความรู้เดิมที่ผ่านประสบการณ์เรียนรู้มาแล้วเป็นตัวนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาหรือการระบุ ปัญหาที่ต้องการศึกษา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการสำรวจสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา เพื่อนำมา ประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหา มีการบูรณาการความรู้ ทักษะหรือกระบวนการระหว่างวิชา วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ประยุกต์แนวทางที่เหมาะสมในการตอบ คำถามและพัฒนาแนวทางการแก้ไขปัญหามาที่ต้องการศึกษา ผ่านการลงมือปฏิบัติ เช่น การปฏิบัติการ ทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีการวางแผนและออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีและกระบวนการ วิศวกรรมศาสตร์ร่วมด้วย

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) กระบวนการนำข้อมูลจากขั้นสำรวจ และค้นหาที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล และลงข้อสรุป โดยที่นักเรียนเป็นผู้สรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยจะต้องคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามที่สถานการณ์กำหนด เพื่อให้นำเสนอวิธีการ การออกแบบชิ้นงาน การแก้ปัญหารวมถึงวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้เป็นการที่นักเรียนนำความรู้เดิมมา ประยุกต์กับความรู้ใหม่ โดยออกแบบและสร้างผลงานหรือแนวทางการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ กำหนด นักเรียนจะทดลองและปรับปรุงผลงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาที่กำลังศึกษาอยู่

5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) ขั้นนี้นักเรียนจะได้ประเมินองค์ความรู้ ผ่านการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ในการสร้างและพัฒนาชิ้นงาน นักเรียนจะได้รับโอกาสในการสะท้อนถึงกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อวิเคราะห์ข้อดีและ แนวทางในการพัฒนาชิ้นงาน

1.8.3 ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก

หมายถึง ชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาเรื่อง เซลล์กัลวานิก เป็นสื่อสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยจำนวน 3 ชุดกิจกรรม ได้แก่ 1) ชุดกิจกรรม Part 1 ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 2) ชุดกิจกรรม Part 2 จำนวน เซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด และ 3) ชุดกิจกรรม Part 3 ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการค้นคว้าอิสระเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีหัวข้อดังนี้

2.1 ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

2.1.1 ความหมายของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

2.1.2 องค์ประกอบความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

2.1.2.1 บริบท (Context)

2.1.2.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge)

2.1.2.3 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies)

2.1.3 ระดับการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

2.2.2 ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning)

2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3.2 คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3.3 ประเภทของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

2.3.5 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

2.4.2 ศาสตร์และสาขาของสะเต็มศึกษา

2.4.3 การบูรณาการสะเต็มศึกษา

2.4.4 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.4.5 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.4.6 เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาและการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.4.7 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.5 ชุดกิจกรรม

2.5.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

2.5.2 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม

2.1 ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

2.1.1 ความหมายความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

ความฉลาดรู้ (Literacy) หมายถึงการอ่านออกเขียนได้ สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง การขยายความหมายของคำความฉลาดรู้ (Literacy) ซึ่งประกอบด้วยความรู้สมรรถนะทักษะปฏิบัติและทักษะทางปัญญาในการแสวงหาองค์ความรู้ เพื่อสร้างความเข้าใจ และสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิม และสร้างองค์ความรู้ใหม่และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง (จินดารัตน์ โพธิ์นอก, 2561) ดังนั้นความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณโดยใช้การตีความจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในการประเมินออกแบบการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์วิเคราะห์และลงข้อสรุปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (ราชบัณฑิตยสภา, 2562; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563; OECD, 2019) บุคคลที่มีความฉลาดรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นบุคคลที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบการสืบค้นการประเมินผล การวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผลของข้อมูลในเชิงวิทยาศาสตร์

ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้สรุปความหมายของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้เนื้อหาความรู้เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) รายวิชาเคมีในการเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์หรือประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยผ่านกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตีความจากหลักฐานเชิงประจักษ์ในการประเมิน ออกแบบการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์และลงข้อสรุปเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell)

2.1.2 องค์ประกอบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

2.1.2.1 บริบท (Context)

คำว่าบริบท (Context) มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า “Contexere” ที่มีความหมายคือ การรวมเข้าด้วยกัน หรือความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกัน (Gilbert, 2006) ดังนั้นบริบท คือ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือถูกสร้างขึ้นในชีวิตทั้งในระดับบุคคล ระดับประเทศและระดับโลก เช่น สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีและอุตสาหกรรม (พิมพลอย ตามตระกูล, 2564; ยุพาวรรณ คำหา, 2557; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) สถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่การเกิดองค์ความรู้ใหม่จำเป็นต้องมีความเข้าใจเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ สังเคราะห์และสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ได้ (พิมพลอย ตามตระกูล, 2564; ยุพาวรรณ คำหา, 2557)

จากความหมายของบริบทสามารถสรุปได้ว่า บริบท (Context) คือสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือถูกสร้างขึ้น มีความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกันในระดับบุคคล ระดับประเทศ และระดับโลกในการทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์จะต้องอาศัยการเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมและสร้างองค์ความรู้ใหม่ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องมีความเข้าใจและมีองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บริบทสำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ใน PISA 2025 จะทดสอบความรู้ความเข้าใจ แนวคิด หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการอธิบายสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง โดย PISA แบ่งออกเป็น 3 ระดับได้แก่

1. ระดับบุคคล (Personal) ได้แก่ การประเมินที่เกี่ยวข้องกับตนเอง ครอบครัว และเพื่อน
2. ระดับท้องถิ่น/ประเทศ (Local and National)
3. ระดับโลก (Global)

ตารางที่ 2.1

แสดงให้เห็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบทกับระดับบุคคล (Personal) ระดับท้องถิ่นหรือประเทศ (Local and National) และระดับโลก (Global)

บริบท	ระดับบุคคล (Personal)	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ (Local and National)	ระดับโลก (Global)
สุขภาพและโรคภัย	- การดูแลรักษาสุขภาพ	- การควบคุมโรค - การแพร่เชื้อในสังคม	การระบาดของโรคที่แพร่กระจายไปทั่วโลก

ตารางที่ 2.1

แสดงให้เห็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบทกับระดับบุคคล (Personal) ระดับท้องถิ่นหรือประเทศ (Local and National) และระดับโลก (Global) (ต่อ)

บริบท	ระดับบุคคล (Personal)	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ (Local and National)	ระดับโลก (Global)
	- อุบัติเหตุ - โภชนาการ - การฉีควัคซีน	- การเลือกอาหาร - โรคอ้วน - สุขภาพชุมชน	- ความมั่นคงทางอาหาร - วิถีชีวิตที่ดีต่อสุขภาพ
ทรัพยากรธรรมชาติ	- การใช้วัสดุต่าง ๆ ส่วนบุคคล - ประเภทของอาหารและพลังงาน - การบริโภคอาหารในท้องถิ่น - การเลือกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผสมนมจากสัตว์และการกินมังสวิรัต	- การควบคุมขนาดประชากรมนุษย์ - คุณภาพชีวิต - ความมั่นคง - การผลิตและการกระจายอาหาร - การจัดหาพลังงาน - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่และขุดหาทรัพยากร - การผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน	- แหล่งพลังงานหมุนเวียนและพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป - ระบบในธรรมชาติ - การเติบโตของประชากร - การใช้ประโยชน์จากสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ และที่ดินอย่างยั่งยืน - ความหลากหลายทางชีวภาพและคุณค่าของความหลากหลายทางชีวภาพ
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	- การมีพฤติกรรมที่ยั่งยืนในการรีไซเคิลและการลดการใช้ทรัพยากร	- การกระจายของประชากรการจัดการกับขยะ - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - การใช้ระบบเกษตรกรรมฟื้นฟู	- ความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมการจัดการมลพิษและคุณภาพอากาศ การสูญเสียดิน/มวลชีวภาพ

ตารางที่ 2.1

แสดงให้เห็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบทกับระดับบุคคล (Personal) ระดับท้องถิ่นหรือประเทศ (Local and National) และระดับโลก (Global) (ต่อ)

บริบท	ระดับบุคคล (Personal)	ระดับท้องถิ่น/ประเทศ (Local and National)	ระดับโลก (Global)
			- การสูญพันธุ์ครั้งใหญ่ - ปรากฏการณ์ทะเลกรด
ภัยอันตราย	- การประเมินความเสี่ยงภัยจากการดำเนินวิถีชีวิต	- การประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงกะทันหัน เช่น แผ่นดินไหว	- ภัยคุกคามที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ความก้าวหน้าและความท้าทายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีร่วมสมัย	- แง่มุมทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ (เช่น การปรับแต่งยีน โลกเสมือนจริง)	- สภาพอากาศเลวร้าย การเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง (เช่น การกัดเซาะชายฝั่ง การเกิดตะกอน) - การจดจำใบหน้า - วัสดุ เครื่องมือและกระบวนการใหม่ - การดัดแปรพันธุกรรม - เทคโนโลยีเกี่ยวกับสุขภาพ - การคมนาคมขนส่ง - การใช้ปัญญาประดิษฐ์	- ผลกระทบจากการติดต่อสื่อสารยุคใหม่ - พลังงานและการผลิตพลังงาน (เช่น การผลิตปิโตรเลียมด้วยเทคโนโลยีขุดเจาะขั้นหิน พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานจากแก๊สธรรมชาติ) - การสำรวจอวกาศ - จุดกำเนิดและโครงสร้างของเอกภพ

หมายเหตุ. บริบทสำหรับการประเมินความรู้ทางวิทยาศาสตร์ PISA 2025. จาก “PISA 2025 Science Framework” โดย OECD, 2023. น. 20

2.1.2.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge)

วิทยาศาสตร์ (Science) มาจากภาษาละตินว่า Scientia ที่มีความหมายว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตและการสืบค้น การพิสูจน์จากหลักฐานเชิงประจักษ์ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์และจัดระเบียบเป็นหมวดหมู่ (คณะกรรมการวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต, 2556) สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) ให้ความหมายของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความเข้าใจในข้อเท็จจริง แนวคิดหลัก และทฤษฎีสำคัญที่ทำให้เกิดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge)

เป็นความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับธรรมชาติ ในการประเมินความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาหลัก คือวิชาฟิสิกส์, วิชาชีววิทยา, วิชาเคมี และวิชาวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ

- ความรู้เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง
- แสดงให้เห็นถึงแนวคิดหรือทฤษฎีที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์

เป็นที่ยอมรับและมีประโยชน์ที่ยั่งยืน

- เหมาะสมกับระดับพัฒนาการในช่วงอายุ 15 ปี

หมวดหมู่เนื้อหาและตัวอย่างการประเมินความรู้ด้านเนื้อหา วิทยาศาสตร์โดยความรู้ดังกล่าวเป็นการทำความเข้าใจธรรมชาติของโลกในบริบทระดับบุคคล ระดับท้องถิ่น/ประเทศ หรือในระดับโลก โดยกรอบการประเมินจะใช้คำว่า “ระบบ” แทนคำว่า “วิทยาศาสตร์” ในการอธิบายความรู้ด้านเนื้อหา ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นถือเป็นส่วนย่อยของระบบทั้งหมด เช่น ระบบการทำงานในร่างกายเป็นส่วนหนึ่งของร่างกายมนุษย์ ดังนั้นการใช้ความรู้ วิทยาศาสตร์หรือทักษะทางวิทยาศาสตร์จะต้องพิจารณาบริบทที่นำไปใช้ PISA 2025 ได้กำหนด กรอบการประเมินความรู้ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ใน

ระบบทางกายภาพ (Physical Systems)

- โครงสร้างและสมบัติของสสาร (เช่น แบบจำลองอนุภาค, พันธะ, เปลี่ยนสถานะของสสาร และ การนำความร้อนและการนำไฟฟ้า)
- การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสสาร (เช่น ปฏิกิริยาเคมี, การเปลี่ยนแปลงพลังงาน และกรด-เบส)
- การเคลื่อนที่และแรง (เช่น ความเร็ว, ความเสียดทาน) และ แรงที่กระทำต่อวัตถุโดยส่งผลของแรงมาจากกระยะไกล (เช่น แรงแม่เหล็ก, แรงโน้มถ่วงและแรงแม่เหล็กไฟฟ้า)

- พลังงานและการเปลี่ยนรูปพลังงาน (เช่น การอนุรักษ์พลังงาน, การสูญเสียพลังงานและปฏิกิริยาเคมี)

- อันตรกิริยาระหว่างพลังงานและสสาร (เช่น คลื่นแสง, คลื่นวิทยุ, คลื่นเสียง, คลื่นไหวสะเทือน การดูดซับรังสีของคาร์บอนไดออกไซด์)

ระบบสิ่งมีชีวิต (Living Systems)

- แนวคิดเรื่องสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยเรื่องสัตว์, พืช และจุลินทรีย์ (เช่น ไวรัส แบคทีเรีย)

- ยีน ประกอบด้วยโครงสร้างและหน้าที่, พลังงาน, การหายใจ (การออกซิไดส์ของคาร์บอน) การสังเคราะห์ด้วยแสง (การตรึงคาร์บอน) การเจริญเติบโตและอื่น ๆ

- ระบบในพืชและสัตว์ สุขภาพและการดูแลสุขภาพ (เช่น การหมุนเวียน, การลำเลียง, การสืบพันธุ์, การหายใจ, การลำเลียง, การขับถ่าย, การย่อยสลายอาหาร) และความสัมพันธ์ของระบบต่าง ๆ

- วิวัฒนาการทางชีววิทยา (ความหลากหลายทางชีวภาพ, การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม, การปรับตัว (Adaptation) และคัดสรรทางธรรมชาติ (Natural Selection)

- ระบบนิเวศ (เช่น การถ่ายทอดสสารและพลังงาน, โซ่อาหาร, แหล่งที่อยู่อาศัย, ประชากร)

- ไบโอสเฟียร์ (เช่น ความยั่งยืนในระบบนิเวศ)

- ปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์มีอิทธิพลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตสปีชีส์อื่นและความยั่งยืน

ระบบโลกและอวกาศ (Earth and Space Systems)

- โครงสร้างของระบบโลก (เช่น บรรยากาศ, อุทกภาค, ธรณีภาครวมทั้งการแปรสัณฐานของเปลือกโลกและแผ่นดินไหววิทยา)

- ทรัพยากรแร่ธาตุที่มีจำกัด การใช้ทรัพยากรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

- พลังงานในระบบโลก (เช่น แหล่งพลังงาน, ภาวะโลกร้อน, การแปรสัณฐานของเปลือกโลก, การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา และวัฏจักรน้ำ)

- น้ำ แห้งน้ำและการอนุรักษ์ (เช่น น้ำจืด, ชั้นหินอุ้มน้ำ)
- ปฏิสัมพันธ์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบของโลก (เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, วัฏจักรธรณีเคมี, การแปรสัณฐานที่ทำให้เกิดการสร้างและการทำลาย)
- ประวัติศาสตร์โลก (เช่น ซากดึกดำบรรพ์ กำเนิดและวิวัฒนาการ การก่อก้อนและการทับถม)
- โลกในอวกาศ (เช่น ข้างขึ้น-ข้างแรม ระบบสุริยะ กาแล็กซี)
- การกำเนิดของเอกภพและระบบสุริยะ (เช่น วิวัฒนาการของดาวฤกษ์ การเกิดดาวเคราะห์ ทุลุมปิกแบง)

นอกจากความรู้ด้านเนื้อหา การศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องสร้างองค์ความรู้ขึ้นได้นั้นขึ้นอยู่กับการปฏิบัติที่สัมพันธ์กัน โดยนักวิทยาศาสตร์จะต้องใช้เกี่ยวกับการตั้งคำถามเกี่ยวกับโลกวัตถุ พัฒนาและใช้แบบจำลอง วางแผนและดำเนินการสำรวจ วิเคราะห์และตีความข้อมูล ใช้คณิตศาสตร์ในการคิดเชิงคำนวณ สร้างคำอธิบาย มีส่วนร่วมในการโต้แย้งจากข้อมูลที่มี ได้รับ ประเมินและสื่อสารข้อมูล ซึ่งในกระบวนการนี้นักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) และ ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge)

(2) ความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge)

เป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสืบเสาะความรู้ ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความถูกต้องในการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบซ้ำเพื่อลดความผิดพลาดและลดความไม่แน่นอน การควบคุมตัวแปร และการมีกระบวนการมาตรฐานเพื่อนำเสนอและสื่อสารข้อมูล ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้เป็นส่วนประกอบในความรู้ด้านกระบวนการโดยใช้แนวคิด “concept of evidence” ลักษณะทั่วไปของความรู้ด้านกระบวนการที่จะทดสอบนักเรียนครอบคลุมถึง

- แนวคิดเรื่องตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
 - แนวคิดเรื่องการวัด เช่น เชิงปริมาณ (การวัด) เชิงคุณภาพ (การสังเกต)
- การใช้มาตรวัดและการวัดตัวแปรเชิงกลุ่มและตัวแปรต่อเนื่อง
- วิธีการประเมินและลดข้อผิดพลาด เช่น การวัดซ้ำและการหาค่าเฉลี่ย
 - กลไกในการยืนยันความเที่ยงตรงของข้อมูล (ความใกล้เคียงของค่าที่ได้จากการวัดปริมาณซ้ำ) และความถูกต้องของข้อมูล (ค่าใกล้เคียงที่ได้จากการวัดกับค่าจริง)

- วิธีการทั่วไปในการสรุปและนำเสนอข้อมูลโดยใช้ตาราง กราฟ และแผนภูมิอย่างเหมาะสม
- วิธีการควบคุมตัวแปร และบทบาทของการควบคุมตัวแปรในการออกแบบการทดลองหรือการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม เพื่อลดความผิดพลาดของผลที่เกิดขึ้น และการระบุกลไกของสาเหตุที่อาจเป็นไปได้
- ลักษณะของการออกแบบที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนด เช่น การทดลอง การสำรวจตรวจสอบภาคสนามหรือการค้นหารูปแบบ และบทบาทของกลุ่มควบคุมในการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล
- กระบวนการต่าง ๆ ในการหาหลักฐานหรือข้อมูลจะต้องผ่านการตรวจสอบในกระบวนการวิทยาศาสตร์เพื่อให้ความรู้ที่ได้จากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ

(3) ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge)

จำเป็นสำหรับกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสะท้อนบทบาทที่วิทยาศาสตร์สร้างขึ้น ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge) จะให้เหตุผลกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์มีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ และเป็นการกำหนดทิศทางการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้คือการทำความเข้าใจโครงสร้างและลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกระบวนการสร้างความรู้ เช่น ข้อคำถาม การสังเกต ทฤษฎี สมมติฐาน แบบจำลอง และการอภิปรายโต้แย้งในทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อกระบวนการสร้างความรู้และความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกและเพื่อทำนายเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และการยอมรับรูปแบบที่หลากหลายในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และบทบาทในการตรวจสอบจากผู้อื่นที่ทำให้ความรู้ที่สร้างขึ้นนั้นน่าเชื่อถือ

ลักษณะสำคัญความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ บทบาทของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการทำงานร่วมกันและการเป็นชุมชนของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ PISA 2025 กำหนดกรอบการประเมินความเข้าใจโครงสร้างและการระบุลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์

แบบจำลอง (Model)

- ความเข้าใจเกี่ยวกับโลกวัตถุโดยใช้แบบจำลองทางกายภาพ
- แบบจำลองเชิงความคิด แบบจำลองเชิงระบบ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในวิทยาศาสตร์ เช่น แบบจำลองอนุภาคของสาร
- ความแตกต่างระหว่างแบบจำลองและสภาพความเป็นจริง เช่น แบบจำลองที่แสดงสิ่งเล็ก ๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้หรือขนาดใหญ่เกินกว่าจินตนาการ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์
 - แบบจำลองช่วยในการทำนายและอธิบายได้อย่างไร เช่น แบบจำลองการเคลื่อนที่ของโลก-ดวงอาทิตย์เป็นรายวัน
 - ข้อจำกัดของแบบจำลองซึ่งจำกัดการใช้งานของแบบจำลองนั้น เช่น จำนวนตัวแปร แบบจำลองอย่างง่ายกับแบบจำลองที่ซับซ้อน คุณภาพของข้อมูลที่ได้ข้อมูลและหลักฐานประกอบคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
 - การใช้ข้อมูล วิธีการ การวิเคราะห์ และการประเมิน มาสนับสนุน คำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
 - การสร้างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เช่น ลักษณะการปฏิบัติของนักวิทยาศาสตร์
 - ความคลาดเคลื่อนในการวัดส่งผลต่อระดับของความเชื่อมั่นในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
 - การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสำรวจตรวจสอบด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทดลอง การศึกษาภาคสนามและบทบาทของงานนั้น การทดลองที่มีการควบคุมการค้นหารูปแบบ
 - ประเภทของการให้เหตุผล การรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ แล้วสร้างข้อสรุป (แบบนิรนัย) การสร้างสมมติฐานจากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ (แบบสมมติฐาน) การสร้างข้อสรุปจากการสังเกต (แบบอุปนัย) การคิดตามหลักความน่าจะเป็น ที่ใช้ในการสร้างความรู้และเป้าหมายของการใช้ความรู้ (เพื่อการทดสอบสมมติฐานเชิงอธิบายหรือการระบุรูปแบบและเอกลักษณ์) ตัวอย่างเช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (แบบนิรนัย) พันธุศาสตร์เมนเดล (แบบอุปนัย) ทฤษฎีวิวัฒนาการ (แบบสมมติฐาน)

- ประเด็นขัดแย้งทางจริยธรรมที่เกิดขึ้นในการทำงานวิทยาศาสตร์ เช่น การทดลองกับสัตว์ ความขัดแย้งในแง่ของผลประโยชน์ส่วนตัว
- บทบาทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับความรู้ด้านอื่น ๆ ในการระบุและแก้ไขปัญหาทางสังคมและเทคโนโลยี รวมถึงข้อจำกัดในการใช้ความรู้ธรรมชาติของการทำงานร่วมกันและการเป็นชุมชนวิทยาศาสตร์
- วิธีการได้รับทุนหรือการสนับสนุนงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์เฉพาะทาง เช่น จากภาครัฐ จากภาคเอกชนและกลไกในการตัดสินใจ
- ความสำคัญของการเห็นพ้องต้องกันในการรับรองความเชื่อ
- การสร้างความเชื่อมั่นในคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ และการฟังพหุชุมชนวิทยาศาสตร์
- หลักปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ดำเนินการโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างความร่วมมือ การรู้ถึงบทบาทและธรรมชาติของการทำงานร่วมกัน
- ข้อจำกัดของความเชื่อมั่นและความมั่นใจในข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ วิธีการนำเสนอ วิวัฒนาการของความเชื่อมั่น และบทบาทของการเห็นพ้องต้องกัน
- วิธีการสื่อสารข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ในชุมชนวิทยาศาสตร์และการสื่อสารสู่สาธารณะ เช่น เอกสารก่อนตีพิมพ์ วารสารที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้น ๆ การสื่อสารสู่สาธารณะ

2.1.2.3 สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies)

สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ความยั่งยืน และเทคโนโลยีอย่างสมเหตุสมผล เพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติ PISA 2025 กำหนดกรอบโครงสร้างสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) สำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically)

สมรรถนะนี้เป็นความสามารถในการรับรู้ สร้าง ประยุกต์ใช้และประเมินคำอธิบายแนวทางแก้ไขของปัญหาหรือปรากฏการณ์ตามธรรมชาติและทางเทคโนโลยีที่หลากหลาย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ต้องการมากกว่าความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) ที่แสดงถึงความสามารถในการจำและการใช้ทฤษฎี หรือแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ในการอธิบายข้อมูลและข้อเท็จจริง การเสนอคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจกระบวนการสืบเสาะซึ่งให้ได้มาของความรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ จะต้องอาศัยความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) และเข้าใจบทบาทโครงสร้างและลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกระบวนการสร้างความรู้จะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ (Epistemic Knowledge)

- ระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยเหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐาน

- การใช้รูปแบบต่าง ๆ ในการแสดงแทนของความรู้และสามารถแปลความหมายข้อมูลเหล่านี้กลับไปกลับมาได้

การอธิบายและการให้เหตุผลปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยรูปแบบการนำเสนอหรือการสื่อสารที่หลากหลาย เช่น การอนุมานทางคณิตศาสตร์ การสำรวจเชิงทดลอง การสร้างแบบจำลองสมมุติ การจัดหมวดหมู่และการจำแนก การคิดเชิงความน่าจะเป็น และเชิงสถิติ และการให้เหตุผลเชิงวิวัฒนาการตามประวัติศาสตร์

- การสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

การทำนายหรือการสร้างสมมติฐานจะต้องมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยทฤษฎี แนวคิดหรือหลักฐาน เพื่อให้คำกล่าวอ้างมีความน่าเชื่อถือ เช่น ในการตั้งสมมติฐานวัตถุใดสามารถลอยน้ำได้ โดยอาศัยความรู้เรื่องความหนาแน่นสัมพัทธ์

- การระบุ สร้างแบบจำลอง และประเมินแบบจำลองนั้นได้

สร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผล ตามแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองไม่สามารถกล่าวอ้างตามสภาพของความเป็นจริงได้ เช่น แบบจำลองอะตอมของโบร์ ซึ่งแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นไม่ได้เหมือนกับสภาพของความเป็นจริงของอะตอม แบบจำลองเป็นเพียงตัวแทนที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ การสร้างความเข้าใจในด้านข้อจำกัดและหน้าที่ของแบบจำลองเพื่อนำไปสื่อสารคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

- การรับรู้และสร้างสมมติฐานเชิงอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

การทำนายหรือการสร้างสมมติฐานจะต้องมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยทฤษฎี แนวคิดหรือหลักฐาน เพื่อให้คำกล่าวอ้างมีความน่าเชื่อถือเช่น ในการตั้งสมมติฐานวัตถุใดสามารถลอยน้ำได้ โดยอาศัยความรู้เรื่องความหนาแน่นสัมพัทธ์

- การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม

การใช้ความรู้เกี่ยวกับเชื้อไวรัสและแบคทีเรียในการกำหนด นโยบายทางสังคมเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อ หรือการใช้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางเคมีเพื่อหาวิธีแก้ปัญหายังยืง เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่ที่ใช้กันได้นานขึ้น

(2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ (Construct and evaluate designs for scientific enquiry and interpret scientific data and evidence critically)

สมรรถนะนี้เป็นความสามารถในการออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการระบุคำถามอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และการแปลความหมายข้อมูล

- การระบุคำถามในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้

สมรรถนะนี้ต้องใช้ความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อระบุคำถามที่เหมาะสมและตีความสิ่งที่ค้นพบ แยกแยะคำถามที่เหมาะสมสำหรับการกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากคำถามประเภทอื่น ๆ

- การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมเพื่อตอบคำถาม

สมรรถนะนี้มีคุณลักษณะสำคัญต้องอาศัยความรู้ด้านกระบวนการ (Procedural Knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) ในปฏิบัติการทดลองและการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบอื่น เช่น ในปฏิบัติการทดลอง การวัดปริมาณ การควบคุมตัวแปรหรือตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง การดำเนินการเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมีความน่าเชื่อถือ

- การประเมินการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการตอบคำถามหรือไม่

การประเมินและตัดสินใจปฏิบัติตามขั้นตอนตามการออกแบบการทดลอง ที่เหมาะสม การประเมินหลักฐานทางวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น การแจกแจงแบบปกติ, ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยและมัธยฐาน การลดข้อผิดพลาดในปฏิบัติการทดลองด้วยการวัดซ้ำ (รวบรวมจำนวนข้อมูลที่มากขึ้น) สร้างเครื่องมือที่มีความแม่นยำขึ้น และใช้สถิติ เช่น การหาค่าเฉลี่ย ประเมินระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล

- การตีความข้อมูลที่มีการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ สามารถลงข้อสรุปที่เหมาะสมจากข้อมูลและประเมินข้อดีที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเหล่านั้นได้

สมรรถนะนี้จะต้องอาศัยการตีความและการเข้าใจรูปแบบของข้อมูลหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายหรือสรุปผลจากข้อมูลในรูปแบบที่สามารถทำความเข้าใจ

เข้าใจได้ง่าย เช่น แผนภูมิการติดเชื้อไวรัสโคโรนา ข้อมูลคุณภาพอากาศ หรือสถิติประชากร การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์หรือสรุปข้อมูล และความสามารถในการแปลงข้อมูลที่นำเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น การประเมินวิธีการเลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการตอบคำถามวิทยาศาสตร์ที่กำหนด

(3) การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ (Research, evaluate and use scientific information for decision making and action)

สมรรถนะนี้เป็นความสามารถในการศึกษาค้นคว้า ประเมินข้อมูล คำกล่าวอ้างและข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอในรูปแบบและบริบทต่าง ๆ และสามารถลงข้อสรุปที่เหมาะสม

- การสืบค้น ประเมิน และสื่อสารเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ (ข้อมูลในเชิง วิทยาศาสตร์ สังคม เศรษฐกิจ และจริยธรรม) ซึ่งอาจมีความสำคัญหรือมีคุณค่ากับการตัดสินใจใน ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ว่าสนับสนุนข้อโต้แย้งหรือแนวทางการแก้ปัญหาเหล่านั้นหรือไม่

- การแยกแยะระหว่างคำกล่าวอ้างที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนหรือคำกล่าวอ้างจาก ผู้เชี่ยวชาญกับคำกล่าวอ้างจากผู้ที่ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญหรือเป็นความเห็นของบุคคลทั่วไป รวมถึงสามารถ ให้เหตุผลเกี่ยวกับการแยกแยะนั้นได้

- การสร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมจากชุดข้อมูล

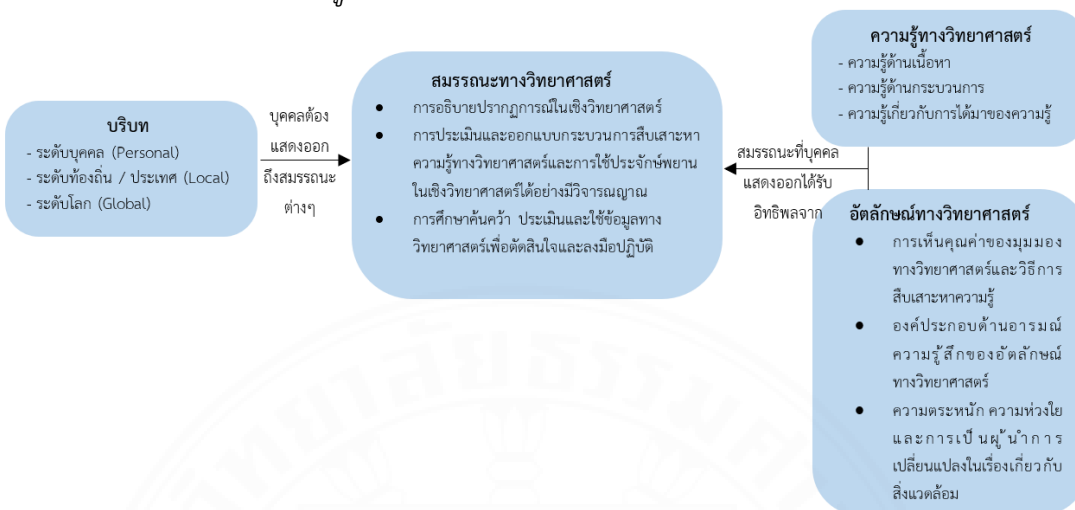
- การวิจารณ์ข้อบกพร่องที่พบบ่อยในข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ การได้มาของความรู้และความรู้ด้านกระบวนการ เช่น การตั้งสมมติฐานที่ไม่ดี สาเหตุกับความสัมพันธ์คำอธิบายที่ไม่ถูกต้อง และการสรุปจากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด

- การตัดสินใจโดยใช้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับส่วนตัวหรือส่วนรวม ที่มีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาในปัจจุบันหรือสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน

การประเมินความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ตามแนวทางของ PISA กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกันดังภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1

กรอบการประเมินความฉลาดรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ PISA 2025



หมายเหตุ. จาก “PISA 2025 Science framework” โดย OECD, 2023

2.1.3 ระดับการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์

PISA 2018 ได้กำหนดระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ รายละเอียดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2

แสดงระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตามกรอบการประเมิน PISA 2025

ระดับ	ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
6	1. สามารถทำภาระงานวิทยาศาสตร์ที่ยาก ๆ ได้ สำเร็จสมบูรณ์เกือบทุกข้อ 2. สามารถดึงเอาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้กรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กายภาพ ชีวภาพ และ โลกและอวกาศ มาสัมพันธ์กันได้ 3. สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหา ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ในการให้คำอธิบายทางทฤษฎีหรือคาดคะเนปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือกระบวนการที่ไม่คุ้นเคย หรือทำนายผลของเหตุการณ์ ในการตีความ แปลความ ข้อมูลและประจักษ์พยาน 4. สามารถแยกแยะสาระที่สอดคล้องและไม่สอดคล้องกับข้อมูลออกจากกันได้ 5. สามารถดึงเอาความรู้ภายนอกเข้ามาใช้กับเรื่องที่เรียนรู้ได้

ตารางที่ 2.2

แสดงระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์
ตามกรอบการประเมิน PISA 2025 (ต่อ)

ระดับ	ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
	6. สามารถบอกความแตกต่างของข้อโต้แย้งได้ว่าข้อโต้แย้งใดมีพื้นฐานบนประจักษ์พยาน และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อโต้แย้งใดเป็นความคิดเห็นหรือข้อพิจารณาของผู้อื่น 7. สามารถประเมินความเหมาะสมของการออกแบบเพื่อการทดลอง การสำรวจ ตรวจสอบการเก็บข้อมูลภาคสนาม หรือการจำลอง สถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ 8. สามารถให้เหตุผลที่เหมาะสมเพื่อประกอบการตัดสินใจได้
5	1. สามารถใช้กรอบความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ กระบวนการหรือเหตุการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและความซับซ้อนมากขึ้นได้ 2. สามารถใช้กระบวนการความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ที่มีความซับซ้อน ในการประเมินการออกแบบ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3. สามารถให้เหตุผลที่เลือกวิธีการทดลองวิธีใดวิธีหนึ่ง 4. สามารถใช้ความรู้ตามทฤษฎีมาตีความหรือทำนายผลได้ 5. สามารถประเมินวิธีการสำรวจตรวจสอบของปัญหาที่กำหนดไว้ในเชิงวิทยาศาสตร์ และระบุข้อจำกัดในการแปลความข้อมูลรวมถึงแหล่งที่มาและผลกระทบ จากความไม่แน่นอนของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้
4	1. สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมมากขึ้นซึ่งอาจเป็นความรู้ ที่มีให้หรือเป็นความรู้ที่จดจำมาเอง เพื่อนำมาใช้สร้างคำอธิบายในเหตุการณ์ หรือกระบวนการที่ซับซ้อนมากขึ้นและไม่คุ้นเคยมาก่อน 2. สามารถทำการทดลองเก็บข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัวแปรขึ้นไปในบริบท ที่มีข้อจำกัด 3. สามารถอธิบายเหตุผลในการออกแบบการทดลองโดยใช้ความรู้ด้านกระบวนการ และความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ 4. สามารถแปลความหมายข้อมูลที่มาจากข้อมูลที่มีความซับซ้อนปานกลาง หรือบริบท ที่ไม่คุ้นเคย และสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและที่ขยายออกไกลกว่าที่ได้จากข้อมูล เฉพาะหน้า 5. สามารถให้เหตุผลสำหรับการเลือกของตนเองได้

ตารางที่ 2.2

แสดงระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์
ตามกรอบการประเมิน PISA 2025 (ต่อ)

ระดับ	ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
3	1. สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาที่มีความซับซ้อนปานกลาง เพื่อระบุบอกประเด็นหรือสร้าง คำอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ที่รู้จักคุ้นเคย 2. สามารถสร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลโดยอาศัยตัวชี้นำหรือตัวสนับสนุนที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย 3. สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือความรู้ด้านกระบวนการ ในการหาความรู้เพื่อดำเนินการทดลองอย่างง่ายในบริบทที่มีข้อจำกัด 4. สามารถแยกแยะอย่างชัดเจนได้ว่าประเด็นใดเป็นวิทยาศาสตร์ (อธิบายได้มีประจักษ์พยาน ตรวจสอบได้ตามกระบวนการวิทยาศาสตร์) และประเด็นใดไม่เป็นวิทยาศาสตร์ 5. สามารถระบุประจักษ์พยาน เพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
2	1. สามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการ เบื้องต้นมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดีความข้อมูลและตั้งปัญหาของเรื่องเพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่าย 2. สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่พบได้ในชีวิตประจำวันเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูล ชุดที่ไม่ซับซ้อนมาก 3. สามารถแสดงว่ามีความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธีหาความรู้ เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์
1a	1. สามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการเบื้องต้นในชีวิตประจำวัน เพื่อรับรู้หรือระบุ คำอธิบายของปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์อย่างง่ายที่ต้องการการคิดไม่มาก 2. สามารถทำการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นแบบแผนที่มีตัวแปรไม่เกินสองตัวแปรได้เมื่อมีตัวช่วยหรือการให้ความช่วยเหลือ 3. สามารถระบุความสัมพันธ์หรือบอกถึงสาเหตุแบบง่ายได้และแปลความข้อมูลที่เป็นภาพหรือกราฟที่ต้องใช้การคิดเพียงเล็กน้อย 4. สามารถเลือกคำอธิบายที่ดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดมาให้ในบริบทที่คุ้นเคยหรือเกี่ยวข้องตรง ๆ กับชีวิตส่วนตัว ท้องถิ่น หรือโลก
1b	1. สามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เบื้องต้นในชีวิตประจำวัน เพื่อนึกถึงปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ในบางแง่มุมที่คุ้นเคยหรือง่าย ๆ

ตารางที่ 2.2

แสดงระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตามกรอบการประเมิน PISA 2025 (ต่อ)

ระดับ	ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
	2. สามารถบอกแบบรูปอย่างง่ายในชุดข้อมูลจากคำศัพท์หรือคำทางวิทยาศาสตร์ ได้ สามารถทำการทดลองตามวิธีการที่บอกไว้ชัดเจนได้

หมายเหตุ. จาก “ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์” โดย สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.), 2564. น. 125 – 126

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) มาจากรากศัพท์ “Construct” ที่แปลว่า “สร้าง” ดังนั้นทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เชื่อว่าการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของนักเรียน โดยนักเรียนนำประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับมา เชื่อมโยงกับองค์ความรู้เดิม และโดยนักเรียนเป็นผู้สร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง เรียกว่าโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือที่เรียกว่า สกีม่า (Schema) คือ ความรู้แต่ไม่ใช่การจำข้อมูลหรือสารสนเทศเท่านั้น โดยแต่ละบุคคลจะสร้างโครงสร้างทางปัญญาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับประสบการณ์เดิมของแต่ละบุคคล

กลุ่มแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างมากกว่า การรับความรู้ ดังนั้น เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์จะสนับสนุนให้นักเรียน สร้างองค์ความรู้มากกว่าการพยายามสอนหรือถ่ายทอดความรู้ให้นักเรียน ดังนั้นกลุ่มแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ จะเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เหมาะสมของแต่ละบุคคล และสิ่งแวดล้อมมีความสำคัญในการสร้างความหมายตามความเป็นจริง (Duffy & Cunningham, 1996)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ทางปัญญา (Cognitive Constructivist) มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการเชิงปัญญาของเพียเจต์คือ การพัฒนาสติปัญญาเป็นผลจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม โดยการเรียนรู้ของบุคคลจะพยายามปรับตัวให้อยู่ในสถานะสมดุลโดยการอาศัยกระบวนการ กระบวนการดูดซึม (Assimilation) กระบวนการในการรับประสบการณ์และข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนักเรียนจะเข้าสู่กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation)

เป็นกระบวนการในการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมและเกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้น

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) การจัดการเรียน การสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) คือการทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้เข้าใจโดยนักเรียนเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ด้วยตนเองครุมีบทบาทในการสร้างบรรยากาศ สร้างกิจกรรม และสิ่งแวดล้อมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนลงมือกระทำในการสร้างความรู้มีนักการศึกษาได้เสนอวิธีการสอนที่มีรูปแบบ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้คือการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะ (Inquiry) เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อัญชลี ด่วงด้อย และ อัมรินทร์ อินทร์อยู่, 2014)

2.2.2 ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)

Seymour Papert จากมหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology (MIT) จากประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ของ Jean Piaget ที่อธิบายลำดับขั้นการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์ เด็กไม่สามารถเรียนรู้หรืออธิบายเรื่องบางเรื่องได้ในช่วงวัยหนึ่ง เนื่องจากความซับซ้อนของเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ และเมื่อถึงลำดับขั้นหรือวัยที่เหมาะสมเด็กจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจต่อเรื่องที่มีความซับซ้อนได้ซึ่ง Papert เชื่อว่าการที่ไม่สามารถเรียนรู้ได้นั้น เกิดจากการขาดสื่อหรืออุปกรณ์ที่ส่งเสริมให้เด็ก ๆ สามารถเกิดการเรียนรู้ ที่เปลี่ยนจากสิ่งที่เรียนรู้ได้ยากกลายเป็นเรื่องง่ายและเกิดเป็นรูปธรรม (ทิตนา แชมมณี, 2545)

2.2.2.1 ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)

ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สามารถจับต้องได้ หรือสามารถมองเห็นอย่างเป็นรูปธรรมโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีการสร้างสรรค์ การสร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีความหมายต่อนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนเกิดการใช้ความคิด ความกระตือรือร้น และเกิดความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองอย่างจริงจัง และประจักษ์ชัดว่าตนเอง “รู้” รวมถึงการใช้ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาเป็นการต่อยอดความคิดสร้างสรรค์ใหม่ต่อไป และการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีความหมายต่อนักเรียนจะทำให้องค์ความรู้ของนักเรียนคงทน (ทิตนา แชมมณี, 2545; สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2544; Seymour Papert, 1990)

สรุปได้ว่าทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) เป็นทฤษฎีในกลุ่มทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) โดยการเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนเป็น

ผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่ง Seymour Papert ได้เสนอความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) เพิ่มเติมการนำองค์ความรู้ไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยการอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม และมีความหมายต่อนักเรียนและเป็นแรงผลักดันให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง

2.2.2.2 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism)

Seymour Papert (1990) การจัดการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) จะต้องอาศัยสิ่งแวดล้อมหรือองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ทางเลือก (Choice) การมีความหลากหลาย (Diversity) และการมีความเป็นกันเอง (Congeniality)

1) ทางเลือก (Choice) คือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกสร้างหรือลงมือปฏิบัติที่ตนสนใจ เมื่อนักเรียนมีเป้าหมายของสิ่งที่จะสร้างหรือสิ่งที่ตนสนใจ นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นและมีความรับผิดชอบในการทำงานจนสำเร็จทำให้นักเรียนมีความรู้สึกเป็นเจ้าของและรู้สึกมีส่วนร่วมในการสร้างขึ้นมา ซึ่งหากนักเรียนมีเป้าหมายและสิ่งที่ยากจะทำได้แสดงว่านักเรียนสามารถเชื่อมความรู้จากทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติได้ บทบาทและหน้าที่ของครูผู้สอนคือการกำหนดหัวข้อหรือขอบเขตภายใต้เครื่องมือหรือสภาพแวดล้อมเช่นเดียวกัน เพื่อเป็นแนวทางหรือการให้นักเรียนมีเป้าหมายการเรียนรู้ไปในแนวทางเดียวกัน

2) การมีความหลากหลาย (Diversity) ความหลากหลายมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) สามารถจำแนกได้ 2 ประการ

2.1 ความหลากหลายด้านทักษะ (Diversity of skills) การจัดการเรียนรู้ ที่นักเรียนมีทักษะที่หลากหลาย แตกต่างกันหลายระดับตั้งแต่ระดับฝึกหัดจนถึงผู้ที่มีทักษะระดับเชี่ยวชาญ ซึ่งในบางครั้งคือกลุ่มของนักเรียนมีช่วงอายุที่แตกต่างกันมาเรียนภายใต้บรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งแต่ละบุคคลจะมีความถนัด ความสามารถและทักษะแตกต่างกัน และซึ่งในสภาพของความหลากหลายผู้ที่มีประสบการณ์น้อยกว่า จะสามารถการเรียนรู้จากผู้ที่มีทักษะมากกว่าตนเอง และผู้ที่มีทักษะมากกว่าก็แลกเปลี่ยน ช่วยเหลือหรืออธิบายให้กับผู้ที่มีทักษะน้อยกว่า ทำให้เกิดความภาคภูมิใจที่ได้ช่วยเหลือและอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้กับผู้อื่นได้

2.2 ความหลากหลายด้านรูปแบบ (Diversity of Style) ความหลากหลายในวิธีการสร้างงาน เนื่องจากไม่มีวิธีการสร้างงานที่ถูกต้องที่สุด วิธีการสร้างงานขึ้นอยู่กับความถนัดของแต่ละบุคคล ไม่สามารถใช้ความคิดเห็นส่วนตนในการตัดสินความเหมาะสมในวิธีการสร้างงานของคนอื่น ซึ่งจะต้องให้นักเรียนเกิดการยอมรับและเชื่อถือในวิธีการสร้างงานของผู้อื่น

3) การมีความเป็นกันเอง (Congeniality) ความเป็นกันเองและความเป็นมิตร ของสมาชิกในกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ นักเรียนและครูผู้สอน บทบาทของครูผู้สอน คือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดหรือสร้างงานด้วยตนเอง และให้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น ช่วยเหลือกัน เกิดความสามัคคี และมิตรภาพที่ดีต่อกันในระหว่างการทำงาน ครูผู้สอนจะต้องให้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงาน บรรยากาศ ที่เป็นกันเองและความเป็นมิตรจะเอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

ผู้ศึกษาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) จะต้องมีการจัดเตรียมสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีองค์ประกอบดังนี้ 1) ทางเลือก (Choice) คือการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกสร้างหรือลงมือปฏิบัติที่ตนสนใจ 2) ความหลากหลาย (Diversity) ในด้านทักษะ คือการจัดให้นักเรียนมีระดับความรู้ที่แตกต่างกัน เก่ง กลาง และอ่อน ได้ทำงานร่วมกัน ด้านรูปแบบ นักเรียนสามารถสร้างงานได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความถนัดของนักเรียน และ 3) ความเป็นกันเอง (Congeniality) การสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองและความเป็นมิตรที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน เปิดโอกาสและพื้นที่ให้นักเรียนคิดหรือสร้างงานด้วยตนเอง แลกเปลี่ยนประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น และช่วยเหลือกันในระหว่างการทำงาน

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงกระบวนการหรือวิธีการที่หลากหลาย ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และอธิบายสิ่งเหล่านั้นด้วยข้อมูลหลักฐานจากกระบวนการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ยังหมายถึงกิจกรรมที่นักเรียนได้พัฒนาความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเข้าใจกระบวนการหรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาสิ่งต่าง ๆ บนโลก (National Research Council, 2000)

2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนการสอน ที่เน้นการแสวงหาความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะแสวงหาความรู้โดยครูผู้สอนมีหน้าที่ในการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยคอยอำนวยความสะดวกต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (ภพ เลหาไพบุลย์, 2540)

จากการศึกษาความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ นั้นพบว่า สามารถแบ่งความหมายออกเป็น 2 กลุ่ม (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) กลุ่มที่ 1 คือ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการ สืบเสาะโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาคำตอบหรือองค์ความรู้ ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 1) การตั้งคำถาม 2) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ 3) การวิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถาม 4) เชื่อมโยงหรือเปรียบเทียบคำอธิบายของตนเองและผู้อื่น และ 5) การเผยแพร่ผลงานสิ่งที่ศึกษาให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างชัดเจน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) กลุ่มที่ 2 ได้อธิบายถึงการสืบเสาะหาความรู้ คือกระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติ แก้ไขปัญหา และ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ กระตุ้นให้นักเรียนสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง (ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551)

สรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนลงมือ ปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกสร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมกระตุ้นให้นักเรียนสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2.3.2 คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000) กำหนดลักษณะที่จำเป็นของห้องเรียนที่มีการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Settlage & Southerland, 2012)

1) นักเรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ (Learner engages in scientifically oriented questions) การตั้งข้อสังเกตหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งคำถามของนักเรียน นำไปสู่การตรวจสอบและการตั้งสมมติฐาน ครูผู้สอนมีหน้าที่ในการช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการตั้งคำถามของ นักเรียนสามารถสำรวจตรวจสอบได้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของคำถามที่ตั้งขึ้น (Learners give priority to evidence) การปฏิบัติเพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ เช่น การสำรวจตรวจสอบ หรือการทดลอง นักเรียนจะต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์โดยการเก็บรวบรวม ข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำ นักเรียนจะต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม ครูผู้สอนมีหน้าที่ในการฝึกทักษะของนักเรียน ในการเลือกใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี (Learners formulate explanations from evidence to address scientifically oriented questions) การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานจะต้องมี ความสอดคล้องกับผลการทดลองและการสังเกต ข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถูกจัดกระทำ เพื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างคำอธิบาย ใช้กระบวนการคิดที่มีความสัมพันธ์กับทางวิทยาศาสตร์การอธิบาย จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียน

4) นักเรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learners evaluate their explanations scientific knowledge) นักเรียนควรตรวจสอบคำอธิบายของตนเองนั้นได้มีความสอดคล้องหรือ แตกต่างจากองค์ความรู้ หลักการ กฎ แนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่มีในปัจจุบันหรือไม่

5) นักเรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล (Learners communicate and justify their proposed explanations) การแลกเปลี่ยนคำอธิบายของตนเองกับผู้อื่น เปิดโอกาส ให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เพื่อการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เป็นการฝึกให้นักเรียนให้ข้อเสนอแนะและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น

ตารางที่ 2.3

คุณลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของสภาวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 2000)

คุณลักษณะสำคัญ	รูปแบบสืบเสาะหาความรู้			
	นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม	นักเรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่	นักเรียนปรับคำถามจากครูผู้สอนหรือจากแหล่งข้อมูลอื่น	นักเรียนมีความสนใจคำถามจากสื่อการสอนของครูหรือแหล่งข้อมูลอื่น
1) นักเรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถาม	นักเรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่	นักเรียนปรับคำถามจากครูผู้สอนหรือจากแหล่งข้อมูลอื่น	นักเรียนมีความสนใจคำถามจากสื่อการสอนของครูหรือแหล่งข้อมูลอื่น
2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของคำถามที่ตั้งขึ้น	นักเรียนกำหนดข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามและรวบรวมข้อมูล	นักเรียนได้รับการชี้แนะในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	นักเรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	นักเรียนได้รับข้อมูลและการบอกเล่าเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การสืบเสาะแบบมีผู้กำหนดแนวทาง (Guided Inquiry) การสืบเสาะหาความรู้ที่ครูผู้สอนลดระดับ บทบาทของการมีส่วนร่วมลง นักเรียนมีบทบาทมากขึ้น ครูผู้สอนกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบและดำเนินการตรวจสอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเท่าที่จำเป็น

2) การสืบเสาะแบบไม่กำหนดแนวทาง (Less Guided Inquiry) ครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดปัญหา หรือตั้งคำถามวิทยาศาสตร์และเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ตั้งสมมติฐาน วางแผนปฏิบัติการทดลองและสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้แก่ นักเรียน ในการสืบเสาะหาความรู้

3) การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิดอิสระ (Open Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สร้าง คำถามด้วยตนเอง และออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง ครูผู้สอนมีหน้าที่เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์เท่านั้น

2.3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

ผู้ศึกษาได้เลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะแบบมีผู้กำหนดแนวทาง (Guided inquiry) เป็นการ สืบเสาะที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สรุป และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนทำหน้าที่ในการให้ คำแนะนำ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการสอนดังนี้ (ประสาทเนืองเฉลิม ,2558; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียน เกิดความสนใจและอยากรู้อยากเห็นในสถานการณ์หรือเหตุการณ์ ประเด็นที่ต้องการสืบเสาะ โดยการเริ่มจากการตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ครูผู้สอนนำเสนอแก่นักเรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) การวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนเป็นผู้สร้างประสบการณ์ ตรวจสอบ รวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ครูผู้สอนมีหน้าที่ให้คำแนะนำแก่นักเรียน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) กระบวนการการนำข้อมูลสารสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ครูผู้สอนอาจใช้คำถาม ในการแนะนำแนวทางในการสรุปผล และวิเคราะห์ผลและสามารถอธิบายเหตุผลได้

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการนำความรู้ที่สร้างขึ้น เชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5) **ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)** การประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อทดสอบ ความเข้าใจของนักเรียน ครูผู้สอนสามารถใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปหรือหลักเกณฑ์สำคัญของบทเรียน

2.3.5 บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E

บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวก สร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมกระตุ้นให้นักเรียนสร้างการเรียนรู้ด้วยตนเอง และบทบาทของ นักเรียนคือนักเรียนลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2540)

ชลธิชา เก็นซ์ (2562) ได้สรุปและนำเสนอบทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ 5 ขั้น ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4

บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจแก่นักเรียน - ตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหา	- ตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหา - อภิปรายประเด็นนั้น ๆ ร่วมกัน - แสดงความสนใจในประเด็นนั้น
2. ขั้นสำรวจและ ค้นหา (Exploration)	- ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจและค้นหาคำตอบของนักเรียน - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจและค้นหาคำตอบ	- วางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน - ลงมือปฏิบัติใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจและค้นหา - เก็บรวบรวมข้อมูล
3. ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายการแก้ไขปัญหาหรือคำตอบที่ได้จากการสำรวจค้นหา - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ - ให้นักเรียนอธิบายคำจำกัดความ	- อธิบายการแก้ไขปัญหาหรือคำตอบที่ได้จากการสำรวจค้นหา - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจค้นหาในการสร้างคำอธิบาย - รับฟังคำอธิบายของเพื่อนในกลุ่ม

ตารางที่ 2.4

บทบาทครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	และบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจาก ปรากฏการณ์	
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนนำองค์ความรู้ ที่ได้ ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือ เหตุการณ์อื่น ๆ - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อ้างอิง ข้อมูล และแสดงหลักฐานและ คำถามกับสิ่งที่นักเรียนได้พบ	- นำความรู้ไปปรับประยุกต์ใช้ อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ อื่น ๆ - แสดงข้อมูล หลักฐานในการ แก้ปัญหาตัดสินใจและออกแบบ กระบวนการปฏิบัติงาน - ตรวจสอบความเข้าใจของ ตนเองกับเพื่อนภายในกลุ่ม
5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)	- ประเมินความรู้ของนักเรียน - ตั้งคำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ ข้อสรุปหรือหลักเกณฑ์สำคัญ	- ตอบคำถามโดยอาศัยหลักฐาน เชิงประจักษ์ - อธิบายข้อสรุป

2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1980 มีความต้องการเสริมสร้างการศึกษา วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเปิดโอกาสให้นักการศึกษาได้หาแนวทางในการยกระดับคุณภาพ นักเรียนให้มีความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ซึ่งสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทาง วิทยาศาสตร์อเมริกัน (American Association for the Advancement of Science, AAAS) ได้สร้างโครงการ 2061 ในปี 1985 เพื่อจะช่วยให้ชาวอเมริกันทุกคนมีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ในปี ค.ศ. 1989 ทางโครงการได้จัดพิมพ์หนังสือ Science for All Americans เพื่อส่งเสริมให้พลเมืองสหรัฐอเมริกา จะต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) และในปี ค.ศ. 1990 สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teachers Association : NSTA) และสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (The National Council of Teachers of Mathematics) รวมทั้ง นักวิจัย นายจ้างอาจารย์มหาวิทยาลัยและนักศึกษาที่มีมติเป็นเอกฉันท์

เรียกร้องให้มีการสอนนวัตกรรมในด้านวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ วิศวกรรมและเทคโนโลยี (SMET) (Breiner, 2012)

ต่อมาสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation : NSF) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แห่งชาติ นำเสนอแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบบูรณาการ ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ไว้ด้วยกัน (ประสาธน์ เนิ่งเฉลิม, 2566) เพื่อเป็นปฏิรูปการศึกษาของอเมริกาและฟื้นฟูความสามารถในการแข่งขันระดับโลก

ในประเทศไทยมีผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง จากรายงานการประเมิน PISA การทดสอบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ยคะแนนของ OECD ในปี ค.ศ. 2000–2018 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยอยู่ในช่วง 421–444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าประเทศสมาชิก OECD ที่อยู่ในช่วง 489–501 ทุกปี และจากการทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ใน PISA ปี ค.ศ. 2018 พบว่านักเรียนไทยร้อยละ 44 มีคะแนนต่ำกว่าระดับสองซึ่งมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานที่นักเรียนในวัยนี้ควรจะมี จากปัญหาดังกล่าว สะท้อนให้เห็นถึงสภาพการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ และยังขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้กับชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ทั้งเป็นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชนและเตรียมความพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ

2.4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการสร้างนวัตกรรมในอนาคต รวมทั้งการพัฒนา กระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (ฐิติวรดา พลเยี่ยม, 2561; สสวท., 2557; สุธีระ ประเสริฐสรณ์, 2558; Labov et al., 2010; Sanders, 2009) สุธีระ ประเสริฐสรณ์ (2558) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เห็นถึงความสัมพันธ์

การทำงานร่วมกันในด้านของวิศวกรรม (E) และเทคโนโลยี (T) เพื่อนำเอาองค์ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ (S) และคณิตศาสตร์ (M) มาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ (Innovation) โดยที่นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนคิดและลงมือทำแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้ได้ใช้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิต จากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร (ฐิติวรดา พลเยี่ยม, 2561)

จากความหมายของสะเต็มศึกษาผู้ศึกษาได้สรุปความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่าแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการ 4 สาขาวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ กระบวนการ ทักษะในชีวิตประจำวัน และความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมในอนาคตการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมในอนาคต โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2.4.2 ศาสตร์และสาขาของสะเต็มศึกษา

1. S ย่อมาจาก Science หรือวิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์และการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ตามธรรมชาติผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ซึ่งได้แก่ การตั้งสมมติฐานค้นคว้าอย่างมีขั้นตอน รวบรวมหลักฐาน ทดลองเพื่อพิสูจน์ และสรุปยอดความรู้ตามข้อมูลที่ได้

2. T ย่อมาจาก Technology หรือ เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา ไปถึงการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาหรือคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ที่ช่วยตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยอาศัยกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่าการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นเทคโนโลยีในสะเต็มศึกษาไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT เท่านั้น

3. E ย่อมาจาก Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ นำไปสู่การปฏิบัติจริง หรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ สำหรับอำนวยความสะดวกและยกระดับคุณภาพชีวิตมนุษย์และธรรมชาติรอบตัวเรา สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2559) ให้ความหมายไว้ว่า วิศวกรรมในสะเต็มหมายถึงกระบวนการมากกว่าเป็นศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาคณิตศาสตร์ โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนในการแก้ไขปัญหาการใช้องค์ความรู้ หลักการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สร้างสรรค์ออกแบบผลงาน

4. M ย่อมาจาก Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคำนวณที่เชื่อมโยงกับวิชาคณิตศาสตร์แล้ว สาขาวิชานี้ยังมุ่งเน้นไปที่ทักษะและกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) เช่น การเปรียบเทียบ การจัดกลุ่ม การจำแนกรวมถึงการบอกรูปร่างและคุณสมบัติต่าง ๆ เป็นต้น และยังให้ความสำคัญกับการถ่ายทอดความคิดรวบยอด (Concept) ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เป็นต้น จึงถือเป็นสาขาวิชาที่ช่วยเชื่อมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์เข้าไว้ด้วยกัน

สภาวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Research Council : NRC) ได้ให้ความหมายและเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ตั้งคำถามเพื่อเข้าใจธรรมชาติ	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	ออกแบบและลงมือทำการค้นคว้า วิจัย ทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น

ตารางที่ 2.5

การเปรียบเทียบแนวคิดและทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์
(ต่อ)

วิทยาศาสตร์ (Science)	วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)	เทคโนโลยี (Technology)	คณิตศาสตร์ (Mathematics)
ประเมินและสื่อสาร แนวคิด	ประเมินและสื่อสาร แนวคิด		มองหาและนำเสนอ ระเบียบวิธีในการให้ เหตุผล

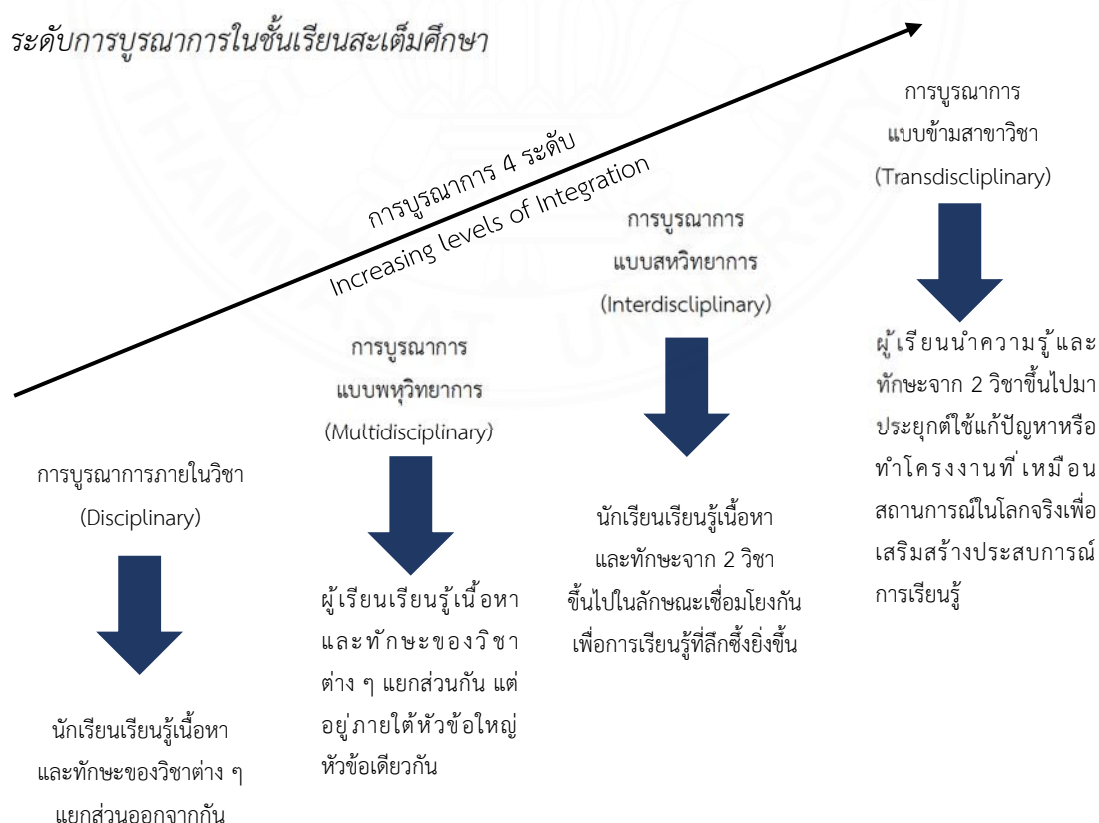
หมายเหตุ. จาก *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (p. 38), โดย Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M. (2013).

2.4.3 การบูรณาการสะเต็มศึกษา

สสวท. (2557) ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา รายละเอียดการบูรณาการแต่ละระดับแสดงได้ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2

ระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา



1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียน ความรู้ (Knowledge) หรือเนื้อหา (Content) และฝึกทักษะ (Skill) แต่ละวิชาแยกส่วนกันอย่างชัดเจน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไป ที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่าง ๆ จัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) การบูรณาการแบบพหุวิชาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนความรู้ (Knowledge) หรือเนื้อหา (Content) และฝึกทักษะ (Skill) ของแต่ละวิชาแยกกันแต่มีข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนความรู้ (Knowledge) หรือเนื้อหา (Content) และฝึกทักษะ (Skill) อย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัด

4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเชื่อมโยงความรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภายใต้หัวข้อ (Topic) ของการเรียนรู้และเกิดทักษะ (Skill) หรือความมุ่งหมาย (Objective) เดียวกัน โดยนักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเองครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้าง ๆ แล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัยได้แก่

1. ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
2. ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ความรู้เดิมของนักเรียน

2.4.4 กระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการการเรียนรู้ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี และวิชาวิศวกรรม ที่เน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้หรือการจัดทำโครงงาน นักเรียนลงมือ

ปฏิบัติกิจกรรมเพื่อพัฒนาและสร้างองค์ความรู้มาออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการหาวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เกิดนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) สรุปกระบวนการเรียนรู้สะเต็มศึกษาต้องอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมี 6 ขั้นตอนดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



หมายเหตุ. จาก เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2566,

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา นำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมเอกสารและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ รวมไปถึงข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องมีการดำเนินการ 2 วิธี คือ 1) การรวบรวมเอกสาร เป็นการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้อแล้วหรือไม่ ถ้าหากมี ทำการแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะ ไต่บ้าง 2) การค้นหาแนวคิด เป็นการค้นหาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ โดยพิจารณาแนวคิดหรือความรู้

ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาทำการจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก จากนั้นประเมินแนวคิดโดยคำนึงถึง ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน ความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา

3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้เอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากการค้นคว้า รวบรวมเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร เงื่อนไขหรือข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอามาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย น่าสนใจและนำเสนอแนะไปปรับปรุงในการพัฒนาต่อไป

การแก้ไขปัญหาดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการที่จะต้องมีการซ้ำและหาวิธีการ แนวทางการแก้ไขปัญหานั้นจนกว่าจะสามารถแก้ไขปัญหาได้ อาจมีลำดับการดำเนินการที่แตกต่างจากนี้ อาจมีการสลับขั้นตอนหรือย้อนกลับขั้นตอนเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหา

2.4.5 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สสวท. (2557) การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง นักเรียนแสดงให้เป็นถึงองค์ความรู้ สมรรถนะในการเรียนรู้ และเจตคติต่อการเรียน การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้เห็นถึงพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง การวัดและการประเมินผลทำให้นักเรียนรู้ถึงระดับผลการศึกษา ทั้งจุดแข็งที่ควรส่งเสริมต่อยอดให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองอย่างเต็มศักยภาพ และจุดอ่อนที่ควรปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้นักเรียนเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน โดยครูผู้สอนใช้ข้อมูลในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับศักยภาพของ

นักเรียนทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อนักเรียน ซึ่งแนวทางในการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษามี 2 แนวทาง การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) และ การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือ การประเมินความสามารถของนักเรียนจากการกระทำหรือผลงานที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงกระบวนการคิด วิเคราะห์ในระดับสูง กระบวนการทำงาน หรือความสามารถในการแสวงหาความรู้ในการนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา การประเมินจากสภาพจริงที่มีประสิทธิภาพจะต้องอาศัยการประเมินรอบด้าน โดยใช้การวิธีการประเมินที่หลากหลาย มีความเหมาะสมกับกิจกรรมและชิ้นงานที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ การประเมินจากสภาพจริงจะต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้นักเรียนสามารถทราบถึงพัฒนาการการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อให้ นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อสะท้อนถึงความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้

การประเมินนักเรียนตามสภาพจริง เน้นประเมินความสามารถในการปฏิบัติสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน โดยทำในสถานการณ์ชีวิตจริงนอกห้องเรียน (จินตวิรุฬร แปนแก้ว, 2562) เป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนจากกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบพฤติกรรม การแสดงออก ผลงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน กระบวนการแก้ปัญหา การประเมินจากสภาพจริงอาศัยวิธีการประเมินที่หลากหลาย และต้องสอดคล้องกับความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน นอกจากนี้การประเมินจะต้องต่อเนื่อง การประเมินหลายวิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง ทำให้การเรียนการสอนมีความหมายและตอบสนองได้ว่านักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตได้ (ประสาธ เนืองเฉลิม, 2566)

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมินจากสภาพจริง การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถและศักยภาพที่แท้จริงของนักเรียน การประเมินจะต้องอาศัยข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ที่หลากหลายมาประกอบการประเมินผลจากสภาพจริง เช่น 1) การสังเกตพฤติกรรม การปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายกลุ่มหรือรายบุคคล 2) การดูจากผลงาน ชิ้นงาน หรือรายงาน การปฏิบัติกิจกรรม 3) การสัมภาษณ์ 4) การบันทึกของนักเรียน 5) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียนและครูผู้สอน 6) การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (Practical Assessment) 7) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment) 8) การวัดและประเมินผลการ

เรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (Portfolio Assessment) และ 9) การทดสอบวัดองค์ความรู้ของนักเรียน วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการประเมินจากสภาพจริงมีหลากหลายในการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความสอดคล้องกับกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้

2) การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment) คือ การวัดและประเมินผลนักเรียนที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการปฏิบัติงาน โดยการประเมินกระบวนการทำงาน กระบวนการคิดวิเคราะห์ในระดับสูง นักเรียนได้รับโอกาสในการนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือในการสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากสถานการณ์ที่กำหนด ลักษณะของการประเมินผลด้านความสามารถจะต้องอาศัย การกำหนดจุดประสงค์ของการดำเนินงาน วิธีการดำเนินงาน ผลสำเร็จของงาน มีกฎและกติกาควบคุมการปฏิบัติงานและมีเกณฑ์การวัดผลและให้คะแนนที่ชัดเจน ในการประเมินผลด้านความสามารถของนักเรียนสามารถดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นอยู่กับสถานการณ์และกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

1) การมอบหมายการปฏิบัติงานจะต้องมีความสำคัญและมีความหมายต่อนักเรียน นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ได้ในชีวิตจริง โดยนักเรียนสามารถบูรณาการองค์ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพในกระบวนการทำงาน และกระบวนการคิดวิเคราะห์ขั้นสูง

2) การกำหนดชิ้นงานโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็น และการทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างนักเรียนและครูผู้สอนในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือขั้นตอนการวางแผนการปฏิบัติงาน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงานเพื่อพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

3) การยกตัวอย่างงานและให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ศึกษาและปฏิบัติงานตามขั้นตอนเพื่อให้ผลลัพธ์ของการปฏิบัติงานที่เหมือนกับตัวอย่างงานหรือสามารถพัฒนางานได้ดีกว่า

4) การยกสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่มีความสัมพันธ์กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหาหรือการใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง

5) การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน สามารถวัดความสามารถด้านองค์ความรู้ของนักเรียน ในการเข้าใจทฤษฎีหรือหลักการต่าง ๆ ได้ การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียนเน้นการประเมินความเข้าใจ การนำไปประยุกต์ใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการคิดขั้นสูง การกำหนดโจทย์สามารถยกสถานการณ์ตัวอย่างที่สัมพันธ์กับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของตนเองได้

2.4.6 เปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และ การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 2.6

การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สืบเสาะหาความรู้	สะเต็มศึกษา
1) นักเรียนตั้งคำถาม ข้อสังเกตหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ กับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งคำถามของนักเรียน นำไปสู่การตรวจสอบ และการตั้งสมมติฐาน ครูผู้สอนมีหน้าที่ในการช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการตั้งคำถาม ของนักเรียนสามารถสำรวจตรวจสอบได้ผ่าน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาตระหนัก ถึงสิ่งที่ เป็น ปัญหาในชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องหาวิธีการ หรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา นำไปสู่การสร้าง ขั้นตอน หรือวิธีการในการแก้ปัญหา
2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ของคำถามที่ตั้งขึ้น การปฏิบัติ เพื่อหาคำตอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ต่าง ๆ เช่น การสำรวจตรวจสอบ หรือการทดลอง นักเรียนจะต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทาง วิทยาศาสตร์ โดยการเก็บรวบรวม ข้อมูลที่มีความถูกต้อง และแม่นยำ นักเรียนจะต้องมี ทักษะในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทาง วิทยาศาสตร์ และเลือกใช้เครื่องมือและ อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	2) ขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมเอกสารและแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ รวมไปถึงข้อดี และข้อจำกัด ซึ่งใน การค้นหาแนวคิด ที่เกี่ยวข้องมีการดำเนินการ 2 วิธี คือ 2.1 การรวบรวมเอกสาร เป็นการ สืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้อยู่แล้ว หรือไม่ถ้าหากมีทำการแก้ปัญหายังไงและมี ข้อเสนอแนะใดบ้าง ในการแก้ปัญหาได้ โดย พิจารณาแนวคิดหรือ 2.2 การค้นหาแนวคิด เป็นการค้นหา แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือ เทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์

ตารางที่ 2.6

การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

สืบเสาะหาความรู้	สะเต็มศึกษา
	ในการแก้ปัญหาได้ โดยพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาทำการจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก จากนั้นประเมินแนวคิดโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน ความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา 3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้เอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากการค้นคว้า รวบรวมเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร เงื่อนไขหรือข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด
3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี การสร้างคำอธิบายจากหลักฐานจะต้องมี ความสอดคล้องกับผลการทดลองและการสังเกต ข้อมูลที่ได้มาจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถูกจัดกระทำเพื่อนำมาวิเคราะห์และสร้างคำอธิบายใช้กระบวนการคิดที่มีความสัมพันธ์กับทางวิทยาศาสตร์การอธิบาย จะนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียน	4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน จากนั้นลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา 5) ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการ

ตารางที่ 2.6

การเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

สืบเสาะหาความรู้	สะเต็มศึกษา
4) นักเรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Learners evaluate their explanations scientific knowledge) นักเรียนควรตรวจสอบคำอธิบายของตนเองนั้นได้ มีความสอดคล้องหรือ แตกต่างจากองค์ความรู้หลักการ กฎ แนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่มีในปัจจุบันหรือไม่	ทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา 6) ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอ แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่น เข้าใจ โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย น่าสนใจและนำเสนอแนะไปปรับปรุงในการพัฒนาต่อไป
5) นักเรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้ อย่างมีเหตุผล (Learners communicate and justify their proposed explanations) การแลกเปลี่ยนคำอธิบายของตนกับผู้อื่น เปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เพื่อการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เป็นการฝึกให้นักเรียนให้ข้อเสนอแนะและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น	

จากการเปรียบเทียบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีลักษณะที่สอดคล้องกันโดยผู้ศึกษาได้สรุปดังนี้ ในขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และในขั้นระบุปัญหาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีเป้าหมายที่สอดคล้องกัน คือเป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและเป็นการนำเหตุการณ์ สถานการณ์ปัญหาหรือปรากฏการณ์เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้กับนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะเน้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหาของสถานการณ์ในชีวิตจริงเพื่อหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหาขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะที่สอดคล้องกับขั้นรวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีหน้าที่สำรวจและรวบรวมเอกสารแนวคิดและแนวทางในการดำเนินการ ซึ่งในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดเพื่อรวบรวมการออกแบบชิ้นงานในการแก้ไขปัญหา ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือนักเรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐาน มีลักษณะที่สอดคล้องกับขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาและขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เนื่องจากในการลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการจะต้องอาศัยข้อมูล หลักฐานเพื่อกำหนดขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาขั้นขยายความรู้ (Elaboration) คือกระบวนการเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ และขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) การประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจของนักเรียน และเป็นฝึกให้นักเรียนให้และรับข้อเสนอแนะกับผู้อื่น สอดคล้องกับขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ และนำเสนอไปพัฒนาการดำเนินการต่อไป

2.4.7 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตารางที่ 2.7

แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	พริตลีย์ อ่อนสี (2562)	รพีพล อินสุพรรณ (2562)	The Erasmus Programme of the European Union (2020)	Ong et al. (2020)	ปวันรัตน์ ทองหลวง (2565)
ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	ใช้เรื่องราวที่น่าสนใจ ซึ่งอาจ เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจาก ความสนใจของนักเรียน	กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความ สงสัยด้วยประเด็นที่ศึกษา ครู กำหนดประเด็นผ่านการตั้ง คำถามหรือกิจกรรมการเรียนรู้	ครูและนักเรียนศึกษาปัญหา หรือสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ สามารถเชื่อมสู่บทเรียน	ใช้กิจกรรมเป็นตัวกระตุ้น และเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิม และเสริมสร้างองค์ความรู้ใหม่ ผ่านการเรียนรู้กิจกรรม	เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยการ ใช้สื่อหรือคลิปวิดีโอ และสร้าง ประเด็นที่จะศึกษาร่วมกัน กระตุ้นนักเรียน โดยครูเป็นใช้ คำถามหรือกิจกรรมผ่าน ประเด็นปัญหาที่ศึกษาและ สอดแทรกแนวคิดสะเต็มศึกษา
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	นักเรียนร่วมกันสรุปผลการ ทดลอง การค้นคว้า หรือการ สำรวจ จากขั้นสำรวจและค้นหา บันทึกผลและลงข้อสรุปเป็นของ ตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ตรวจสอบ	โดยในขั้นนี้นักเรียนจะต้อง สามารถแก้ไขปัญหาโดยใช้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับ การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น จนสามารถอธิบายความรู้ที่ เกิดขึ้นได้	วิเคราะห์และตีความข้อมูล ทำ ความเข้าใจแนวทางการแก้ไข ปัญหาที่เป็นไปได้และใช้ เทคโนโลยีที่เหมาะสม	เน้นความสนใจของนักเรียน เฉพาะด้านของการ มีส่วนร่วม และการสำรวจประสบการณ์ และเปิดโอกาสให้แสดงความ เข้าใจในทัศน ทัศนะ กระบวนการ หรือพฤติกรรม ระยะนี้ยังเปิดโอกาสให้ครูได้ แนะนำแนวคิด ทัศนะและ กระบวนการ นักเรียนอธิบาย ความเข้าใจแนวคิดของตน	นักเรียนวิเคราะห์และร่วมกัน อภิปรายตามประเด็นที่ศึกษา เพื่อหาองค์ความรู้ที่เกิดขึ้น นักเรียนจะต้องสามารถ แก้ปัญหาและหาคำตอบโดยการ สืบค้นและแก้ปัญหาโดยใช้ เทคโนโลยีจนสามารถอธิบาย องค์ความรู้ที่เกิดขึ้นได้และ แทรกบูรณา การตามแนวคิด สะเต็มศึกษา

ตารางที่ 2.7

แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	พิตลย์ อ่อนสี (2562)	รพีพล อินสุพรรณ (2562)	The Erasmus Programme of the European Union (2020)	Ong et al. (2020)	ปวันรัตน์ ทองหลวง (2565)
				คำอธิบายจากครูหรือหลักสูตร นักเรียนไปสู่ความเข้าใจ ที่ลึกซึ้ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของระยะนี้	ร่วมกับวิชาวิทยาศาสตร์และ วิศวกรรม
ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)	นักเรียนนำองค์ความรู้ แนวคิด มาขยายผลโดยการค้นคว้า ออกแบบ และสร้างแบบจำลอง ที่ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ กำหนดมา แทรกแนวคิดของ สะเต็มศึกษาเข้าไป จากการ ออกแบบและสร้างชิ้นงาน	ใช้การบูรณาการสะเต็มศึกษา ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือ นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาใน สถานการณ์	ปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการ แก้ไขปัญหาต้นแบบหรือ แบบจำลอง ปรับปรุงขั้นตอน การดำเนินงานเพื่อสำรวจ เพิ่มเติม ระบุและวิเคราะห์ความ เชื่อมโยงกับ STEM	ครูท้าทายและขยายความเข้าใจ แนวคิดและทักษะ ของนักเรียน ผ่านประสบการณ์ใหม่ นักเรียน พัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งและ กว้างขึ้น มีข้อมูลที่มากพอ และ มีทักษะที่เพียงพอ นักเรียนใช้ ความเข้าใจในแนวคิดนี้โดยทำ กิจกรรมเพิ่มเติม โดยสาขาวิชา เทคโนโลยีและวิศวกรรมใน STEM เป็นตัวอย่างและมีความ โดดเด่นในระยะนี้โดยเปิดโอกาส ให้ นักเรียนได้ออกแบบและ สร้าง	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือ สถานการณ์การเรียนรู้ ให้ นักเรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดขึ้น ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ ต่าง ๆ สอดแทรกแนวคิดสะเต็ม ศึกษาแก้ปัญหาในกิจกรรมการ เรียนรู้สร้างสรรค์ ชิ้นงาน นักเรียนสามารถนำความรู้ทั้งสี่ ด้านมาสร้างนวัตกรรมเพื่อ แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ครูให้

ตารางที่ 2.7

แสดงการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	พิตลย์ อ่อนสี (2562)	รพีพล อินสุพรรณ (2562)	The Erasmus Programme of the European Union (2020)	Ong et al. (2020)	ปวันรัตน์ ทองหลวง (2565)
ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)	นักเรียนประเมินตนเอง และ ประเมินเพื่อนจากการนำเสนอ ชิ้นงานในขั้นที่ 4	ครูและนักเรียนจะประเมิน กระบวนการ สร้างองค์ความรู้ ใหม่ เพื่อปรับปรุงความรู้ให้เป็น ความรู้ที่ถูกต้องและยั่งยืน ใน ขั้นนี้นักเรียนจะตรวจสอบความ เข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ จากการสรุปผลกิจกรรมการ เรียนรู้และเฉลยปัญหาท้าย กิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับครู	นักเรียนตรวจสอบคำตอบหรือ หาแนวทางแก้ไข สำหรับคำถาม ประเด็น ความท้าทายหรือ ปัญหาที่ซับซ้อน มีส่วนร่วมใน การตรวจสอบผลงานของเพื่อน และทำความเข้าใจผ่านงานตาม ประสิทธิภาพ	การประเมินนี้จะส่งเสริมให้ นักเรียนประเมิน ความเข้าใจ และความสามารถของตนเอง และเปิดโอกาสให้ครูประเมิน ความก้าวหน้าของนักเรียนเพื่อ บรรลุตามวัตถุประสงค์	ครูและนักเรียนจะประเมิน กระบวนการสร้าง องค์ความรู้ ใหม่ เพื่อปรับปรุงความรู้ให้เป็น ความรู้ที่ถูกต้องและยั่งยืน โดย ปัญหาท้ายกิจกรรม การเรียนรู้ ร่วมกับครู

ผู้ศึกษาได้สรุปการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความสนใจและเกิดข้อสงสัยในประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ผ่านสื่อการสอน เช่น คลิปวิดีโอ รูปภาพประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ครูผู้สอนเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ในการศึกษาผ่านการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนสร้างความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาหรือการระบุปัญหา 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการสำรวจและค้นหาความรู้ที่เกิดจากปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ภายในห้องเรียน เช่น การปฏิบัติการทดลอง หรือการใช้เทคโนโลยีเพื่อสืบค้นข้อมูล การรวบรวมข้อมูล การสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ประยุกต์แนวทางที่เหมาะสมในการตอบคำถามและพัฒนาแนวทางการแก้ไขปัญหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) กระบวนการนำข้อมูลจากขั้นสำรวจและค้นหา ที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล และลงข้อสรุป โดยที่นักเรียนเป็นผู้สรุปองค์ความรู้ด้วยตนเองเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงและลงข้อสรุปมาขยายผลโดยการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยนักเรียนจะต้องใช้องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับความรู้ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาในกิจกรรมการเรียนรู้ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์จากกิจกรรมการเรียนรู้ และตรวจสอบความเข้าใจในด้านเนื้อหาของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ยังสามารถวัดและประเมินผลด้านความสามารถของนักเรียน โดยผ่านการประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด และผลงานที่ได้

2.5 ชุดกิจกรรม

2.5.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

สื่อการเรียนการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา หรือชุดประสบการณ์ที่รวบรวมสื่อการเรียนรู้แบบประสมที่ครูสร้างขึ้นโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษา ค้นคว้า ปฏิบัติกิจกรรมตามชุดกิจกรรมด้วยตนเองตามความสามารถและความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองบรรลุตามจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559; เครือวัลย์

แสงโสภา, 2556; ประหยัด จิระวรพงศ์, 2529; ปวีณา ขาสีเครือ, 2553) โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ ในการเรียนรู้ของนักเรียน (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559; ปวีณา ขาสีเครือ, 2553; เพชรศิริรินทร์ ตุ่นคำ 2559; ศศิธร มงคลทอง 2548; สมทบ ศรีคงรักษ์ 2564)

จากความหมายของชุดกิจกรรมผู้ศึกษาได้สรุปความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า ชุดกิจกรรมหมายถึง สื่อหรือนวัตกรรมทางการศึกษา ที่ครูสร้างขึ้นโดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง รวบรวมสื่อการเรียนรู้แบบประสมใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนสามารถ เกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติกิจกรรม ตามชุดกิจกรรมด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำ ในการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนบรรลุตามจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

2.5.2 ขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม

จิรพร แขวงเพชร (2552), ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521) และบุญเอื้อ ควรวาเวช (2542) ได้นำเสนอขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรม เพื่อใช้ในการประกอบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเพื่อกำหนดเนื้อหาและมวลประสบการณ์ตามรายวิชา
2. กำหนดหน่วยการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องเวลา
3. กำหนดความคิดรวบยอดและหลักให้สอดคล้องกับหน่วยการจัดการเรียนรู้
4. กำหนดวัตถุประสงค์ เพื่อวัตถุประสงค์ที่เกิดขึ้นของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม
5. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรม
6. กำหนดแบบประเมินเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรม
7. ผลิตสื่อการจัดการเรียนโดยให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์
8. หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดกิจกรรมและพัฒนาชุดกิจกรรมให้มีประสิทธิภาพ
9. การนำชุดกิจกรรมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน

จากขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมที่กล่าวมาผู้ศึกษาได้สรุปขั้นตอนในการสร้างชุดกิจกรรมโดยเริ่มต้นในการกำหนดเนื้อหาวิชา หน่วยการเรียนรู้ ความคิดรวบยอด วัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมิน แล้วนำไปหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบคุณภาพและพัฒนาชุดกิจกรรม ก่อนนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยผู้ศึกษาได้เลือกใช้แบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Research Design) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม เนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรต้น โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One-Group Pretest-Posttest Design) จะทำการวัดผลก่อนการทดลองและหลังการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยบทนี้ผู้ศึกษาขอเสนอวิธีวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้ใช้การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) มุ่งเน้นการแสวงหาองค์ความรู้เชิงประจักษ์ ผ่านวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาผลของตัวแปรตามที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากอิทธิพลของตัวแปรต้น (หัสยาพร อินทยศ และ นิพัทธ์พนธ์ แสงดวง, 2565) โดยผู้ศึกษาได้เลือกใช้แบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Research Design) ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม มีการเก็บข้อมูลวัดผลก่อนและหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิก

ตารางที่ 3.1

แสดงระเบียบวิธีวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น

กลุ่ม	Pretest	Treatment	Posttest
กลุ่มเป้าหมาย	Q ₁	X	Q ₂
เมื่อ	Q ₁	หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง	
	Q ₂	หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง	
	X	หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กลวานิก	

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือนักเรียนโรงเรียนมัธยมวัดดุสิตาราม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive Sampling)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก เพื่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 แผน รวม 9 คาบ

3.3.3 แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.3.1 ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก เพื่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุงพุทธศักราช 2560 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในรายวิชา วิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ และ สาระที่ 4 เทคโนโลยี

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 เคมีไฟฟ้า เรื่องเซลล์กัลวานิก จากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหา

3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรม จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวซึ่งในงานวิจัยนี้คือชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง เซลล์กัลวานิกที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ สะเต็มหรือมีการเชื่อมโยงเนื้อหาทั้ง 4 วิชา คือ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) เข้าด้วยกัน

4. สร้างชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ซึ่งประกอบด้วยใบกิจกรรม อุปกรณ์ การทดลอง และสารเคมี หน่วยการเรียนรู้ 3 หน่วยการเรียนรู้ได้แก่

- ชุดกิจกรรม Part 1 ความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของธาตุ และไอออนของธาตุ

- ชุดกิจกรรม Part 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

- ชุดกิจกรรม Part 3 ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

5. นำเสนอชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการสอนวิทยาศาสตร์และมีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาเคมี เพื่อประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบวิธีการวัดของ Likert โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแบบประเมินความเหมาะสมดังนี้

5 คะแนน	หมายถึง องค์กรประกอบมีความเหมาะสมมากที่สุด
4 คะแนน	หมายถึง องค์กรประกอบมีความเหมาะสมมาก
3 คะแนน	หมายถึง องค์กรประกอบมีความเหมาะสมปานกลาง
2 คะแนน	หมายถึง องค์กรประกอบมีความเหมาะสมน้อย
1 คะแนน	หมายถึง องค์กรประกอบมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

6) นำคะแนนตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละชุดกิจกรรมมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลความหมายโดยนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้

การแปลความหมายระดับค่าเฉลี่ยของวิธีการวัด Likert

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00	คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50	คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50	คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50	คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50	คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อยที่สุด

7) นำคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงชุดกิจกรรม แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมอีกครั้ง

3.3.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ปรับปรุง พุทธศักราช 2560 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 3.2

แสดงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก

กลุ่มสาระการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด
กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์ กายภาพ	มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสาร องค์ประกอบของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ว 2.1 ม.5/23 อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์
	สาระที่ 4 เทคโนโลยี	มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม	ว 4.1 ม.1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลายโดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผลวิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหาพร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด ว 4.1 ม.5/1 ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

ตารางที่ 3.2

แสดงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก (ต่อ)

กลุ่มสาระการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	มาตรฐานการเรียนรู้	ตัวชี้วัด
กลุ่มสาระคณิตศาสตร์	สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต	มาตรฐาน ค 1.3 ใช้พจน์ สมการและอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้ มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัด และคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้	ค 1.3 ม.1/1. เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากันและสมบัติของจำนวนเพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหาโดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ค 2.1 ม. 1/1. ใช้ความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด และคาดคะเนขนาด ของสิ่งที่ต้องการวัด นำไปใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2. ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 4 เรื่องเคมีไฟฟ้า สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่องเซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 3.3

แสดงสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก

สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ผลการเรียนรู้
สาระเคมี เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์ซึ่งอาจเชื่อมต่อแต่ละครึ่งเซลล์ด้วยสะพานเกลือหรือเยื่อ โดยขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเรียกว่าแอโนด และขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันเรียกว่า แคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์ ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์คำนวณได้จากค่าศักย์ไฟฟ้าของครึ่งเซลล์ถ้ามีค่าเป็นบวก แสดงว่าปฏิกิริยารีดอกซ์เกิดขึ้นได้เองซึ่งพบในเซลล์กัลวานิก	1. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. ระบอบุคประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ 3. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์

3) ศักยภาพทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) คือ ความรู้ความสามารถและทักษะที่ส่งผลให้การปฏิบัติงานสำเร็จ ตามวัตถุประสงค์และตามเป้าหมายของการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ PISA 2025 กำหนดกรอบโครงสร้างสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) สำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ และ การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ

4) ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5) สร้างแผนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก ต่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 3.4

แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	สื่อ
1	ความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของธาตุและไอออนของธาตุ	➤ มาตรฐานการเรียนรู้ มาตรฐาน ว 2.1 มาตรฐาน ว 4.1 ➤ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. ทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิเศษหรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์	1. สร้างสมมติฐานเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิเศษหรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ 2. อธิบายความสามารถในการเป็นตัววิเศษหรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง 3. ตั้งคำถามการทดลองความสามารถในการเป็นตัววิเศษหรือตัวออกซิไดส์ 4. ระบุตัวแปรในการทดลอง เรื่องความสามารถในการเป็นตัววิเศษหรือตัวออกซิไดส์	ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา Part 1

ตารางที่ 3.4

แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	สื่อ
		เทคโนโลยี 1. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ที่เหมาะสมจากผลการทดลอง	
2	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก	➤ มาตรฐานการเรียนรู้ มาตรฐาน ว 2.1 มาตรฐาน ค 1.3 มาตรฐาน ว 4.1 ➤ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ 1. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ 2. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์กัลวานิก คณิตศาสตร์ 1. เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากันและสมบัติของจำนวน เพื่อวิเคราะห์ และแก้ปัญหา โดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เทคโนโลยี 1. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 2. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นไปได้เงื่อนไข และทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ	1. สร้างสมมติฐานการหาค่าศักย์ไฟฟ้าและจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด 2. อธิบายค่าศักย์ไฟฟ้าและจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง 3. สร้างแบบจำลองอธิบายการเกิดของเซลล์กัลวานิก 4. ตั้งคำถามการทดลอง เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าและจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด 5. ระบุตัวแปรในการทดลองและออกแบบการทดลองที่เหมาะสมในการหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด 6. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด จากผลการทดลอง 7. นำเสนอผลการทดลอง เรื่อง จำนวนเซลล์ กัลวานิก ที่ ทำให้หลอดไฟ LED ติด	ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา Part 2

ตารางที่ 3.4

แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	สื่อ
		เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา 3. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหาพร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด 4. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากวิทยาศาสตร์ (เคมีและฟิสิกส์) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงงานเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานการทำโครงงานเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน		
3	ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	➤ มาตรฐานการเรียนรู้ มาตรฐาน ว 2.1 มาตรฐาน ค 2.1 มาตรฐาน ว 4.1 ➤ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ 1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน คณิตศาสตร์ 1. ใช้ความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด และคาดคะเนขนาด ของสิ่งที่ต้องการวัด นำไปใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม เทคโนโลยี 1. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 2. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น	1. สร้างสมมติฐานการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก 2. อธิบายการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพ 3. สร้างแบบจำลองไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก 4. ระบุ ตัวแปรในการลองและการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมในการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก 5. สืบค้น และประเมินข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกสามารถสนับสนุนแนวทางในการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก 6. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปการ 7. นำเสนอผลการดำเนินงาน การสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา Part 3

ตารางที่ 3.4

แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์	สื่อ
		ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ ด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผน ขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา 3. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้ เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการ ปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด 4. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจาก วิทยาศาสตร์ (เคมีและฟิสิกส์) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้ง ทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนางาน		

6) นำเสนอแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และมีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาเคมี เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบวิธีการวัดของ Likert โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนในแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

- | | |
|---------|---|
| 5 คะแนน | หมายถึง องค์กรประกอบมีเหมาะสมมากที่สุด |
| 4 คะแนน | หมายถึง องค์กรประกอบมีเหมาะสมมาก |
| 3 คะแนน | หมายถึง องค์กรประกอบมีเหมาะสมปานกลาง |
| 2 คะแนน | หมายถึง องค์กรประกอบมีเหมาะสมน้อย |
| 1 คะแนน | หมายถึง องค์กรประกอบมีเหมาะสมน้อยที่สุด |

7) นำคะแนนตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและแปลความหมายโดยนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

การแปลความหมายระดับค่าเฉลี่ยของวิธีการวัด Likert

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 คะแนน หมายถึง ความเหมาะสมน้อยที่สุด

8) นำคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษามาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมอีกครั้ง

9) ทำแผนการจัดการเรียนฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3.3.3 แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก เพื่อพัฒนาการความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาและหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติม เล่มที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

2) ศึกษาตัวบ่งชี้ของสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์จากกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2025

3) ศึกษาโครงสร้างแบบทดสอบสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์จากกรอบการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA 2025

4) กำหนดรูปแบบของแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบตอบแบบอิสระ

5) สร้างแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ตามกรอบการประเมินของ PISA 2025

6) นำแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และมีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาเคมี เพื่อตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา (Content Validity)

จากนั้นวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เป็นรายข้อ โดยเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องสูงกว่า 0.5 ถือว่าเหมาะสมในการทดสอบ

7) ปรับปรุงแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา

8) นำแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ไปทดลองกับกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน โดยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อตรวจสอบค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของคำถามในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

9) นำแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ฉบับสมบูรณ์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4 การดำเนินการค้นคว้าอิสระ

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการทดลองโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้ศึกษาทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก

2. ผู้ศึกษาดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เตรียมไว้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องเซลล์กลีวานิก ใช้เวลาทั้งสิ้น 9 คาบ

3. ดำเนินการหลังจัดการเรียนรู้ ผู้ศึกษาดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อบรรยายลักษณะของข้อมูล
2. ทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าสถิติ (t-test dependent samples)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การค้นคว้าอิสระในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิก โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยของการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิก

4.2 ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลวานิก

4.1 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิก

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที 1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน คือคะแนนเฉลี่ยของความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลวานิกสูงกว่าก่อนเรียน

โดยผู้วิจัยได้นำแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลวานิก ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ไปใช้ประเมินความสามารถกับกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Independent t-test และระดับนัยสำคัญ เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละสมรรถนะ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก

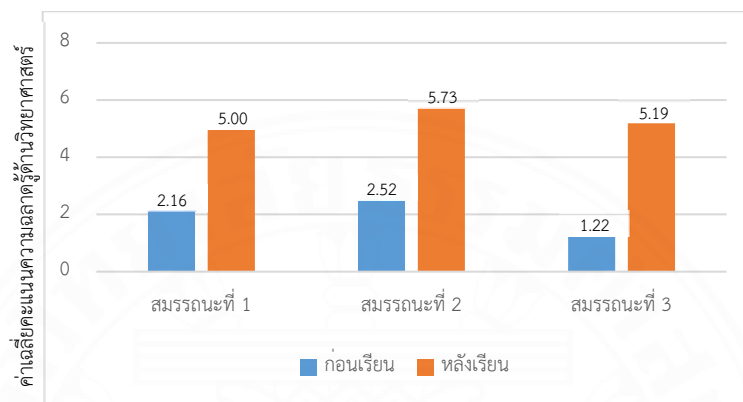
สมรรถนะ	คะแนน	N	Mean	S.D.	T stat	df	Sig.
1. การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน	30	2.16	1.21	-8.051	28	.000
	หลังเรียน	30	5.00	1.88			
2. การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ	ก่อนเรียน	30	2.52	2.56	-8.303	28	.000
	หลังเรียน	30	5.73	2.23			
3. การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ	ก่อนเรียน	30	1.22	0.80	-7.468	28	.000
	หลังเรียน	30	5.19	2.94			

หมายเหตุ. นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเซลล์กลีวานิก ในแต่ละสมรรถนะ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาเป็นในแต่ละสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า 1) สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ และ 3) สมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านเท่ากับ 5.00, 5.73 และ 5.19 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนนในแต่ละสมรรถนะ

ภาพที่ 4.1

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในแต่ละสมรรถนะ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลีวานิก



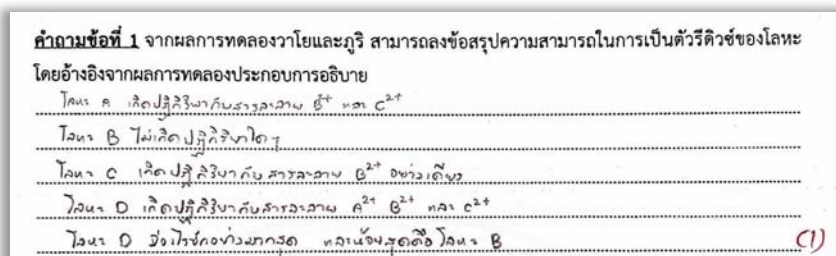
จากคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก หลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 สมรรถนะ ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดผลการส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในรายสมรรถนะ ดังนี้

4.1.1 สมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

สำหรับการวัดและประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาสมรรถนะย่อย 3 สมรรถนะ คือ 1) การระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้ อย่างเหมาะสม 2) สร้างสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบาย ทำนายการเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยทฤษฎี แนวคิดหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ 3) สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จากการศึกษพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 2.16 และ 5.00 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก พบว่ารูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน นักเรียนใช้การอธิบายผลการทดลองและอธิบายปรากฏการณ์จากข้อมูลที่มีในสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งนักเรียนขาดการนำความรู้ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ไปใช้ในการอธิบายผลการทดลองหรือปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.2–4.4 และรูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนพบว่า นักเรียนใช้ความรู้ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ในการสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ อธิบายการเกิดปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้าและใช้ผลการทดลอง หรือชุดข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในการอธิบายปรากฏการณ์และลงข้อสรุป ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.6–4.9

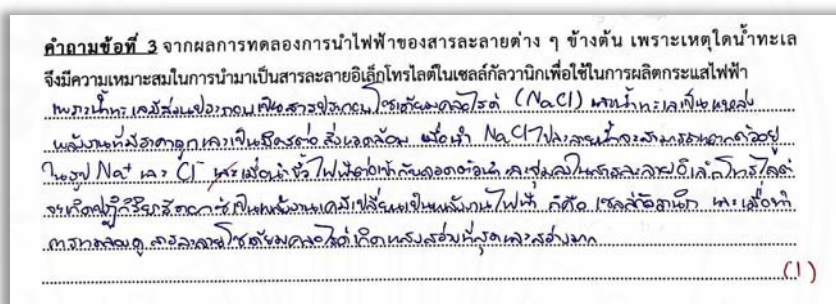
ภาพที่ 4.2

ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลุ่วานิก
ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 1 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์



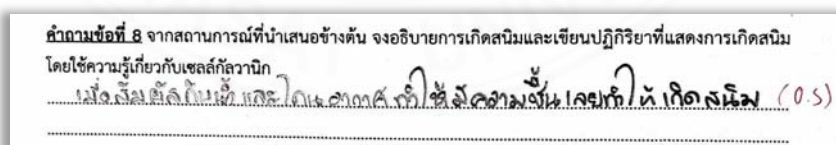
ภาพที่ 4.3

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก
ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 3 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 4.4

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก
ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์



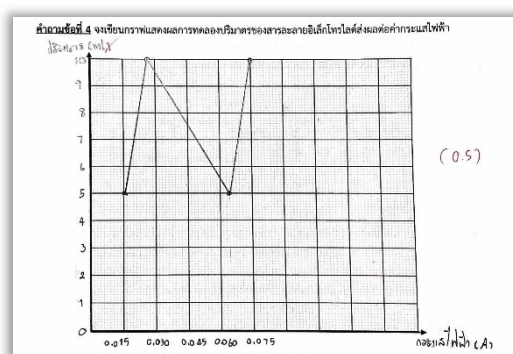
จากคำตอบในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน
ในคำถามข้อที่ 1 , 3 และ 8 นักเรียนขาดการใช้หลักฐานหรือผลการทดลองในการสนับสนุนข้อสรุป
และตอบคำถามโดยใช้ข้อความจากข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้ในการอธิบายปรากฏการณ์ และ
นักเรียนขาดการนำความรู้เกี่ยวกับเซลล์กลวานิก ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ ทำให้รูปแบบ
คำตอบของนักเรียนจะไม่สามารถลงข้อสรุปความสามารถในการเป็นตัววิจิตรวิเศษของโลหะ
ความเหมาะสมของน้ำทะเลในการใช้เป็นอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์กลวานิก รวมถึงการเขียนสมการแสดง
ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

4.1.2 สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ

สำหรับการวัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยได้ศึกษาสมรรถนะย่อย 3 สมรรถนะ คือ 1) การระบุคำถามและประเด็นปัญหาที่ต้องการตรวจสอบผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลองและปฏิบัติตามขั้นตอนตามการออกแบบปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3) การแปลงข้อมูลที่น่าสนใจ ในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 2.52 และ 5.73 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก พบว่ารูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน นักเรียนไม่เสนอวิธีการตรวจสอบหรือการออกแบบปฏิบัติการทดลอง และไม่สามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทดลองได้ครบทั้ง 3 ตัวแปร หรือระบุตัวแปรการทดลองไม่ถูกต้อง และนักเรียนไม่เข้าใจหลักการการสร้างกราฟโดยนักเรียนบางส่วนใช้แกน Y เป็นตัวแปรต้นแทนตัวแปรตาม ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.7-4.8 และรูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนพบว่า นักเรียนสามารถระบุคำถามจากสถานการณ์ได้และสามารถอธิบายวิธีการตรวจสอบได้ และสามารถประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลอง โดยสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลอง และสามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทดลองได้ครบ และสามารถแปลงข้อมูลจากตารางผลการทดลองเป็นกราฟได้ ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.9-4.11

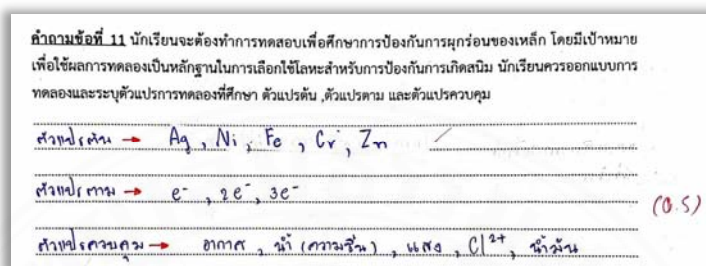
ภาพที่ 4.7

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 4 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ



ภาพที่ 4.8

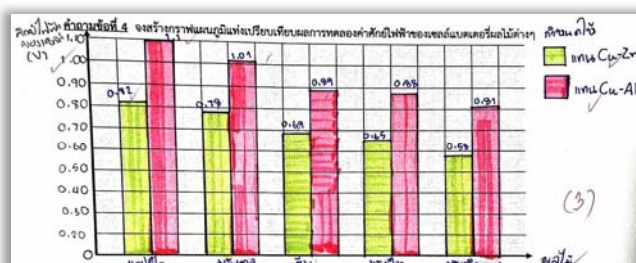
แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 11 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ



จากคำตอบในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในคำถามข้อที่ 4 และ 11 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนไม่สามารถเสนอวิธีการตรวจสอบหรือการออกแบบปฏิบัติการทดลองและไม่สามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทดลองได้ถูกต้องครบทั้ง 3 ตัวแปรและระบุตัวแปรการทดลองไม่ถูกต้อง โดยส่วนใหญ่ นักเรียนสามารถระบุตัวแปรต้นได้ แต่นักเรียนไม่สามารถระบุตัวแปรตามได้ โดยลักษณะตัวแปรตามที่คำตอบของนักเรียนไม่ใช่ผลที่เกิดจากการทดลองตามตัวแปรต้นรวมถึงตัวแปรควบคุมที่นักเรียนตอบไม่เกี่ยวข้องกับการทดลอง โดยสาเหตุอาจเกิดจากนักเรียนไม่เข้าใจความแตกต่างระหว่างตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถระบุตัวแปรการทดลองได้ ดังภาพที่ 4.8 และนักเรียนไม่เข้าใจหลักการการสร้างกราฟโดยนักเรียนบางส่วนใช้แกน Y เป็นตัวแปรต้นแทนแปรตาม เช่น การระบุแกน Y เป็นปริมาตรของสารละลาย รวมถึงการแบ่งสเกลของนักเรียนที่ไม่สเกลไม่สม่ำเสมอ ตัวเลขบนแกนไม่สม่ำเสมอ ดังภาพที่ 4.7

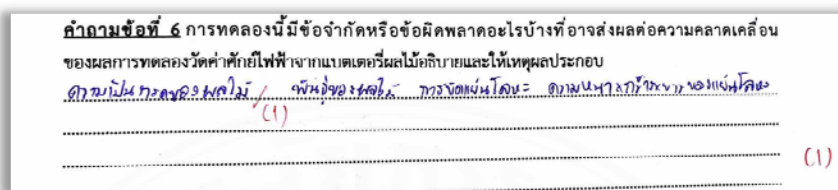
ภาพที่ 4.9

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 4 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ



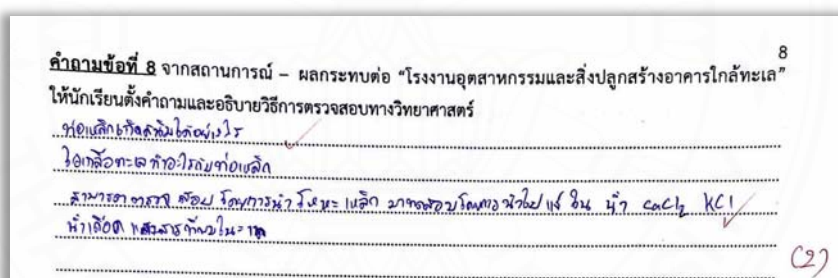
ภาพที่ 4.10

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 6 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ



ภาพที่ 4.11

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ



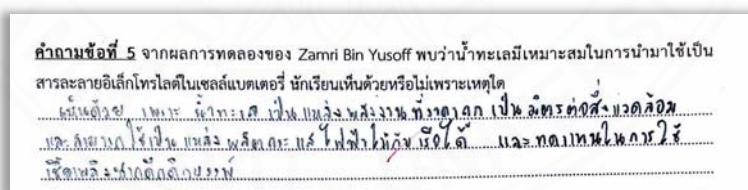
จากคำตอบในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 4, 6 และ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ จากภาพที่ 4.10-4.11 นักเรียนสามารถระบุคำถามจากสถานการณ์ได้และสามารถอธิบายวิธีการตรวจสอบได้ และสามารถประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลอง โดยสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลอง การที่นักเรียนบอกข้อจำกัดการทดลองได้นั้น เนื่องจากนักเรียนเข้าใจตัวแปรการทดลองได้ และสามารถระบุตัวแปรควบคุม ตัวแปรที่ไม่ได้ศึกษาแต่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ ทำให้นักเรียนสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลองได้ และสามารถระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการทดลองได้ครบ และสามารถแปลงข้อมูลจากตารางผลการทดลองเป็นกราฟได้ ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.9

4.1.3 สมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ

สำหรับการวัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ศึกษาสมรรถนะย่อย 2 สมรรถนะ คือ 1) การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ 2) สร้างข้อโต้แย้งสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองหรือชุดข้อมูลจากปฏิบัติการทดลองจากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 1.22 และ 5.19 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การทำแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก พบว่ารูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบก่อนเรียน นักเรียนไม่ได้ใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่กำหนดให้ในการลงข้อสรุปหรือใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง และใช้การตอบในบริบทของสังคมและเศรษฐกิจ ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.12–4.13 และรูปแบบการตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียนพบว่า นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งและข้อสรุปโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น ผลการทดลอง หรือชุดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้าในการสนับสนุนข้อโต้แย้งและสามารถลงข้อสรุปผลการทดลองได้ ดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.14 และ 4.15

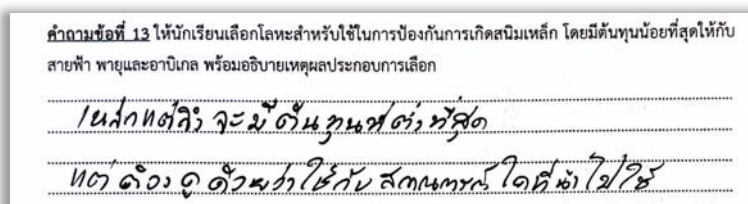
ภาพที่ 4.12

ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 5 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ



ภาพที่ 4.13

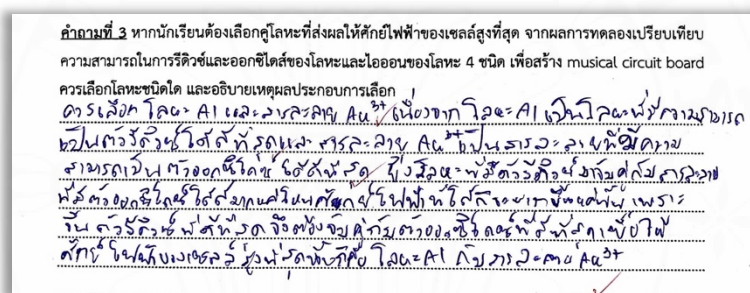
ตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 13 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ



จากคำตอบในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 4, 6 และ 8 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ พบว่ารูปแบบคำตอบของนักเรียนไม่ได้ใช้หลักฐานหรือข้อมูลที่กำหนดให้ในการลงข้อสรุปหรือใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง จากตัวอย่างคำตอบในข้อที่ 5 ภาพที่ 4.12 นักเรียนไม่ได้ใช้ผลการทดลองจากสถานการณ์ที่กำหนดสนับสนุนคำตอบ และตอบในบริบทของสังคมและเศรษฐกิจที่นำมาจากโจทย์โดยไม่ได้พิจารณาผลการทดลองที่เป็นหลักฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการสนับสนุนคำตอบ ดังภาพที่ 4.13

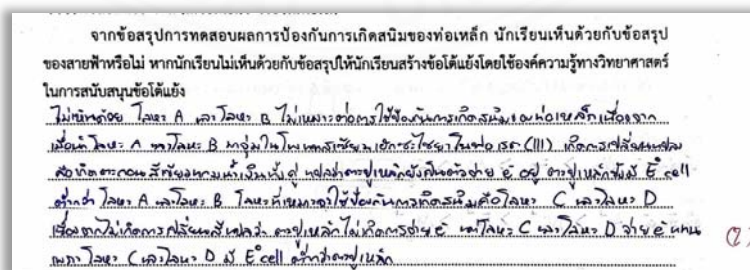
ภาพที่ 4.14

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 3 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ



ภาพที่ 4.15

แสดงตัวอย่างคำตอบในแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก หลังจัดการเรียนรู้ ข้อที่ 13 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ



จากคำตอบในแบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน ในคำถามข้อที่ 3 และ 13 วัดและประเมินสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ พบว่ารูปแบบคำตอบของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้ง และข้อสรุปนักเรียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น ตารางผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถ

ในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิดหรือชุดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งและสามารถลงข้อสรุปผลการทดลองดังตัวอย่างคำตอบในภาพที่ 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.2

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า Independent t-test และระดับนัยสำคัญ เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก

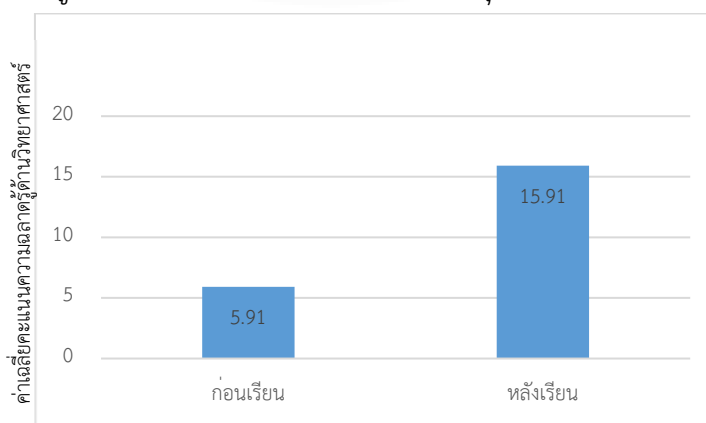
คะแนน	N	Mean	S.D.	T stat	df	Sig.
ก่อนเรียน	30	5.91	3.43	-12.301	28	.000
หลังเรียน	30	15.91	6.02			

หมายเหตุ. นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก มีค่าเฉลี่ย 5.91 และ 15.91 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่าความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม ช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก

ภาพที่ 4.16

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก



4.2 ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กล้วานิก

ตารางที่ 4.3

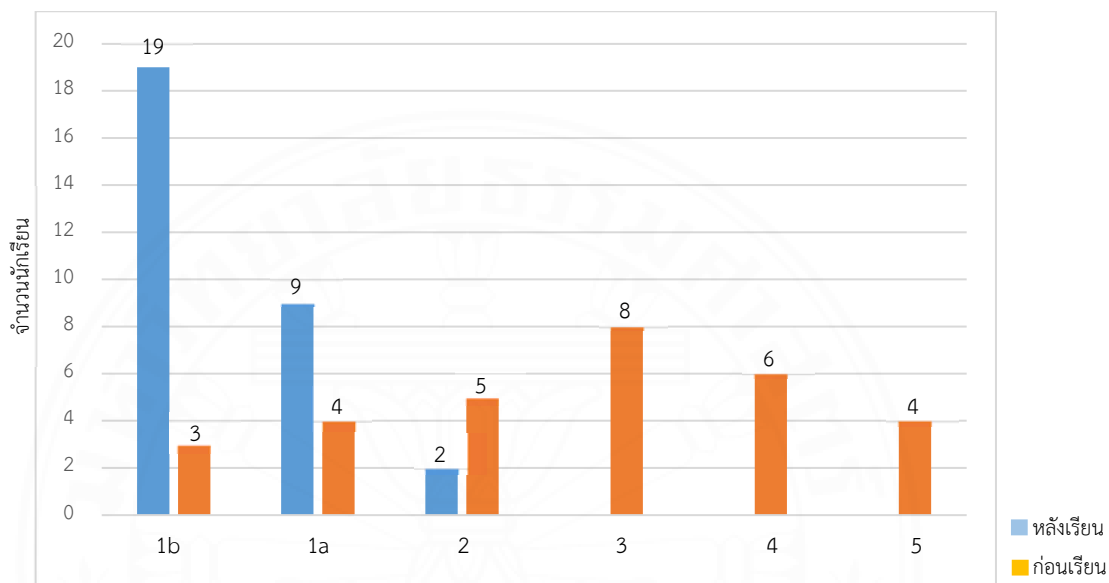
จำนวนนักเรียนที่มีระดับระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กล้วานิก ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กล้วานิก

ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์	ก่อนเรียน (จำนวนคน)	ร้อยละ	หลังเรียน (จำนวนคน)	ร้อยละ
1b	19	63.33	3	10.00
1a	9	30.00	4	13.33
2	2	6.67	5	16.67
3	-	-	8	26.67
4	-	-	6	20.00
5	-	-	4	13.33
6	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.3 พบว่าก่อนจัดการเรียนรู้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับ 1b มากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 ระดับ 1a จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 และระดับ 2 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และไม่พบนักเรียนที่ระดับ 3-6 หลังจัดการเรียนรู้ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับ 1b จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 ระดับ 1a จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ระดับ 2 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ระดับ 3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ระดับ 4 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และระดับ 5 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33

ภาพที่ 4.17

กราฟแสดงจำนวนนักเรียนที่มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก



ระดับความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ 7 ระดับ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมิน PISA 2025

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การค้นคว้าอิสระเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยเลือกใช้แบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม มีการเก็บข้อมูลวัดผลก่อนและหลัง (One-Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ซึ่งได้รับการเลือกอย่างเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้เครื่องมือการวิจัยประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ 1) แผนการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก และ 2) แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กัลวานิก

5.1 สรุปผลการค้นคว้าอิสระ

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กัลวานิก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก

ผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก โดยพิจารณาในแต่ละสมรรถนะ พบว่าทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 2.16 และ 5.00 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ มีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 2.52 และ 5.73 ตามลำดับ และ 3) การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติมีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 1.22 และ 5.19 ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 สมรรถนะมีผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และผลการประเมิน

ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์โดยการพิจารณาค่าเฉลี่ยของคะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก พบว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 5.91 และ 15.91 ตามลำดับ มีผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก ช่วยส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์สำหรับการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก

5.1.2 ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก

ผลการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์กลีวานิก พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เท่ากับ 5.91 และ 15.91 ตามลำดับ ซึ่งระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับ 1b และ 3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ และเมื่อพิจารณาในแต่ละระดับพบว่า ก่อนจัดการเรียนรู้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับ 1b มากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 ระดับ 1a จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 และระดับ 2 จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 และไม่พบนักเรียนที่ระดับ 3 – 6 หลังจัดการเรียนรู้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ในระดับ 1b จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 ระดับ 1a จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ระดับ 2 จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 ระดับ 3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 ระดับ 4 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และระดับ 5 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก ช่วยพัฒนาระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

5.2 อภิปรายผลการค้นคว้าอิสระ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ในความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อระบุคำถามและประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยที่สถานการณ์สร้างความท้าทายให้กับนักเรียน โดยการให้นักเรียนได้เปรียบเทียบ ฝึกการคิด

เชิงวิเคราะห์และการทำความเข้าใจโครงสร้างและปัจจัยของสิ่งที่เปรียบเทียบ และนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายหรือลงข้อสรุปโดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนคำอธิบายและข้อสรุป สามารถใช้ความรู้ด้านกระบวนการและความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้ ในการสืบเสาะหาความรู้ ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความถูกต้องเพื่อออกแบบและดำเนินการปฏิบัติการทดลองหาข้อมูลในสถานการณ์ที่มีข้อจำกัด เพื่อสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และแสดงประจักษ์พยานสนับสนุนคำอธิบายและข้อสรุป โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก 5 ชั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินความรู้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ การเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน เป็นตัวนำความสนใจและการเรียนรู้ของนักเรียน ให้นักเรียนระบุคำถามและประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนรู้จุดประสงค์ของการเรียนรู้ และเป็นการกำหนดทิศทางการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการได้มาของความรู้และให้นักเรียนสวมบทบาทเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่จะต้องใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา โดยการมีโจทย์ที่ท้าทายเป็นตัวเร้าในการค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เช่น การเลือกโลหะและสารละลายที่เหมาะสม หรือการหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟติด ในขั้นสร้างความสนใจจะทำให้นักเรียนสามารถระบุคำถามหรือประเด็นปัญหา ซึ่งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ของนักเรียนซึ่งจะเป็นตัวนำการเรียนรู้ของนักเรียน จากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสร้างความสนใจช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ทางปัญญา โดยพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการเขาวัวปัญญาของเพียเจต์ โดยใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อดึงดูดความสนใจ และใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยและความขัดแย้งทางปัญญา เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนแสวงหาคำตอบ โดยการรับประสบการณ์และข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสร้างความเข้าใจใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ (Duffy & Cunningham, 1996) สอดคล้องกับฉันทมน สุษัยรัตน์ (2558) และ จีรพรรณ หนูเจริญ (2565) กล่าวว่า การใช้สถานการณ์ในชีวิตประจำวันช่วยส่งเสริมความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ โดยสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันจะเป็นตัวกระตุ้นทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและคุณค่าของสิ่งที่เรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และเป็นการสร้างแรงจูงใจในการค้นหาคำตอบผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นการตั้งคำถามหรือระบุประเด็นปัญหา เป็นการกำหนดทิศทางการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์

และเป็นลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อกระบวนการสร้างความรู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้

ขั้นที่ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันระดมความคิด รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา มีการบูรณาการความรู้ ทักษะหรือกระบวนการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการตอบคำถามและตรวจสอบประเด็นปัญหา หรือจุดประสงค์การเรียนรู้ที่นักเรียนระบุไว้ในขั้นสร้างความสนใจ เช่น การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการต่อวงจรไฟฟ้า, ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน หรือการรวบรวมข้อมูลจากผลการทดลองในกิจกรรมที่ 1 โดยการเลือกโลหะที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ และกิจกรรมที่ 2 การหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่เหมาะสมเพื่อให้หลอดไฟ LED ติดและใช้ผลการทดลองจากทั้งสองกิจกรรมเป็นหลักฐานในการสนับสนุนการลงข้อสรุปหรือนำมาประกอบการตัดสินใจในการแก้ปัญหา และสร้างไผ่ฉายจากเซลล์กัลวานิก

ครูผู้สอนมีบทบาทในการแนะนำแนวทางให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสำรวจและค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยใช้การถาม-ตอบ ก่อนการสำรวจและค้นหา เช่น ในกิจกรรมการทดลองให้นักเรียนบอกตัวแปรการทดลอง และสมมติฐานการทดลอง หากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการระบุตัวแปรการทดลองหรือสมมติฐาน ครูผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยการใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียน ซึ่งขั้นสำรวจและค้นหาช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ จากผลการศึกษาในเชิงปริมาณพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติหลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 5.19 และ 1.22 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียน ค้นคว้า รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นหรือปัญหาที่ต้องการศึกษา ทำให้สามารถสะท้อนสมรรถนะย่อย คือ การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ ดังภาพที่ 4.14–4.15 รูปแบบคำตอบของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้งและข้อสรุปนักเรียนใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น ตารางผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิดหรือชุดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้าจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งและข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับงานวิจัยของพิมพลอย ตามตระกูล (2565) และจิรวรรณ หนูเจริญ (2565) จัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นหรือปัญหาที่ต้องการศึกษา พบว่านักเรียนสามารถแยกแยะประเด็นหรือ

ข้อโต้แย้งที่มาจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำตอบหรือให้เหตุผลในทางวิทยาศาสตร์ได้ และสร้างข้อโต้แย้งสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองหรือชุดข้อมูลจากปฏิบัติการทดลอง สอดคล้องกับ Sampson and Gleim (2009) การสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อสรุปและคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์โดยที่นักเรียนได้ทำการสืบเสาะหาความรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

ขั้นสำรวจและค้นหาใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างองค์ความรู้ นักเรียนร่วมกันระบุปัญหา รวมถึงการรวบรวมแนวคิดและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ประเมินแนวคิดโดยคำนึงถึงความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา ใช้ความรู้ด้านกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ ในการสร้างข้อมูลที่น่าเชื่อถือและใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปหรือการตัดสินใจในการลงมือปฏิบัติ เช่น การสร้างสมมติฐานการทดลอง เพื่อเป็นกรอบหรือแนวทางสำหรับการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมและทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างเป็นระบบ กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการสะท้อนสมรรถนะย่อย คือ การสร้างสมมติฐานเพื่อใช้ในการอธิบายทำนายการเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์โดยอาศัยทฤษฎีแนวคิดหรือหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการสร้างสมมติฐานอย่างมีประสิทธิภาพต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ รวมถึงการศึกษาทบทวนเอกสารงานวิจัย ตลอดจนทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยให้มีข้อมูลพื้นฐานที่เพียงพอ และสามารถวิเคราะห์โดยใช้เหตุผล เพื่อสร้างสมมติฐานที่น่าเชื่อถือ (พัชรา สินลอยมา, 2551, อ้างถึงใน อุษณีย์ ดวงพรหม, 2561; วาโร เฟ็งสวีสดี, 2551, อ้างถึงใน อุษณีย์ ดวงพรหม, 2561)

การออกแบบปฏิบัติการทดลองโดยการระบุตัวแปรการทดลอง เช่น ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม ในระหว่างการออกแบบปฏิบัติการทดลองครูผู้สอนมีหน้าที่ตรวจสอบความเข้าใจและความถูกต้องในการระบุตัวแปรการทดลอง โดยการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ได้เห็นมุมมองการออกแบบปฏิบัติการทดลองของแต่ละกลุ่ม หากนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือเข้าใจผิดครูจะต้องใช้คำถามเพื่อปรับความเข้าใจของนักเรียนและออกแบบปฏิบัติการทดลองให้ถูกต้อง และนักเรียนยังมีส่วนร่วมในการประเมินความน่าเชื่อถือการออกแบบปฏิบัติการทดลองของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ และปฏิบัติตามขั้นตอนตามการออกแบบการทดลองจากกิจกรรมช่วยต่อยอดไปสู่สมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ จากผลการศึกษาในเชิงปริมาณพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณหลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อน

จัดการเรียนรู้เท่ากับ 5.73 และ 2.52 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการประเมินและการออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเกิดจากการนักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิด รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ตั้งขึ้นส่งผลให้นักเรียนสะท้อนสมรรถนะย่อย คือ การประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลอง และปฏิบัติตามขั้นตอนตามการออกแบบปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม ดังภาพที่ 4.10 นักเรียนสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลอง เนื่องจากนักเรียนเข้าใจตัวแปรการทดลองได้ และสามารถระบุตัวแปรควบคุมตัวแปรที่ไม่ได้ศึกษาแต่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ ทำให้นักเรียนสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จีรวรรณ หนูเจริญ (2565) ในขั้นสืบเสาะหาคำตอบ นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของหลักฐาน และร่วมกันลงข้อสรุปเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ผ่านปฏิบัติการทดลองและนำผลการทดลองเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก และนำเสนอข้อสรุปผ่านแบบจำลองภาพ เช่น แบบจำลองภาพเซลล์กัลวานิกที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ที่นักเรียนสร้าง เพื่อประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ใช้เป็นสื่อในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่นักเรียนสังเกตได้จากการทดลอง เช่น การตกตะกอน, การเกิดความต่างศักย์ หรือการสว่างของหลอดไฟ LED กับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับอะตอม โมเลกุล หรือไอออน การใช้แบบจำลองภาพและข้อความประกอบการอธิบายจะช่วยส่งเสริมการจำได้ดีขึ้น เนื่องจากสมองของมนุษย์มีการประมวลผลข้อมูล 2 รูปแบบ ในรูปแบบภาษาและรูปแบบภาพ การรับข้อมูลทั้งสองรูปแบบจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างรูปภาพและภาษาหรือคำอธิบายทำให้สามารถจดจำข้อมูลได้ง่ายและแม่นยำขึ้น (Paivio, 2014) โดยครูมีบทบาทตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับผลการทดลองที่สังเกต เช่น จากผลการทดลองของนักเรียนสนับสนุนข้อสรุปอย่างไร และครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อฝึกให้นักเรียนนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาสร้างความเข้าใจและอธิบายสิ่งที่ค้นพบ

กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ จากผลการศึกษาในเชิงปริมาณพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์หลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้เท่ากับ 5.00 และ 2.16 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยความรู้ด้านเนื้อหาและพยานหลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุปหรือคำอธิบาย

ปรากฏการณ์ จากกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถแสดงสมรรถนะย่อย คือ ระลึกและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างเหมาะสม ดังภาพที่ 4.5–4.6 รูปแบบคำตอบของนักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์โดยการเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายการให้-รับอิเล็กตรอนและใช้ผลการทดลองเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรรณวรท วงศาโรจน์ และ สุมาลี กาญจนชาติ (2562) จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปเป็นการนำเสนอผลการทดลอง และร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและลงข้อสรุป จากปฏิบัติการทดลองในขั้นสำรวจและค้นหา ในการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือจะต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น ผลการทดลอง สนับสนุนคำอธิบาย และสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนนทิตา มงคลศรี (2566) จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นใช้แบบจำลองให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิด และการเชื่อมโยงความรู้เพื่อสร้างคำอธิบายด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปสามารถส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ราตรี ยะคำ (2563) กล่าวว่า การใช้แบบจำลองในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนดึงความรู้วิทยาศาสตร์มาสร้าง คำอธิบายที่สมเหตุสมผล ระบุนิยามและสร้างรูปแบบการอธิบาย ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แบบจำลองภาพที่นักเรียนสร้างขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้สามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันแปลงข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผลการเปลี่ยนแปลงในปฏิบัติการทดลองเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ตัววิดิษฐ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ หรือนำผลการทดลองมาสร้างเป็นตารางหรือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์กัลวานิกกับศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ โดยครูผู้สอนมีหน้าที่แนะนำและตรวจสอบความเข้าใจในหลักการการแปลงข้อมูลจากผลการทดลองเป็นตารางหรือกราฟของนักเรียน จากกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ โดยนักเรียนสามารถสะท้อนสมรรถนะย่อย คือ การแปลงข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น โดยสามารถดูพัฒนาการการแปลงข้อมูลก่อนจัดการรู้ ดังภาพที่ 4.7 พบว่านักเรียนไม่เข้าใจหลักการสร้างกราฟโดยนักเรียนบางส่วนใช้แกน Y เป็นตัวแปรต้นแทน

ตัวแปรตาม รวมถึงการแบ่งสเกลของนักเรียนที่แบ่งตัวเลขบนแกนไม่สม่ำเสมอ และหลังจัดการเรียนรู้ ดังภาพที่ 4.9 นักเรียนสามารถแปลงข้อมูลจากตารางผลการทดลองเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรได้ถูกต้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุพันธ์ พากิติ และ สุมาลี ชุกกำแพง (2563) นักเรียนได้ฝึกการแปลงข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อาทิ การสังเกตและ จดบันทึกข้อมูลในรูปของตารางที่นักเรียนออกแบบเอง การนำเสนอผลการสังเกตด้วยรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสื่อข้อมูลให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนเข้าใจเมื่อเกิดการฝึกฝนเช่นนี้ จึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาเรื่องทักษะ การแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งไปสู่รูปแบบอื่น ๆ

นักเรียนจะได้ร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุปผ่านการนำเสนอข้อสรุปในการเลือก ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ที่เหมาะสมจากกิจกรรมที่ 1 และจำนวนเซลล์กัลวานิก ที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดในกิจกรรมที่ 2 สำหรับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกในกิจกรรมที่ 3 โดยใช้ ผลการทดลองเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อสรุป การนำเสนอข้อสรุปของแต่ละกลุ่มทำให้นักเรียน เห็นชุดข้อมูลและข้อสรุปที่หลากหลายขึ้นทำให้นักเรียนสามารถนำข้อสรุปจากกลุ่มอื่นไปพัฒนา ข้อสรุปหรือข้อโต้แย้งของกลุ่มตนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ก่อนลงมือปฏิบัติการสร้างชิ้นงาน โดยครูมี บทบาทในการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงผลการทดลองที่ค้นพบกับเนื้อหา เรื่อง เซลล์กัลวานิก เช่น นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าโลหะชนิดใดมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ที่เหมาะสม จากกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูล ทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ โดยนักเรียนสะท้อนสมรรถนะย่อย คือ การสร้าง ข้อโต้แย้งสนับสนุนข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์จากผลการทดลองหรือชุดข้อมูลจากปฏิบัติการทดลอง ดังภาพที่ 4.14–4.15 พบว่ารูปแบบคำตอบของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้งและข้อสรุปนักเรียน ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น ตารางผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิดหรือชุดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้าจาสถานการณ์ ที่กำหนดให้ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งและสามารถลงข้อสรุปผลการทดลอง สอดคล้องกับ Sampson and Gleim (2009) การสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ในการสนับสนุนข้อสรุปและคำกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ โดยที่นักเรียนได้ทำการสืบเสาะหาความรู้ และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4) ขยายความรู้ นักเรียนจะถูกฝึกโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการสร้างองค์ความรู้ ประกอบไปด้วย

4.1) ระบุปัญหา โดยนักเรียนจะได้ระบุปัญหาจากโจทย์โดยครูผู้สอนเป็นผู้กำหนด รวมถึงการระบุเงื่อนไขและทรัพยากรที่มีสำหรับใช้ ในการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

4.2) ขั้นรวบรวมเอกสาร นักเรียนร่วมกันรวบรวมข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา สำหรับใช้ประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างไฟฉายจาก เซลล์กัลวานิก โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลองเพื่อรวบรวมผลปฏิบัติการทดลอง ในการ สนับสนุนการตัดสินใจเลือกโลหะและสารละลายที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นตัวรีดิวซ์และ ตัวออกซิไดส์และจำนวนเซลล์กัลวานิกที่เหมาะสมเพื่อให้หลอดไฟ LED ติด รวมถึงการรวบรวม ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการต่อวงจรไฟฟ้า, ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน สำหรับการพิจารณาข้อดีและข้อจำกัด สำหรับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก ซึ่งครูผู้สอนมีบทบาทในการแนะแนวทางการรวบรวม เอกสาร โดยใช้คำถามปลายเปิดก่อนกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ในการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก เกี่ยวข้องกับรายวิชาใดและเรื่องใดบ้างเพื่อเป็นการแนะแนวทางการสืบค้นข้อมูลของนักเรียน ซึ่งในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นรวบรวมเอกสารช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาศมรรถนะ การศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ โดยพิจารณาจากแบบทดสอบวัดความฉลาดรู้หลังจัดการเรียนรู้ดังภาพที่ 4.14 พบว่ารูปแบบคำตอบ ของนักเรียนตัดสินใจเลือกโลหะจากการพิจารณาผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถ ในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิด และจากผลการศึกษา ในเชิงปริมาณพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติหลังจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้ เท่ากับ 5.19 และ 1.22 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

4.3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้ออกแบบปฏิบัติการทดลอง โดยการตั้งคำถามการทดลอง สมมติฐานการทดลอง ระบุตัวแปรการทดลอง รวมถึงการระบุทรัพยากร เจื่อนไขหรือข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด และรวมถึงการประยุกต์กิจกรรมที่ 1 เลือกโลหะ และสารละลายที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ และ กิจกรรมที่ 2 จำนวน เซลล์กัลวานิกที่เหมาะสมเพื่อให้หลอดไฟ LED ติด เพื่อใช้ในการออกแบบไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

4.4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผนการออกแบบปฏิบัติการ ลงมือสร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก โดยครูผู้สอนมีบทบาทในการตรวจสอบการ ออกแบบปฏิบัติการทดลอง หากนักเรียนออกแบบปฏิบัติการทดลองผิด ครูจะใช้คำถามกระตุ้นให้ นักเรียนหาคำตอบจากข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสำรวจและค้นพบคำตอบด้วย ตัวเองผ่านการคิดอย่างลึกซึ้งและเป็นระบบ จากกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาศมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ โดยพิจารณาจากการตอบคำถามในแบบวัด ความฉลาดรู้หลังจัดการเรียนรู้พบว่า นักเรียนสามารถระบุคำถามจากสถานการณ์ได้และสามารถ

อธิบายวิธีการตรวจสอบได้ และสามารถประเมินการออกแบบปฏิบัติการทดลอง โดยสามารถบอกข้อจำกัดของปฏิบัติการทดลอง การที่นักเรียนบอกข้อจำกัดการทดลองได้นั้น เนื่องจากนักเรียนเข้าใจตัวแปรการทดลองได้ และสามารถระบุตัวแปรควบคุม ตัวแปรที่ไม่ได้ศึกษาแต่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองได้ ดังภาพที่ 4.11

4.5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน รวมถึงการนำผลไปปรับปรุงหรือพัฒนาตัวชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นในขั้นที่ 5 หากนักเรียนพบว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ นักเรียนสามารถทำซ้ำเพื่อพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ การวนซ้ำของกระบวนการ จะทำให้เกิดการทบทวนและพิจารณาถึงการใช้ข้อมูลวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจและลงมือแก้ไขและพัฒนาชิ้นงานต่อไป จากกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยต่อยอดไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ กระบวนการวนซ้ำจะทำให้นักเรียนสามารถทบทวนการออกแบบปฏิบัติการทดลองและประเมินกระบวนการมีความเหมาะสมชิ้นงานหรือไม่ โดยครูมีบทบาทในการเตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการทดลองให้เพียงพอต่อการทำซ้ำของนักเรียน

4.6) ขั้นนำเสนอ ในขั้นตอนการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาและผลลัพธ์จากการดำเนินงาน รวมถึงการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละกลุ่ม นักเรียนจะได้เห็นข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งช่วยให้พวกเขาสามารถวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตรวจสอบข้อสรุปของตนเองได้ ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนิชนันท์ คำตา (2566) กล่าวว่า ในขั้นการขยายความรู้เป็นการเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมไปใช้อธิบายในสถานการณ์ใหม่ ทำให้เกิดการขยายขอบเขตของความรู้ โดยลักษณะการดำเนินกิจกรรมนั้นใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 1) การระบุปัญหา 2) รวบรวมเอกสารและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข 6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้เพื่อนำความรู้ไปเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

ขั้นที่ 5) ขั้นประเมินความรู้ ใช้การวัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยวัดจากความสำเร็จและประสิทธิภาพของชิ้นงานผ่านการนำเสนอและร่วมกันอภิปราย ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ตั้งคำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปหรือหลักเกณฑ์สำคัญ ใช้คำถามปลายเปิดเน้นให้ผู้เรียนคิดเชื่อมโยงและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากผลการทดลอง และใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ให้นักเรียนคิดเชิงวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตเห็นกับกระบวนการหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง และประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความฉลาดรู้ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้โดยใช้ Data-Driven Inquiry ที่มุ่งเน้นกระบวนการสืบค้นหาคำตอบโดยอาศัยข้อมูล

สนับสนุนการตัดสินใจและการวิเคราะห์ผล โดยใช้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานที่เป็นวิทยาศาสตร์ ในการสนับสนุนกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งคำถาม การวิเคราะห์ผล และการลงข้อสรุป ดังภาพที่ 4.11 นักเรียนสามารถระบุคำถามจากสถานการณ์ได้และสามารถ บอกวิธีการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ ในการสร้างข้อโต้แย้งและข้อสรุปนักเรียนใช้หลักฐาน เชิงประจักษ์ เช่น ตารางผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และ ตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิดหรือชุดข้อมูลค่าศักย์ไฟฟ้าจากสถานการณ์ ที่กำหนดให้ในการสนับสนุนข้อโต้แย้งและสามารถลงข้อสรุปผลการทดลองดังตัวอย่างคำตอบ ในภาพที่ 4.14 และ 4.15 สอดคล้องกับงานวิจัยของภัทราวรรณ ไชยมงคล และคณะ (2560) นักเรียน ร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็นร่วมกันภายในกลุ่ม ลงข้อสรุปโดยการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานและข้อกล่าวอ้างมา ครูมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนใช้หลักฐานและเหตุผล ที่มีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ และเพียงพอในการสนับสนุนข้อสรุป

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ไปใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้เคมีไฟฟ้า เรื่อง เซลล์กัลวานิก การบูรณาการระหว่างกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เนื่องจากมีจุดมุ่งหมายร่วมกันในการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งผ่านการ ลงมือปฏิบัติและสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ สมรรถนะ การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้ประจักษ์พยาน ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ และสมรรถนะการศึกษาค้นคว้า ประเมินและใช้ข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและลงมือปฏิบัติ ได้มีการสอดแทรกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าไปสู่ชั้นขยายความรู้ เพื่อให้ นักเรียนได้มีโอกาสได้ระบุปัญหาหรือประเด็นจากสถานการณ์ ใช้ข้อมูล จากการสำรวจและค้นหา รวมถึงออกแบบปฏิบัติการทดลองและปฏิบัติการทดลองเพื่อสร้าง องค์ความรู้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่าหนึ่งครั้ง กระบวนการดังกล่าวช่วย สนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติซ้ำ จนทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ และนำไปสู่การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้

2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) โดย

นักเรียนเป็นผู้ตั้งคำถามหรือประเด็นการเรียนรู้ จากสถานการณ์ที่ครูนำเสนอ และรวมถึงการออกแบบปฏิบัติการทดลอง การระบุตัวแปรการทดลองและปฏิบัติการทดลองในการสร้างองค์ความรู้ โดยครูผู้สอนมีบทบาทในการแนะแนวทางหรือจัดเตรียมคำถาม กระบวนการ หรือทรัพยากรที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการสืบเสาะความรู้ได้ โดยดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

2.1) ขั้นสร้างความสนใจโดยครูจะเลือกใช้สถานการณ์ปัญหา ที่เชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน เป็นตัวนำความสนใจและการเรียนรู้ของนักเรียนโดยนักเรียนระบุคำถามและประเด็นปัญหาจากสถานการณ์ ทำให้นักเรียนรู้จุดประสงค์ของการเรียนรู้ของตนเอง โดยครูมีบทบาทในการเตรียมสถานการณ์ที่มีความท้าทายที่มีความเกี่ยวข้องกับเซลล์กัลวานิก

2.2) ขั้นสำรวจและค้นหา นักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิด รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการตอบคำถาม และตรวจสอบประเด็นปัญหา หรือจุดประสงค์การเรียนรู้ที่นักเรียนระบุไว้ ครูผู้สอนมีบทบาทในการแนะแนวทางให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสำรวจและค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยใช้การถาม-ตอบ ก่อนการสำรวจและค้นหา

2.3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันนำเสนอข้อสรุป โดยการนำผลการทดลองเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก และสร้างแบบจำลองภาพเป็นสื่อในการอธิบายปรากฏการณ์ ครูมีบทบาทตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้กับผลการทดลอง และครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อฝึกให้นักเรียนนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้มาสร้างความเข้าใจและอธิบายสิ่งที่ค้นพบ

2.4) ขั้นขยายความรู้ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างองค์ความรู้ ประกอบไปด้วยขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมเอกสาร ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข และ ขั้นนำเสนอ โดยครูผู้สอนมีบทบาทแนะแนวทางโดยการใช้คำถามปลายเปิด แนวทางการสืบค้นข้อมูล ตรวจสอบการออกแบบปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนการเตรียมชุดกิจกรรมการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการทดลองให้เพียงพอต่อการทำซ้ำของนักเรียน

2.5) ขั้นประเมินความรู้ วัดและประเมินผลตามสภาพจริงโดยวัดจากประสิทธิภาพของชิ้นงานผ่านการนำเสนอและร่วมกันอภิปราย ซึ่งครูผู้สอนมีหน้าที่ตั้งคำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่ข้อสรุปหรือหลักเกณฑ์สำคัญใช้คำถามปลายเปิด เพื่อเน้นให้ผู้เรียนได้คิดเชื่อมโยงและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากผลการทดลอง และใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ให้นักเรียนได้มีการคิดเชิงวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สังเกตเห็นกับกระบวนการหรือหลักการที่เกี่ยวข้อง

3) จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก สามารถส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในขั้นสำรวจและค้นหาและในขั้นขยายความรู้ สำหรับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และเป็นกระบวนการที่จะต้องมีการทำซ้ำและหาวิธีการแนวทางการแก้ปัญหาจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ ถึงแม้ว่านักเรียนจะสามารถพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพได้นั้น นักเรียนยังขาดการบันทึกผลการทดสอบประสิทธิภาพและแนวทางการปรับปรุงแก้ไข การทบทวนระหว่างกระบวนการ Redesign ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ครูควรแนะนำให้เรียนบันทึกผลการทดสอบและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในทุกกรอบของการ Redesign ชิ้นงาน เพื่อให้นักเรียนสามารถพัฒนาการการพัฒนางานของตนเองได้

4) แบบวัดความฉลาดรู้ เรื่อง เซลล์กลีวานิก ก่อนและหลังจัดการเรียนรู้ โดยใช้ Data-Driven Inquiry ช่วยกับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก เนื่องจากในแบบทดสอบมุ่งเน้นกระบวนการสืบค้นหาคำตอบโดยอาศัยข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจและการวิเคราะห์ผล โดยใช้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานที่เป็นวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งคำถาม การวิเคราะห์ผลและการลงข้อสรุป และในกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับแบบวัดความฉลาดรู้โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนระบุประเด็นจากสถานการณ์และบริบทจากโจทย์ที่กำหนดให้ ฝึกให้นักเรียนได้ออกแบบและประเมินกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์สนับสนุนการสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์

5) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก ซึ่งในกิจกรรมที่ 2 และ 3 นักเรียนจะต้องใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานผ่านปฏิบัติการทดลองและจะต้องมีการทำซ้ำและหาวิธีการแนวทางการแก้ปัญหาจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลา ครูผู้สอนจะต้องบริหารจัดการเวลาให้เหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลีวานิก จะต้องเรียนให้ครบ 5 ขั้นตอนโดยใช้เวลา 3 คาบ (คาบละ 50 นาที) ทำให้นักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งในทางปฏิบัติครูผู้สอนจะต้องใช้วิธีการย้ายคาบสอนเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินการต่อเนื่อง 3 คาบ

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) จากผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรมเรื่อง เซลล์กลั่นวณิก สามารถพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นควรมีการจัดการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรมในการพัฒนาสมรรถนะย่อยอื่น ๆ เช่น การอธิบายถึงศักยภาพของการนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประโยชน์ของสังคม หรือ การตัดสินใจโดยใช้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับส่วนตัวหรือส่วนรวมที่มีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาในปัจจุบันหรือสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืน

2) ในขณะที่ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กลั่นวณิก ได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่านักเรียนมีความสนใจ กระตือรือร้นในการปฏิบัติการทดลองและการสร้างชิ้นงาน ดังนั้นควรมีการศึกษาเจตคติหรืออัตลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Science Identity)

รายการอ้างอิง

- กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บีโตร์เลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- คณะกรรมการวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต. (2556). วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, ศูนย์เอกสารตำรา.
- จตุรภัทร มาศโสภ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ประเด็นวิทยาศาสตร์กับสังคมกับแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 7(2). 1-15.
- จิรวรรณ หนูเจริญ. (2565). การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จารุนันท์ พากิติ และ สุมาลี ชูกำแพง. (2563). การพัฒนาสมรรถนะการแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 7(10), 248-260.
- จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (4 กันยายน 2561). องค์ความรู้ ภาษา - วัฒนธรรม. *เดลินิวส์*, น. 23
- จิรพร แขวงเพชร. (2552). การพัฒนาชุดกิจกรรมการอนุรักษ์ป่าไม้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนมัธยมขนาดนาหวาอุบลรัตน์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- ชลธิชา เก็นซ์. (2562). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เรื่องบรรยากาศด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเพื่อส่งเสริมการรู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา.
- ชาตรี ฝ้ายคำตา. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 11(1), 33-45

- ฐิตีวรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา : ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. วารสารครูพิบูล. 5(2). 122-135.
- ณัฐมน สุชัยรัตน์. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวความคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวทางการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และ การถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. [วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตินา แคมมณี. (2545). รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตินา แคมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทิศา มงคลศรี และ ธิติยา บงกชเพชร. (2566). การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับเกมมิฟิเคชันเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องโมเมนตัม และการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(10). 102-118.
- นิชนันท์ คำตา. (2566). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *e-Journal of Education Studies, Burapha University*, 5(3), 27-42.
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. (2542). นวัตกรรมการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). แนวการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต. 9(1), 136 – 154.
- ปวันรัตน์ ทองหลวง. (2565). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องรูปเรขาคณิตสามมิติ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ปวีณา ชาลีเครือ. (2553). การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พรรณวาท วงศาโรจน์ และ สุมาลี กาญจนชาติ. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการอธิบาย

- ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์. 34(1), 65-73.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. โอเดียนสโตร์.
- พิมพลอย ตามตระกูล. (2565). การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์เรื่อง กรด - เบส ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้บริบทเป็นฐานร่วมกับการใช้เทคโนโลยีสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยนครพนม. 12(1), 291-305.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป. พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พ.ว.).
- พิรตลย์ อ่อนสี. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เพชรศรีรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัทรารวรรณ ไชยมงคล, สกนธ์ชัย ชนะนันทน์, และ จินตนา กล่ำเทศ. (2560). การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 8(1), 27-40.
- ยุพาวรรณ คำทา. (2557). การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการนำความรู้เรื่องบรรยากาศไปใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รพีพล อินสุพรรณ. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ราชบัณฑิตยสภา. (2562). ทำไมต้องสร้างความฉลาดรู้: ศึกษาจากปรากฏการณ์และทำนายอนาคต. <https://www.orst.go.th/FILEROOM/CABROYINWEB/DRAWER004/GENERAL/DATA/0000/00000660.FLP/html/2/#zoom=z>
- ราตรี ยะคำ. (2563). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกบรรพ์ และผลิตภัณฑ์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. 22(1), 190-203.

ศศิธร มงคลทอง. 2548. การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง น้ำเพื่อชีวิต สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.

[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนรู้การสอนที่มีประสิทธิภาพ*. อินเทอร์เน็ตดูเคชั่น ซัพพลายส์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา*. ชัคเซสพับลิเคชัน.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เล่ม 1*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. ม.ป.พ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (11 พฤศจิกายน 2563). *ความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์*. PISATHAILAND. <https://pisathailand.ipst.ac.th/about-pisa/scientific-literacy>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2566). *หนังสือเรียนวิชาเทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมจิต สวณไพบูลย์. (2535). *ธรรมชาติวิทยาศาสตร์*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, คณะศึกษาศาสตร์, ภาควิชาหลักสูตรและการสอน.

สมทบ ศรีคงรักษ์. การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณและจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. 14(2), 309-323.

สุชิน เพ็ชรรักษ์. (2544). รายงานการวิจัยเรื่องการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วย ปัญญาในประเทศไทย. องค์การคำครุสภา.

- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). *สะเต็มศึกษา : ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. โครงการ
เพาะพันธุ์ปัญญา.
- หัตยาพร อินทยศ และนิพัทธ์พงษ์ แสงด้วง. (2565). การวิจัยเชิงทดลอง: แบบแผนและการประยุกต์ใช้.
วารสารสาธารณสุขแพร่เพื่อการพัฒนา. 2(2), 47-64.
- อัญชลี ดั่งด้อย และ อัมรินทร์ อินทร์อยู่. (2014). การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์
เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. *บูรณาการงานวิจัย เพื่อพัฒนา
ท้องถิ่นสู่ประชาคมอาเซียน*. 1, 277-285.
- อับดุลเลาะ อุมาร์. (2562). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เรื่องสมดุลเคมี ที่มี
ต่อแบบจำลองทางความคิด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*.
30(1), 181-194.
- อุษณีย์ ดวงพรหม. (2561). การตั้งสมมติฐานในการวิจัย. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัย
มหาสารคาม*. 17(2)
- Duffy, T. M., & Cunningham, D. J. (1996). *Constructivism: Implication for the Design and
Delivery of Instruction*. Simon & Schuster Macmillan.
- Gilbert, J. K. (2006). "On the nature of "Context" in chemical education." *International
Journal of Science Education* 28(9), 957-976.
- Labov J. B., Reid A. H., & Yamamoto K. R.. (2010). Integrated Biology and Undergraduate
Science Education: A New Biology Education for the Twenty-First Century?.
CBE—Life Sciences Education. 9(1), 10-16.
- Kahar, M. S., Susilo, S., Abdullah, D., & Oktaviany, V. (2022). The effectiveness of the
ntegrated inquiry guided model STEM on students scientific literacy abilities.
International Journal of Nonlinear Analysis and Applications. 13(1), 1667-1672.
- Nelson, L. W. (1975). *Science activities for elementary children (5th ed.)*, Wm.C.Brown.
- OECD. (2018). "PISA 2018 Science Framework", in *PISA 2018 Assessment and
Analytical Framework*. OECD.
- Ong, E., Luo, X., Yuan, J., & Yingprayoon, J. (2020). The effectiveness of a professional
development program on the use of stem-based 5e inquiry learning model for
science teachers in China. *Science Education International*, 31(2), 179-184.
- Paivio, A. (2014). *Mind and Its Evolution A Dual Coding Theoretical Approach*.

Psychology Press.

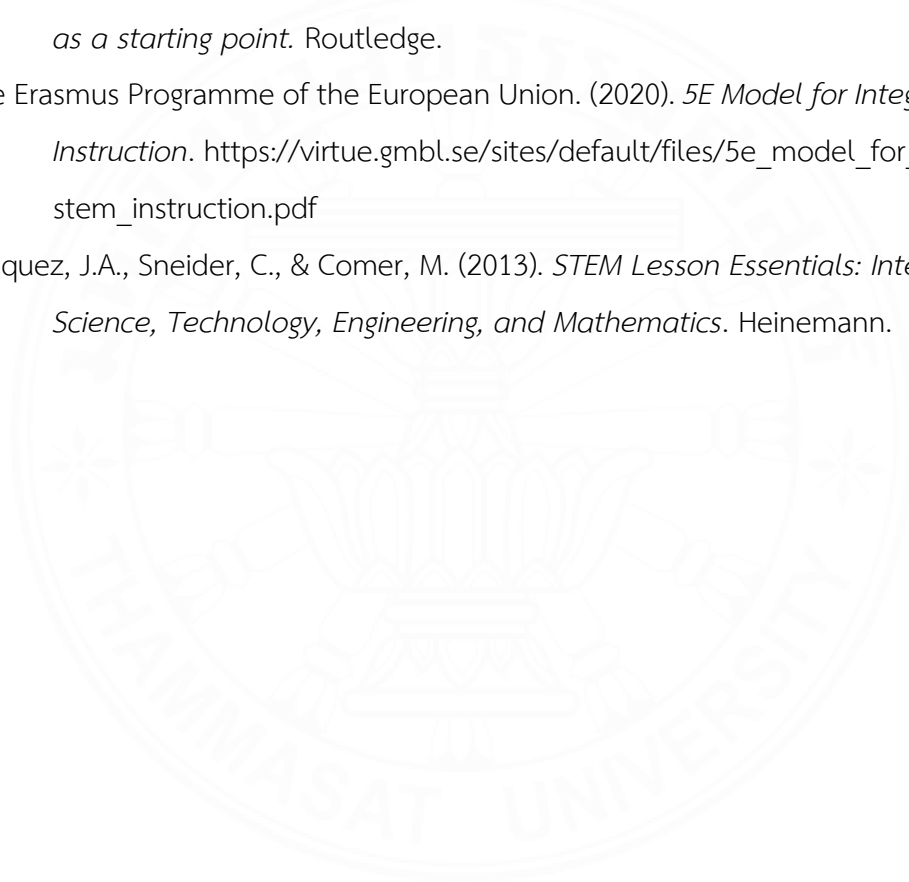
Papert, S. & Harel, I. (1990). Situating constructionism. In Harel (Ed.), *Constructionist learning*. Cambridge, MIT Media Laboratory.

Sampson, V., & Gleim, L. (2009). Argument-Driven Inquiry to Promote the Understanding of Important Concepts & Practices in Biology. *The American Biology Teacher*, 71(8), 465-472.

Settlage, J., & Southerland, S. A. (2012). *Teaching science to every child: Using culture as a starting point*. Routledge.

The Erasmus Programme of the European Union. (2020). *5E Model for Integrated STEM Instruction*. https://virtue.gmbl.se/sites/default/files/5e_model_for_integrated_stem_instruction.pdf

Vasquez, J.A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Heinemann.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ที่ให้คำแนะนำให้คำปรึกษา ตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือก่อนนำไปใช้ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะที่ดี สำหรับการแก้ไขเครื่องมือให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยมากขึ้น สำหรับรายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ดร.เปรมปรีดี ดวงภูมิเมศ
อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรและคณิตศาสตร์ศึกษา (หลักสูตรสองภาษา)
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ดร.อัศวนนทปกรณ์ ธเนศวรภัทร
สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้ชุดกิจกรรม เรื่อง เซลล์กัลวานิก ต่อความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์

“กิจกรรมที่ 1 ความสามารถในการเป็นตัววิดิวิซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ”

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัววิดิวิซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะเวลา 3 คาบ

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

1.3 คณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวนผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

2.1 วิทยาศาสตร์ (S)

- อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์
- ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิดิวิซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์

2.2 เทคโนโลยี (T)

- ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.3 คณิตศาสตร์ (M)

1. เปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ ใช้รูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง

2.4 วิทยาศาสตร์ (E)

1. ออกแบบปฏิบัติการทดลองการศึกษาความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุคำถามการทดลองความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ
2. สร้างสมมติฐานการทดลองความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ
3. ระบุตัวแปรการทดลองความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ
4. อธิบายและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะที่สอดคล้องกับผลการทดลอง
5. เขียนปฏิกิริยารีดอกซ์ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง
6. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ที่เหมาะสมจากผลการทดลอง

4.สาระสำคัญ

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้หรือรับอิเล็กตรอนของสารตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่าจะมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดี และตัวรีดิวซ์ที่แรงกว่าจะมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนได้ดี หรือพิจารณาจากค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (Standard reduction potential; E^0) สารใดมีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์สูง จะมีความสามารถในการดึงคู่อิเล็กตรอนได้ดีกว่าสารตัวอื่น

5. กิจกรรมการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1) ครูยกสถานการณ์ “หมู่บ้านของนักเรียนเป็นหมู่บ้านที่อาศัยอยู่ในป่า วันหนึ่งเกิดเหตุการณ์ดินถล่มทำให้ไฟฟ้าภายในหมู่บ้านใช้การไม่ได้ ซึ่งผู้ใหญ่บ้านได้มอบภารกิจให้นักเรียนสร้างไฟฉายเอาไว้เพื่อใช้สำหรับการให้แสงสว่างในการเดินทางหรือการทำกิจกรรมในครอบครัว

แต่เนื่องจากหมู่บ้านของนักเรียนอยู่ห่างไกลภายในหมู่บ้านไม่มีบ้านใดเลยที่มีถ่านไฟฉาย และเนื่องจากนักเรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์และมีความรู้เรื่อง เคมีไฟฟ้า จึงได้รับการฝึกในการสร้างไฟฉายในครั้งนี้”

2) ครูใช้คำถาม “ถ้านักเรียนจะต้องเป็นคนสร้างไฟฉายให้กับคนในหมู่บ้าน นักเรียนคิดว่าไฟฉายมีองค์ประกอบอะไรบ้าง”

แนวคำตอบ: 1. แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า เช่น ถ่าน แบตเตอรี่ 2. ตัวนำไฟฟ้า จะเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่เป็นเส้นทางในการเดินทางของกระแสไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สายไฟ 3. หลอดไฟ

3) ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นนักเรียน “ส่วนใหญ่ไฟฉายจะใช้ถ่านเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เพราะเหตุใดถ่านไฟฉายจึงสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้”

แนวคำตอบ: ถ่านไฟฉายเป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า โดยขั้วแอโนด (ขั้วลบ) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และขั้วแคโทด (ขั้วบวก) เกิดปฏิกิริยารีดักชัน

4) ครูยกสถานการณ์ต่อ “ผู้ใหญ่วัยได้แจ้งมาว่า ภายในหมู่บ้านมีโลหะทองแดง, เหล็ก, แมกนีเซียม และสังกะสี แล้วนักเรียนจะใช้โลหะใดในการนำมาเป็นขั้วไฟฟ้าในถ่านไฟฉายของตนเอง”

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (40 นาที)

1) แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 คน จำนวน 6 กลุ่ม และกลุ่มละ 3 คน จำนวน 2 กลุ่ม คละความสามารถทางการเรียนประกอบด้วยนักเรียนเก่ง กลาง และอ่อน และในกิจกรรม 2 และ 3 นักเรียนจะยังคงอยู่กลุ่มเดิม

2) ครูแจกชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 1 ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ กลุ่มละ 1 ชุด และแนะนำอุปกรณ์ในชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 1 ดังตาราง

ลำดับที่	วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน
1	สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
2	สารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
3	สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
4	สารละลายไอออน (II) ซัลเฟต (FeSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
5	แผ่นโลหะทองแดง (Cu)	4 แผ่น
6	แผ่นโลหะสังกะสี (Zn)	4 แผ่น
7	แผ่นโลหะแมกนีเซียม (Mg)	4 แผ่น
8	แผ่นโลหะเหล็ก (Fe)	4 แผ่น
9	ถาดหลุม	1 ถาด
10	ปิเปตพลาสติก	4 หลอด
11	กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 แผ่น
12	ไม้จิ้มฟัน	5 แท่ง

3) นักเรียนตรวจสอบอุปกรณ์ชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 1 และ ศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

4) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายการออกแบบปฏิบัติการทดลองหัวข้อต่อไปนี้

- คำถามการทดลอง

แนวคำตอบ 1. โลหะและไอออนของโลหะชนิดใดที่มีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์สูงสุด?

2. โลหะและไอออนของโลหะชนิดใดที่มีความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์สูงสุด?

- สมมติฐานการทดลอง

แนวคำตอบ โลหะแมกนีเซียมมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์สูงสุด และสารละลายคอปเปอร์ไอออน (Cu^{2+}) มีความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์สูงสุด

- ตัวแปรการทดลอง (ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม)

แนวคำตอบ ตัวแปรต้น ชนิดของโลหะ และชนิดของสารละลาย

ตัวแปรตาม ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

ตัวแปรควบคุม มวลและขนาดของโลหะ, ความเข้มข้นของสารละลาย, ปริมาตรของสารละลาย

4) ครูอธิบายวิธีการทดลอง เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

5) นักเรียนปฏิบัติการทดลองเรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ สังเกตและบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 1

5.3 ขั้วอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (50 นาที)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มลงข้อสรุปผลการทดลอง เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

2) นักเรียนนำเสนอข้อสรุปผลการทดลอง เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ และการเลือกตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุด พร้อมแสดงเหตุผลประกอบการเลือกหน้าชั้นเรียนกลุ่มละ 5 นาที

3) นักเรียน ครูร่วมกันตั้งคำถามและอภิปรายข้อสรุปผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

5.4 ขั้วขยายความรู้ (Elaboration) (50 นาที)

1) ครูแสดงตารางค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (ในหนังสือเคมี เล่ม 4 หน้า 120-122) และให้นักเรียนหาค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะคอปเปอร์ (Cu), สังกะสี (Zn), แมกนีเซียม (Mg) และ เหล็ก (Fe) ตามลำดับ

แนวคำตอบ 0.34 V , -0.76 V , -2.37 V และ -0.44 V ตามลำดับ

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย โดยครูใช้คำถาม “ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของโลหะกับแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยารีดักชันอย่างไร”

แนวคำตอบ ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันมากกว่า จะมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยารีดักชันได้ง่ายกว่า หรือทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์ได้ดี ในทางตรงกันข้าม โลหะที่มีค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันต่ำจะมีแนวโน้มที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่าและทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ได้ดี

3) ครูตั้งคำถามและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตอบร่วมกันหาคำตอบ

1. ถ้าใส่ทองคำ (Au) ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ทองคำจะเกิดการออกซิไดส์กลายเป็นไอออนหรือไม่ เพราะเหตุใด



รูปที่ 2 แสดงการใส่ทองคำ (Au) ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

แนวคำตอบ: ไม่เกิดเนื่องจากไอออนของ Au (Au^{3+}) เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีกว่า H^+ ดังนั้น H^+ จึงไม่สามารถรับอิเล็กตรอนจาก Au ได้

5.5 ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)

- 1) ประเมินผลจากการนำเสนอข้อสรุปผลการทดลอง เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ
- 2) ประเมินผลจากการทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ
- 3) ประเมินจากการตอบคำถามของนักเรียน

6. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะ และไอออนของโลหะ
2. ชุดกิจกรรมสะสมแต้ม เรื่องเซลล์กัลวานิก Part 1 เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ระบุคำถามการทดลองความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- 3 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 2 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาเบื้องต้นและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 1 คะแนน ระบุคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อได้ เป็นคำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว ไม่ได้แสดงการเชื่อมโยงกับความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อนำไปสู่การทดลองได้
2. สร้างสมมติฐานการทดลองความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- 3 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้อย่างชัดเจน - 2 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา แต่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลไม่ชัดเจน - 1 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา บางส่วน
3. ระบุตัวแปรการทดลองความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- 3 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง ครบถ้วน - 2 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
			ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน - 1 คะแนน ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
4. อธิบายและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะที่สอดคล้องกับผลการทดลอง	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 - ประเมินจากการนำเสนอในห้องเรียน	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 - แบบประเมินการนำเสนอ	- 3 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยผลที่ได้จากการทำการทดลองและสอดคล้องกับการสรุปผล - 2 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยผลที่ได้จากการทำการทดลองเป็นส่วนใหญ่และสอดคล้องกับการสรุปผล - 1 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยผลที่ได้จากการทำการทดลองและสอดคล้องกับการสรุปผลบางส่วน
5. เขียนปฏิกิริยารีดอกซ์ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1	- 1 คะแนน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ถูกต้อง - 0 คะแนน เขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ไม่ถูกต้อง
6. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์ที่เหมาะสมจากผลการทดลอง	- ประเมินจากการนำเสนอในห้องเรียน	- แบบประเมินการนำเสนอ	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ

แบบประเมินการนำเสนอ

เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวริ้วและตัวออกซีไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

กลุ่มที่

สมาชิก

1. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
3. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
4. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การนำเสนอผลการทดลอง			
2. เปรียบเทียบผลการทดลองความสามารถในการเป็นตัวริ้วและตัวออกซีไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ			
3. อธิบายความสามารถในการเป็นตัวริ้วและตัวออกซีไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ			
4. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป			
5. บุคลิกภาพและการแสดงออก			
คะแนนรวม (10)			

เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ
เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การนำเสนอผลการทดลอง	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาไม่สอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาสอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลองบางส่วน	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาสอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง
2. เปรียบเทียบผลการทดลองความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ	- เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะโดยไม่อ้างอิงผลการทดลอง	- เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง - ไม่ใช่รูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายสรุปผลการทดลอง	- เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง - ใช้รูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมายสรุปผลการทดลอง
3. อธิบายความสามารถในการเป็นตัววิเศษและตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ	- อธิบายโดยไม่อ้างอิงผลการทดลอง - อธิบายโดยไม่สอดคล้องกับทฤษฎี	- อธิบายโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง - อธิบายโดยการอ้างถึงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0) - ไม่แสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ประกอบการอธิบาย	- อธิบายโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง - อธิบายโดยการอ้างถึงค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน (E^0) - แสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ประกอบการอธิบาย
4. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป	- นำเสนอข้อโต้แย้งโดยไม่ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมา	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจน แต่ไม่เชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองและมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจนและเชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
5. บุคลิกภาพและการแสดงออก	มีการอ่านสไลด์หรือเอกสารตลอดช่วงการนำเสนอ	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางไม่ได้เหมาะสมหรือบุคลิกไม่มีความมั่นใจ หรือแต่งกายไม่สุภาพเรียบร้อย ใดๆ อย่างหนึ่ง	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางได้เหมาะสม - บุคลิกมีความมั่นใจ - แต่งกายสุภาพเรียบร้อย

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

เรื่อง ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. ทดลองปฏิกิริยารีดอกซ์ระหว่างโลหะและไอออนของโลหะคู่ต่าง ๆ
2. เปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

โลหะ

วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

ลำดับที่	วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน
1	สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
2	สารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
3	สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
4	สารละลายไอออน (II) ซัลเฟต (FeSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
5	แผ่นโลหะทองแดง (Cu)	4 แผ่น
6	แผ่นโลหะสังกะสี (Zn)	4 แผ่น
7	แผ่นโลหะแมกนีเซียม (Mg)	4 แผ่น
8	แผ่นโลหะเหล็ก (Fe)	4 แผ่น
9	หลอดหลุม	1 ถาด
10	ปิเปตพลาสติก	4 หลอด
11	กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	1 แผ่น
12	ไม้จิ้มฟัน	5 แท่ง

วิธีการทดลอง

1. ขัดแผ่นโลหะ Cu , Zn , Mg และ Fe ด้วยกระดาษทราย
2. ใส่สารละลาย CuSO_4 ลงในหลอดหลุมคอลิ้นที่ 1 จำนวน 4 หลุม ZnSO_4 คอลิ้นที่ 2 จำนวน 4 หลุม MgSO_4 คอลิ้นที่ 3 จำนวน 4 หลุม และ FeSO_4 คอลิ้นที่ 4 จำนวน 4 หลุม ปริมาตรหลุมละ 0.25 มิลลิลิตร สังเกตสีของสารละลาย
3. จุ่มแผ่นโลหะ Cu ลงในแก้วที่ 1 หลุมละ 1 แผ่น Zn ลงในแก้วที่ 2 หลุมละ 1 แผ่น Mg ลงในแก้วที่ 3 หลุมละ 1 แผ่น และ Fe ลงในแก้วที่ 4 หลุมละ 1 แผ่น
4. ตั้งทิ้งไว้ 1-2 นาที สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งสารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้ไม้จิ้มฟันเขี่ยออก และสังเกตแผ่นโลหะอีกครั้ง

1. คำถามการทดลอง

.....

.....

.....

2. สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

3. ตัวแปรการทดลอง

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ผลการทดลองความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ

สารละลาย โลหะ	CuSO_4	ZnSO_4	MgSO_4	FeSO_4
Cu				
Zn				
Mg				
Fe				

คำถามท้ายการทดลอง

1. โลหะและไอออนของโลหะคู่ใดที่เกิดปฏิกิริยาเคมี ทราบได้อย่างไร

.....

.....

.....

2. สารใดเป็นตัวรีดิวซ์และสารใดเป็นตัวออกซิไดส์ของแต่ละปฏิกิริยาในข้อที่ 1

.....

.....

.....

.....

3. เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

4. เรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะ

.....

5. เรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ของไอออนของโลหะ

.....

5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ข้อเสนอแนะ

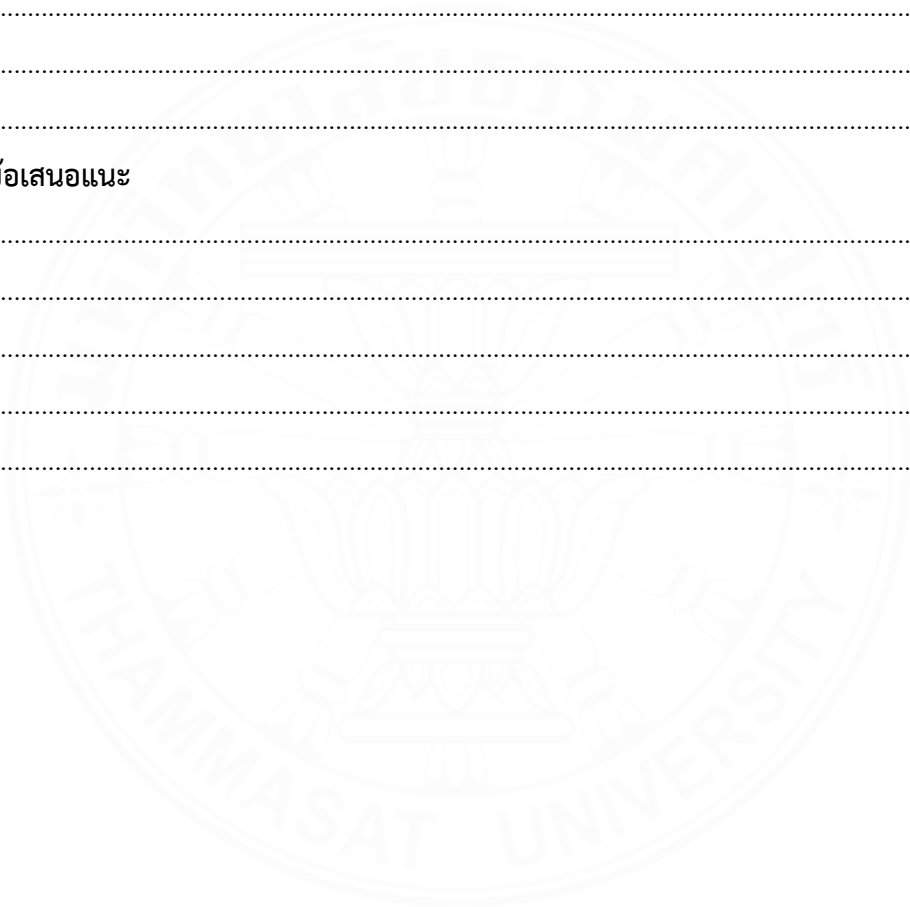
.....

.....

.....

.....

.....



“กิจกรรมที่ 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด”

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง เคมีไฟฟ้า

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก

เวลา 3 คาบ

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2 คณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการและอสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

1.3 เทคโนโลยี

มาตรฐาน 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

2.1 วิทยาศาสตร์ (S)

1. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์
2. คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์กัลวานิก

2.2 คณิตศาสตร์ (M)

1. เข้าใจและใช้สมบัติของการเท่ากันและสมบัติของจำนวน เพื่อวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

2.3 เทคโนโลยี (T)

1. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่น เข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบวางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

2. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด
3. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากวิทยาศาสตร์ (เคมีและฟิสิกส์) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

2.4 วิศวกรรมศาสตร์ (E)

1. ออกแบบปฏิบัติการทดลองการศึกษาจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
2. พัฒนาโมเดลการต่อวงจรของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุคำถามการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
2. สร้างสมมติฐานการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
3. ระบุตัวแปรการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
4. สร้างแบบจำลองอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง
5. อธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง
6. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุปจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง

4. สารสำคัญ

เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าไปยังแคโทดซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่า โดยผลต่างระหว่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (Cell potential, E_{cell}) มีหน่วยเป็นโวลต์ (V) สามารถวัดด้วยโวลต์มิเตอร์

5. กิจกรรมการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (5 นาที)

1) จากสัปดาห์ที่แล้ว นักเรียนสามารถเลือกโลหะสำหรับใช้ในการทำขั้วแอโนดและแคโทดในการทำถ่านไฟฉายแล้ว นักเรียนเลือกใช้โลหะและสารละลายใดในการผลิตกระแสไฟฟ้า

2) ครูสาธิตการทดสอบโดยการนำหลอดไฟ LED ต่อเข้ากับถ่านไฟฉาย 1.5 โวลต์ 1 ก้อน เทียบกับการใช้ถ่านไฟฉาย 1.5 โวลต์ 2 ก้อนดังภาพที่ 1 และให้นักเรียนสังเกตผลการทดสอบ



ภาพที่ 1 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้าของหลอดไฟ LED

3) ครูใช้คำถาม “จากผลการทดสอบเพราะเหตุใดการใช้ถ่านไฟฉาย 1 ก้อน ไม่สามารถทำให้หลอดไฟ LED ติด”

(แนวคำตอบ : ถ่านไฟฉายมีแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1.5 โวลต์แต่หลอดไฟ LED มีแรงดันไฟฟ้า 3 โวลต์ ถ่านไฟฉาย 1 ก้อนอาจไม่สามารถให้แรงดันไฟฟ้าที่เพียงพอในการเปิดใช้งาน LED ได้ จึงจำเป็นต้องใช้ถ่านไฟฉาย 2 ก้อนในการทำให้หลอดไฟ LED ติด)

4) ครูใช้คำถาม “ถ่านไฟฉายมีแรงดันไฟฟ้าระบุไว้อย่างชัดเจน ในขณะที่นักเรียนกำลังผลิตถ่านไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก นักเรียนจะหาแรงดันไฟฟ้าของถ่านไฟฉายของตนได้อย่างไร”

(แนวคำตอบ ใช้เครื่องมือโวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุดโดยใช้การต่อขนานกับวงจรที่ต้องการวัด)

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20 นาที)

1) ครูแจกชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด กลุ่มละ 1 ชุด และแนะนำอุปกรณ์ในชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 2 ดังตาราง

ลำดับที่	วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน
1	สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
2	สารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
3	สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
4	สารละลายไอออน (II) ซัลเฟต (FeSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
5	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	10 mL
6	แผ่นโลหะทองแดง (Cu)	5 แผ่น
7	แผ่นโลหะสังกะสี (Zn)	5 แผ่น
8	แผ่นโลหะแมกนีเซียม (Mg)	5 แผ่น
9	แผ่นโลหะเหล็ก (Fe)	5 แผ่น
10	ปิ๊กเกอร์ขนาด 25 mL	8 ปิ๊กเกอร์
11	กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	3 แผ่น
12	กระดาษกรอง	1 แผ่น
13	สายไฟปากจระเข้สีแดง	4 เส้น

ลำดับที่	วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน
14	สายไฟปากจระเข้สีดำ	4 เส้น
15	หลอด LED ขนาด 3 โวลต์	3 หลอด
16	โวลต์มิเตอร์	1 เครื่อง

2) นักเรียนตรวจสอบอุปกรณ์ชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 2 และศึกษาใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี และออกแบบปฏิบัติการทดลองโดยระบุ คำถามการทดลอง สมมติฐานการทดลอง และตัวแปรการทดลอง (ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม) 5 นาที

3) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายการออกแบบปฏิบัติการทดลองหัวข้อต่อไปนี้

- คำถามการทดลอง

แนวคำตอบ ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการใช้ขั้วไฟฟ้าและสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากกิจกรรมที่

1 มีความแตกต่างกับค่าทฤษฎีหรือไม่ เพราะเหตุใด

- สมมติฐานการทดลอง

แนวคำตอบ เซลล์กัลวานิกใช้ขั้วไฟฟ้าและสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากกิจกรรมที่ 1 จะสร้างศักย์ไฟฟ้าที่สามารถวัดได้ใกล้เคียงกับค่าทฤษฎี

- ตัวแปรการทดลอง (ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม)

แนวคำตอบ ตัวแปรต้น ขั้วไฟฟ้าและสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากกิจกรรมที่ 1

ตัวแปรตาม ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้

ตัวแปรควบคุม ขนาดและพื้นที่ผิวของโลหะ ปริมาตรสารละลายที่ใช้ในแต่ละเซลล์

4) นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา Part 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้า โดยการเลือกใช้โลหะและสารละลายจากผลการทดลองในกิจกรรมที่ 1 สังเกตและบันทึกผลการทดลองลงในกิจกรรมที่ 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

5.3 ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (25 นาที)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มลงข้อสรุปผลการทดลอง ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้า

2) นักเรียนนำเสนอข้อสรุปผลการทดลองและอธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้า

3) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปองค์ความรู้จากผลการทดลองตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้าในหัวข้อ

- การทำให้หลอดไฟ LED ขนาด 3 โวลต์ ติดจะต้องใช้เซลล์กัลวานิกกี่เซลล์
- ทำไมค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดจริงกับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณถึงมีค่าต่างกัน

4) ครูแสดงตารางศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (Standard reduction potential; E^0)

5) ครูใช้คำถามหากนำครึ่งเซลล์ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Cu}(\text{s})$ ต่อกับครึ่งเซลล์ของ $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Zn}(\text{s})$ จะเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่าใด โดยการพิจารณาจากตารางศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (Standard reduction potential; E^0)

(แนวคำตอบ ครึ่งเซลล์ $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Cu}(\text{s})$ มีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็น 0.34 โวลต์ และ $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Zn}(\text{s})$ มีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เป็น -0.76 โวลต์ มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.1 โวลต์

6) ครูให้นักเรียนสรุปหลักการจากการหาความต่างศักย์ไฟฟ้าของเซลล์จากการใช้ตารางศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน (Standard reduction potential; E^0)

(แนวคำตอบ ศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของสาร ค่าศักย์ไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่าจะเกิดปฏิกิริยารีดักชันที่ขั้วแคโทด และค่าศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าน้อยกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ขั้วแคโทดสามารถคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ได้จากผลต่างของค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันที่แคโทด (E_{cathode}) และแอโนด (E_{anode}) ดังนี้

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}} - E_{\text{anode}}$$
)

5.4 ขยายความรู้ (Elaboration) (100 นาที)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติการทดลองในกิจกรรมที่ 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด ตอนที่ 2 การหาจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด โดยครูกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ขนาด 3 โวลต์ จำนวน 3 หลอดติด

2) นักเรียนใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการระบุปัญหา สืบค้นข้อมูล ออกแบบ และวางแผนการต่อวงจรของเซลล์กัลวานิกโดยอาศัยองค์ความรู้เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าในวิชาฟิสิกส์ และองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกในวิชาเคมี

3) แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการออกแบบและวางแผนการต่อวงจรเซลล์กัลวานิกทำให้หลอดไฟ LED ติด กลุ่มละ 5 นาที

4) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการออกแบบและวางแผนการต่อวงจรเซลล์กัลวานิกทำให้หลอดไฟ LED ติด

5) นักเรียนสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง

6) นักเรียนนำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง กลุ่มละ 5 นาที

7) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลการทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวงสว่าง ในหัวข้อ

- จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ต้องใช้ในการทำให้หลอดไฟ LED ติดคือเท่าใด
- การจัดเรียงเซลล์กัลวานิกในแบบอนุกรมส่งผลอย่างไรต่อแรงดันไฟฟ้ารวมที่จ่ายให้หลอดไฟ

LED

8) นักเรียนนำเซลล์กัลวานิกไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของครูและเพื่อนร่วมชั้น

9) ครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียนหากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

5.5 ขั้นตอนประเมินความรู้ (Evaluation)

1) ประเมินผลจากการนำเสนอข้อสรุปผลการทดลองและอธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ที่สอดคล้องกับผลการทดลอง ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์เคมีไฟฟ้า

2) ประเมินผลจากการนำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง

3) ประเมินผลจากการวัดความสำเร็จของชิ้นงานวงจรเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง

4) ประเมินผลจากการทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

5) ประเมินจากการตอบคำถามของนักเรียน

6. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
2. ชุดกิจกรรมเพิ่มเติม เรื่องเซลล์กัลวานิก Part 2 จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

แหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
1. ระบุคำถามการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- 3 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 2 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความเข้าใจเนื้อหาเบื้องต้นและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 1 คะแนน ระบุคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อได้ เป็นคำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว ไม่ได้แสดงการเชื่อมโยงกับความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อนำไปสู่การทดลองได้
2. สร้างสมมติฐานการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- 3 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้อย่างชัดเจน - 2 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา แต่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลไม่ชัดเจน - 1 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา บางส่วน
3. ระบุตัวแปรการทดลองจำนวนเซลล์ของเซลล์กลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2	- 3 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ ถูกต้อง ครบถ้วน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
			- 2 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน - 1 คะแนน ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
4. สร้างแบบจำลอง อธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดที่สอดคล้องกับผลการทดลอง	- ประเมินจาก การตรวจใบ กิจกรรมการ เรียนรู้ที่ 2	- แบบประเมิน ใบกิจกรรมการ เรียนรู้ที่ 2	- 3 คะแนน สร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการภายใน เซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดถูกต้อง และสามารถระบุข้อจำกัดของแบบจำลองได้ - 2 คะแนน สร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการภายใน เซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดถูกต้องส่วนใหญ่ และสามารถระบุ ข้อจำกัดของแบบจำลองได้ - 1 คะแนน สร้างแบบจำลองที่สามารถแสดงกระบวนการภายใน เซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดถูกต้องบางส่วน
5. อธิบาย องค์ประกอบของเซลล์ กัลวานิกและเขียน สมการเคมีของ ปฏิกิริยาที่แอโนดและ แคโทดปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ ที่ สอดคล้องกับผลการ ทดลอง	- ประเมินจาก การนำเสนอใน ห้องเรียน - ประเมิน ชิ้นงานวงจร เซลล์กัลวานิกที่ ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง	- แบบประเมิน การนำเสนอ - แบบประเมิน ชิ้นงาน	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ

จุดประสงค์ การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
6. สร้างข้อโต้แย้งใน การสนับสนุนข้อสรุป จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ ทำให้หลอดไฟ LED ติดที่สอดคล้อง กับผลการทดลอง	- ประเมินจาก การนำเสนอใน ห้องเรียน	- แบบประเมิน การนำเสนอ	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ

แบบประเมินการนำเสนอ
เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

กลุ่มที่

สมาชิก

1. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
3. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
4. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การนำเสนอผลการทดลอง			
2. อธิบายทฤษฎีและเนื้อหาที่สอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง			
3. ใช้แบบจำลองอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด			
4. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป			
5. บุคลิกภาพและการแสดงออก			
คะแนนรวม (15)			

เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ
เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การนำเสนอผลการทดลอง	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาไม่สอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาสอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลองบางส่วน	แสดงภาพผลการทดลองบันทึกข้อมูลโดยมีการใช้ตาราง และใช้สัญลักษณ์แสดงการเกิดปฏิกิริยาสอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง
2. อธิบายทฤษฎีและเนื้อหาที่สอดคล้องกับผลการปฏิบัติการทดลอง	- ไม่สามารถอธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิก - ไม่สามารถเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม - ไม่แสดงแผนภาพเซลล์กัลวานิก - อธิบายโดยไม่อ้างอิงผลการทดลอง	- อธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกถูกบางส่วน - เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวมถูกบางส่วน - แสดงแผนภาพเซลล์กัลวานิกถูกบางส่วน - อธิบายโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง	- อธิบายองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกถูกต้องทั้งหมด - เขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวมถูกต้องทั้งหมด - แสดงแผนภาพเซลล์กัลวานิกถูกต้องทั้งหมด - อธิบายโดยอ้างอิงจากผลการทดลอง
3. ใช้แบบจำลองอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด	- ไม่แสดงแบบจำลองประกอบการอธิบาย	- แบบจำลองสอดคล้องกับผลการทดลอง - ใช้แบบจำลองอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด แต่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎี	- แบบจำลองสอดคล้องกับผลการทดลอง - ใช้แบบจำลองอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดสอดคล้องกับทฤษฎี

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
		- ไม่แสดงองค์ความรู้เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าในการอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด	- ใช้องค์ความรู้เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าอธิบายเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด
4. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป	- นำเสนอข้อโต้แย้งโดยไม่ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมา	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจนแต่ไม่เชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองและมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจนและเชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
5. บุคลิกภาพและการแสดงออก	มีการอ่านสไลด์หรือนำเสนอเอกสารตลอดช่วงการนำเสนอ	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือนำเสนอเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางไม่ได้เหมาะสมหรือบุคลิกไม่มีความมั่นใจ หรือแต่งกายไม่สุภาพเรียบร้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือนำเสนอเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางได้เหมาะสม - บุคลิกมีความมั่นใจ - แต่งกายสุภาพเรียบร้อย

ประเมินการนำเสนอ
เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

กลุ่มที่

สมาชิก

1. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
3. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
4. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. วงจรของเซลล์กัลวานิก			
2. ความสว่างของหลอดไฟ			
3. ค่าความสว่างของหลอดไฟ			
4. ระยะเวลาหลอดไฟ LED ติด			
คะแนนรวม (12)			

เกณฑ์การประเมิน ชิ้นงานวงจรเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง

เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. วงจรของเซลล์กัลวานิก	- องค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกถูกต้องบางส่วน - การต่อวงจรระหว่างเซลล์ถูกต้องบางส่วน - สายไฟที่ใช้ในการต่อวงจรไม่มีความเป็นระเบียบ	- องค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกถูกต้องทั้งหมด - การต่อวงจรระหว่างเซลล์ถูกต้องส่วนใหญ่ - สายไฟที่ใช้ในการต่อวงจรไม่มีความเป็นระเบียบ	- องค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกถูกต้องทั้งหมด - การต่อวงจรระหว่างเซลล์ถูกต้องทั้งหมด - สายไฟที่ใช้ในการต่อวงจรมีความเป็นระเบียบ
2. ความสว่างของหลอดไฟ	หลอดไฟ LED ไม่ติดทั้ง 3 ดวง	หลอดไฟ LED ติด 1 - 2 ดวง	หลอดไฟ LED ติดทั้ง 3 ดวง
3. ค่าความสว่างของหลอดไฟ	หลอดไฟ LED ไม่ติดทั้ง 3 ดวง	ความสว่างน้อยกว่า 100 lux	ความสว่างมากกว่า 100 lux
4. ระยะเวลาหลอดไฟ LED ติด	หลอดไฟ LED ไม่ติดทั้ง 3 ดวง	สว่างน้อยกว่า 10 นาที	สว่างมากกว่า 10 นาที

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง จำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. ทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเซลล์กัลวานิกกับศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิก
3. ทดสอบและหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่เหมาะสม ที่สามารถทำให้หลอดไฟ LED ติดได้

วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี

ลำดับที่	วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน
1	สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
2	สารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
3	สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
4	สารละลายไอออน (II) ซัลเฟต (FeSO_4) 0.1 mol/dm ³	100 mL
5	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	10 mL
6	แผ่นโลหะทองแดง (Cu)	5 แผ่น
7	แผ่นโลหะสังกะสี (Zn)	5 แผ่น
8	แผ่นโลหะแมกนีเซียม (Mg)	5 แผ่น
9	แผ่นโลหะเหล็ก (Fe)	5 แผ่น
10	ปิ๊งเกอร์ขนาด 25 mL	8 ปิ๊งเกอร์
11	กระดาษทรายขนาด 3 cm x 3 cm	3 แผ่น
12	กระดาษกรอง	1 แผ่น
13	สายไฟปากจระเข้สีแดง	4 เส้น
14	สายไฟปากจระเข้สีดำ	4 เส้น
15	หลอด LED ขนาด 3 โวลต์	3 หลอด
16	โวลต์มิเตอร์	1 เครื่อง

ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

วิธีการทดลอง

1. ขัดแผ่นโลหะที่ใช้สำหรับเป็นขั้วแคโทดและแอโนดจากกิจกรรมที่ 1 ด้วยกระดาษทรายใช้กระดาษเยื่อเช็ดเศษโลหะที่ติดอยู่กับแผ่นโลหะออก
2. จุ่มแผ่นโลหะขั้วแคโทดลงในปิ๊งเกอร์ที่มีไอออนของโลหะขั้วแคโทด ปริมาตร 15 mL และจุ่มแผ่นโลหะขั้วแอโนดลงในปิ๊งเกอร์ที่มีไอออนของโลหะขั้วแอโนด ปริมาตร 15 mL
3. นำปิ๊งเกอร์ที่มีขั้วโลหะจุ่มอยู่ในสารละลายที่เตรียมไว้ในข้อ 2 มาวางชิดกันใช้กระดาษกรองที่ชุบสารละลาย NaCl เป็นสะพานเกลือโดยวางพาดปิ๊งเกอร์ทั้งสองให้ปลายกระดาษจุ่มในสารละลายของแต่ละปิ๊งเกอร์
4. ต่อแผ่นโลหะขั้วแอโนดและขั้วแคโทดเข้ากับโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มและอ่านค่าความต่างศักย์ที่ได้

ตอนที่ 1 การทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

1. คำถามการทดลอง

.....

.....

2. สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

3. ตัวแปรการทดลอง

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

4. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ที่	แผนภาพเซลล์กัลวานิก	ทิศทางการเบนของเข็มโวลต์ มิเตอร์	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (V)
1			
2			
3			

คำถามท้ายการทดลอง

1. ระบุทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและกระแสไฟฟ้า

.....

.....

2. ทิศทางของการเบนเข็มมิเตอร์สอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้า

.....

.....

.....

5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 การหาจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

“จงหาจำนวนเซลล์ที่ทำให้หลอดไฟ LED ขนาด 3 โวลต์ จำนวน 3 หลอดติด และมีความสว่างอย่างน้อย 100 Lux”

1. การระบุปัญหา

.....

.....

.....

2. รายการการสืบค้นข้อมูล

.....

.....

.....

3. การออกแบบการต่อวงจรเซลล์กัลวานิก



4. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพจำนวนเซลล์ของเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด

จำนวนเซลล์	ทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (V)
1		
2		
3		

5. สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

“กิจกรรมที่ 3 ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก”

หน่วยการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง เคมีไฟฟ้า
เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เวลา 3 คาบ

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสารการเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2 คณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดและนำไปใช้

1.3 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคมและสิ่งแวดล้อม

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

2.1 วิทยาศาสตร์ (S)

1. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน

2.2 คณิตศาสตร์ (M)

1. ใช้ความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาด ของสิ่งที่ต้องการวัด นำไปใช้และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.3 เทคโนโลยี (T)

4. ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวันรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
5. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นประโยชน์และทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่น

เข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบวางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

6. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด
7. ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากวิทยาศาสตร์ (เคมีและฟิสิกส์) เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน

2.4 วิศวกรรมศาสตร์ (E)

1. ออกแบบปฏิบัติการทดลองการศึกษาการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
2. สร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุคำถามการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
2. สร้างสมมติฐานการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
3. ระบุตัวแปรการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
4. สืบค้นและประเมินข้อมูลประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
5. ออกแบบปฏิบัติการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
6. สร้างแบบจำลองอธิบายองค์ประกอบของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพ
7. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนการดำเนินการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

4.สาระสำคัญ

ความรู้เกี่ยวกับเซลล์เคมีไฟฟ้าทั้งเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรลิติก สามารถนำไปใช้ในการผลิตแบตเตอรี่และการพัฒนาเทคโนโลยีที่นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การพัฒนาสารที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ชั่วไฟฟ้า และอิเล็กโทรไลต์

5. กิจกรรมการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (5 นาที)

1) ครูเชื่อมโยงองค์ความรู้เดิมโดยการใช้คำถาม “จากกิจกรรมที่ 1 การหาตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ที่ดีที่สุดและกิจกรรมที่ 2 การหาจำนวนเซลล์กัลวานิกที่ทำให้หลอดไฟ LED ติด นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากทั้ง 2 กิจกรรมมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างไรกับการสร้างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์กัลวานิก”

(แนวคำตอบ กิจกรรมที่ 1 เพื่อใช้ในการเลือกตัวรีดิวซ์และตัวออกไซด์ และกิจกรรมที่ 2 เพื่อให้ทราบจำนวนเซลล์ไฟฟ้าที่นำมาใช้ในวงจร)

2) ครูกำหนดโจทย์ในการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก โดยขนาดของไฟฉายที่สร้างขึ้นจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร ความยาวไม่เกิน 20 เซนติเมตร และจะต้องใช้หลอดไฟ LED จำนวน 3 หลอด เมื่อมีการทดสอบไฟฉายจะต้องสว่างอย่างน้อย 10 นาที

5.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20 นาที)

1) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้เทคโนโลยีเพื่อสืบค้นข้อมูล การรวบรวมข้อมูล การสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมีและฟิสิกส์) วิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ประยุกต์แนวทางที่เหมาะสมในสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก ในประเด็นดังต่อไปนี้

- รายวิชาเคมี: หลักการทำงานของเซลล์กัลวานิก (การเกิดปฏิกิริยาเคมีและการผลิตไฟฟ้า)
- รายวิชาฟิสิกส์: การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมหรือแบบขนาน
- เทคโนโลยี: การเลือกใช้ LED และคุณสมบัติของหลอดไฟ
- วิธีการออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อให้แน่ใจว่าไฟฉายทำงานตามที่ต้องการ
- วิศวกรรมศาสตร์: การออกแบบผลิตภัณฑ์ (ขนาดและรูปร่างของไฟฉาย)
- รายวิชาคณิตศาสตร์: การคำนวณพลังงานที่ต้องการเพื่อให้ไฟ LED สว่างอย่างน้อย 10

นาที

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุปัญหา เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีในการสร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

แนวคำตอบ การระบุปัญหา การออกแบบและสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกที่มีขนาดกะทัดรัด (เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 เซนติเมตร, ความยาวไม่เกิน 20 เซนติเมตร) โดยต้องใช้หลอดไฟ LED จำนวน 3 หลอด และสามารถส่องแสงได้นานอย่างน้อย 10 นาทีเมื่อใช้งาน

เงื่อนไข	
-ขนาดไฟฉาย	เส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 cm ความยาวไม่เกิน 20 cm
-จำนวนหลอดไฟ LED	3 หลอด
-การใช้งาน	อย่างน้อย 30 นาที
ทรัพยากรที่มี	
-ขั้วไฟฟ้า (ขั้วแคโทด,แอโนด)	จากผลการทดลองกิจกรรมที่ 1
-สารละลายอิเล็กโทรไลต์	จากผลการทดลองกิจกรรมที่ 1
-จำนวนเซลล์กัลวานิก	จากผลการทดลองกิจกรรมที่ 2

3) นักเรียนสืบค้นและรวบรวมข้อมูลเพื่อหาวิธีการสร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกมีใครเคยทำหรือมีข้อเสนอแนะอย่างไร และการค้นหาแนวคิด เป็นการค้นหาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ โดยพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ ทั้งหมดที่ สามารถใช้แก้ปัญหาทำการจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก จากนั้นประเมินแนวคิดโดยคำนึงถึง ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน ความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา

5.3 ขั้วอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (25 นาที)

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามการทดลอง สมมติฐานการทดลองและตัวแปรการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

ตัวอย่างการตั้งคำถามการทดลอง สมมติฐานการทดลองและตัวแปรการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

คำถามการทดลอง : การเชื่อมต่อเซลล์กัลวานิกหลาย ๆ เซลล์จะส่งผลต่อแรงดันและกระแสไฟฟ้าอย่างไร?

สมมติฐานการทดลอง : การเชื่อมต่อเซลล์กัลวานิกหลาย ๆ เซลล์แบบอนุกรมจะทำให้แรงดันไฟฟ้า (Voltage) เพิ่มขึ้นตามจำนวนเซลล์ที่เชื่อมต่อ

ตัวแปรการทดลอง

ตัวแปรต้น : จำนวนเซลล์กัลวานิกที่เชื่อมต่อ

ตัวแปรตาม : แรงดันไฟฟ้ารวมที่ได้จากการเชื่อมต่อเซลล์กัลวานิก

ตัวแปรควบคุม : ชนิดขั้วไฟฟ้าและสารละลายอิเล็กโทรไลต์, เครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้าและการเชื่อมต่อสายไฟฟ้า

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น และลงข้อสรุปแนวทางการออกแบบการดำเนินการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก โดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3) ครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการออกแบบและวางแผนการดำเนินการสร้างเซลล์กัลวานิกของนักเรียนหากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการ

5.4 ขั้วขยายความรู้ (Elaboration) (100 นาที)

1) นักเรียนดำเนินการสร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก ตามขั้นตอนการออกแบบและการวางแผนการสร้างชิ้นงาน ภายในเวลา 15 นาที

2) นักเรียนทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกเป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มี

ประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งการทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา ในเวลา 15 นาที

3) ครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวกและชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียนหากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

4) นักเรียนนำเสนอครั้งที่ 1 หัวข้อประสิทธิภาพของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก รวมถึงนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก กลุ่มละ 5 นาที

5) นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและแนะนำประสิทธิภาพของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

6) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อแนะนำไปปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

7) นักเรียนนำเสนอชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก (Final) กลุ่มละ 5 นาที

5.5 ขั้นตอนประเมินความรู้ (Evaluation)

1) ครูวัดและประเมินผลในสภาพจริงโดยการวัดจากความสำเร็จและประสิทธิภาพของชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก และการนำเสนอผลการดำเนินงาน

2) ประเมินผลจากการนำเสนอผลการออกแบบและข้อสรุปในการดำเนินการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

3) ประเมินผลจากการนำเสนอชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก (Final)

4) ประเมินประเมินผลจากการวัดความสำเร็จของชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

6. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

- ชุดกิจกรรมสะสมเต็ม เรื่อง เซลล์กัลวานิก Part 3 ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
- ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

แหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
- อินเทอร์เน็ต

7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
1. ระบุคำถามการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- 3 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความ

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
			เข้าใจเนื้อหาและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 2 คะแนน ระบุคำถามที่ชัดเจนเหมาะสม ไม่ใช่คำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว แสดงถึงความสามารถเข้าใจเนื้อหาเบื้องต้นและสามารถเชื่อมโยงกับหัวข้อการทดลองได้ - 1 คะแนน ระบุคำถามที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อได้ เป็นคำถามเชิงข้อเท็จจริงหรือความเห็นส่วนตัว ไม่ได้แสดงการเชื่อมโยงกับความรู้ด้านเนื้อหาเพื่อนำไปสู่การทดลองได้
2. สร้างสมมติฐานการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- 3 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลได้อย่างชัดเจน - 2 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา แต่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลไม่ชัดเจน - 1 คะแนน ตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา บางส่วน
3. ระบุตัวแปรการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- 3 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้นตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง ครบถ้วน - 2 คะแนน สามารถระบุตัวแปรต้นตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
			- 1 คะแนน ไม่สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
4. สืบค้นและประเมินข้อมูลประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการตรวจใบกิจกรรมการการเรียนรู้ที่ 3	- แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3	- 3 คะแนน ข้อมูลที่สืบค้นเกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษาสามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอ้างอิงข้อมูลที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง และข้อมูลที่สืบค้นครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก - 2 คะแนน ข้อมูลที่สืบค้นเกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษาสามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและแต่ไม่อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง และ ข้อมูลที่สืบค้นไม่ครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก - 1 คะแนน ข้อมูลที่สืบค้นไม่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษา ไม่สามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอ้างอิงข้อมูลที่ใช้ได้ และข้อมูลที่สืบค้นไม่ครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
5. ออกแบบปฏิบัติการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการนำเสนอในห้องเรียน	- แบบประเมินการนำเสนอ	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ
6. สร้างแบบจำลองอธิบายองค์ประกอบของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพประสิทธิภาพ	- ประเมินจากการนำเสนอในห้องเรียน - ประเมินชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- แบบประเมินการนำเสนอ - แบบประเมินชิ้นงาน	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ ตามเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน
7. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนการดำเนินการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ประเมินจากการนำเสนอในห้องเรียน - ประเมินชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- แบบประเมินการนำเสนอ - แบบประเมินชิ้นงาน	ตามเกณฑ์การประเมินการนำเสนอ ตามเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

แบบประเมินการนำเสนอ
เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

กลุ่มที่

สมาชิก

1. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
3. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
4. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การออกแบบการทดลอง			
2. การสืบค้นและประเมินข้อมูลประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
3. การออกแบบปฏิบัติการทดลองการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
4. ใช้แบบจำลองอธิบายองค์ประกอบของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพ			
5. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป			
6. บุคลิกภาพและการแสดงออก			
คะแนนรวม (18)			

เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ

เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การออกแบบการทดลอง	- ไม่สามารถตั้งคำถามการทดลองหรือตั้งคำถามการทดลองที่ไม่สามารถสร้างสมมติฐาน ที่สามารถทดสอบได้ - ไม่สามารถตั้งสมมติฐานการทดลองที่สามารถทดสอบได้ - การระบุตัวแปรการทดลองไม่เกี่ยวข้องกับคำถามการทดลองหรือสมมติฐาน	- การตั้งคำถามการทดลองต้องสามารถสร้างสมมติฐาน ที่สามารถทดสอบแต่ไม่ชัดเจน - การตั้งสมมติฐานการทดลองไม่ชัดเจน - การระบุตัวแปรการทดลองต้องเกี่ยวข้องกับคำถามการทดลองหรือสมมติฐาน แต่ระบุตัวแปรการทดลองไม่ครบถ้วน	- การตั้งคำถามการทดลองต้องสามารถสร้างสมมติฐาน ที่สามารถทดสอบได้ - การตั้งสมมติฐานการทดลองที่สามารถทดสอบได้ - การระบุตัวแปรการทดลองต้องเกี่ยวข้องกับคำถามการทดลองหรือสมมติฐาน และต้องตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม
2. การสืบค้นและประเมินข้อมูลประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- ข้อมูลที่สืบค้นไม่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษา - ไม่สามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอ้างอิงข้อมูลที่ใช้ได้ - ข้อมูลที่สืบค้นไม่ครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการ	- ข้อมูลที่สืบค้นเกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษา - สามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและแต่ไม่อ้างอิงข้อมูลที่ใช้อย่างถูกต้อง - ข้อมูลที่สืบค้นไม่ครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการ	- ข้อมูลที่สืบค้นเกี่ยวข้องกับหัวข้อการสร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกหรือคำถามที่ต้องการศึกษา - สามารถระบุแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอ้างอิงข้อมูลที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง - ข้อมูลที่สืบค้นครอบคลุมทุกด้านที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อการ

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
	สร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	สร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	สร้างไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก
3. การออกแบบ ปฏิบัติการทดลองการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิก	การออกแบบ ปฏิบัติการทดลองการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิกไม่สอดคล้อง กับคำถามการทดลอง, สมมติฐานการทดลอง และการสืบค้นข้อมูล	การออกแบบ ปฏิบัติการทดลองการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิกสอดคล้องกับ คำถามการทดลอง, สมมติฐานการทดลอง และการสืบค้นข้อมูลไม่ ครอบคลุมประเด็นการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิก	การออกแบบ ปฏิบัติการทดลองการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิกสอดคล้องกับ คำถามการทดลอง , สมมติฐานการทดลอง และการสืบค้นข้อมูล ครอบคลุมประเด็นการ สร้างไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิก
4. ใช้แบบจำลอง อธิบายองค์ประกอบ ของไฟฉายจากเซลล์ กัลวานิกสอดคล้องกับ ผลการทดสอบ ประสิทธิภาพ	- ไม่แสดงแบบจำลอง ประกอบการอธิบาย ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ 1. อธิบายการ เกิดปฏิกิริยาภายใน เซลล์กัลวานิก 2. อธิบายการทำงาน ของเซลล์กัลวานิก	- แบบจำลองสอดคล้อง กับผลการทดลอง - ใช้แบบจำลองอธิบาย องค์ประกอบของ ไฟฉายจากเซลล์กัล วานิกสอดคล้องกับผล การทดสอบ ประสิทธิภาพ และ อธิบายทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์ 1 ใน 2 ข้อดังนี้ 1. อธิบายการ เกิดปฏิกิริยาภายใน เซลล์กัลวานิก	- แบบจำลองสอดคล้อง กับผลการทดลอง - ใช้แบบจำลองอธิบาย ใช้แบบจำลองอธิบาย องค์ประกอบของ ไฟฉายจากเซลล์กัล วานิกสอดคล้องกับผล การทดสอบ ประสิทธิภาพและ อธิบายทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์ในประเด็น ดังต่อไปนี้ 1. อธิบายการ เกิดปฏิกิริยาภายใน เซลล์กัลวานิก

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
		2. อธิบายการทำงานของเซลล์กลาวานิก	2. อธิบายการทำงานของเซลล์กลาวานิกในไฟฉาย
5. สร้างข้อโต้แย้งในการสนับสนุนข้อสรุป	- นำเสนอข้อโต้แย้งโดยไม่ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมา	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจน แต่ไม่เชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	- ใช้หลักฐานที่ได้รวบรวมมาเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งของกลุ่ม - นำข้อมูลจากผลการทดลองและมาตั้งเป็นข้อสรุปและข้อโต้แย้งที่ชัดเจนและเชื่อมโยงกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
6. บุคลิกภาพและการแสดงออก	มีการอ่านสไลด์หรือเอกสารตลอดช่วงการนำเสนอ	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางไม่เหมาะสมหรือบุคลิกไม่มีความมั่นใจ หรือแต่งกายไม่สุภาพเรียบร้อย อย่างใดอย่างหนึ่ง	- มีการสบตาผู้ฟัง และมีการมองที่สไลด์หรือเอกสารบ้างเล็กน้อย - ใช้มือและท่าทางได้เหมาะสม - บุคลิกมีความมั่นใจ - แต่งกายสุภาพเรียบร้อย

แบบประเมินชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

กลุ่มที่

สมาชิก

1. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
3. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
4. ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การออกแบบไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
2. ระบบการทำงานของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
3. ความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
4. ค่าความสว่างของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
5. ระยะเวลาความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก			
คะแนนรวม (15)			

เกณฑ์การประเมินการนำเสนอ

เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
1. การออกแบบไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	- แสดงองค์ประกอบเซลล์กัลวานิกในไฟฉายไม่ถูกต้อง - ใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกไม่ถูกต้อง	- แสดงองค์ประกอบเซลล์กัลวานิกในไฟฉายถูกต้องถูกต้องบางส่วน - ใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกถูกต้องบางส่วน	- แสดงองค์ประกอบเซลล์กัลวานิกในไฟฉายถูกต้อง - ใช้สัญลักษณ์ทางไฟฟ้าในไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกถูกต้อง
2. ระบบการทำงานของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างความสัมพันธ์แต่ไม่สอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิชาการ	ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมี ความสัมพันธ์สอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิชาการ (มีความเป็นระเบียบน้อย)	ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมี ความสัมพันธ์สอดคล้องและถูกต้องตามหลักวิชาการ
3. ความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	หลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกไม่ติดทั้ง 3 ดวง	หลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกติด 1-2 ดวง	หลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกติดทั้ง 3 ดวง
4. ค่าความสว่างของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	หลอดไฟ LED จากไฟฉายไม่ติดทั้ง 3 ดวง	ความสว่างของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกน้อยกว่า 100 lux	ความสว่างของไฟฉายจากเซลล์กัลวานิกมากกว่า 100 lux
5. ระยะเวลาความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก	หลอดไฟ LED จากไฟฉายไม่ติดทั้ง 3 ดวง	ระยะเวลาความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก น้อยกว่า 10 นาที	ระยะเวลาความสว่างของหลอดไฟ LED จากไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก 10 นาทีขึ้นไป

ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3
เรื่อง ไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

ชื่อ.....เลขที่.....

1. ระบุปัญหา เงื่อนไขและข้อจำกัดในการสร้างและพัฒนาชิ้นงานไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก

- ปัญหา

.....

.....

.....

- เงื่อนไข

.....

.....

.....

- ข้อจำกัด

.....

.....

.....

2. รายการการสืบค้น

- รายวิชาเคมี

.....

.....

- รายวิชาฟิสิกส์

.....

.....

- เทคโนโลยี

.....

.....

- วิศวกรรมศาสตร์

- รายวิชาคณิตศาสตร์

3. คำถามการทดลอง

4. สมมติฐานการทดลอง

5. ตัวแปรการทดลอง

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

6. ออกแบบไฟฉายจากเซลล์กัลวานิก



7. ผลการทดสอบประสิทธิภาพ



ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

แบบวัดความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กลวานิก

แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง เซลล์กลวานิก

คำชี้แจง ใช้สถานการณ์ – ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์โลหะและไอออนของโลหะตอบคำถามในข้อ 1 – 2

สถานการณ์ – ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์โลหะและไอออนของโลหะ

“วาโยและภุริต้องการนำโลหะมาเป็นขั้วไฟฟ้าในการสร้างเซลล์กลวานิก โดยทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิด” โดยวาโยและภุริทำการทดลองโดยการจุ่มโลหะ 4 ชนิด ลงในสารละลายไอออนของโลหะที่มีความเข้มข้น 1 โมลาร์ ได้ผลการทดลองดังตาราง

โลหะ	สารละลายไอออนบวก (1 M)			
	A^{2+}	B^{2+}	C^{2+}	D^{2+}
A	-	✓	✓	-
B	-	-	-	-
C	-	✓	-	-
D	✓	✓	✓	-

✓ หมายถึง สังเกตเห็นของแข็งเกาะที่แท่งโลหะ

- หมายถึง ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง

คำถามข้อที่ 1 จากผลการทดลองวาโยและภุริ สามารถลงข้อสรุปความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของโลหะโดยอ้างอิงจากผลการทดลองประกอบการอธิบาย (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 2 วาโยและภุริกกล่าวว่า “ในการเลือกโลหะสำหรับสร้างเซลล์กัลวานิก เพื่อให้เกิดค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์สูงสุด ควรเลือกใช้โลหะ A เป็นขั้วแคโทดและ โลหะ B เป็นขั้วแอโนด” ซึ่งนักเรียนไม่เห็นด้วยกับวาโยและภุริ นักเรียนจะสร้างข้อโต้แย้งเพื่อให้วาโยและภุริคล้อยตามเหตุผลของนักเรียนได้อย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

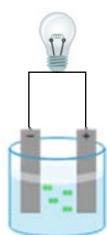
.....

.....

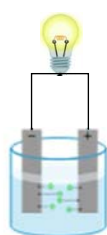
คำชี้แจง ใช้สถานการณ์ – น้ำทะเล ตอบคำถามในข้อ 3 – 6

สถานการณ์ น้ำทะเล

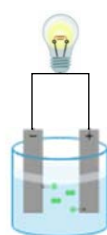
การผลิตพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ 63.12% และผลิตจากถ่านหิน 19.52% ซึ่งทั้งก๊าซธรรมชาติและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ (Fossil Fuel) เป็นแหล่งพลังงานสิ้นเปลืองหรือพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป (Non renewable energy) จากการเผชิญหน้ากับวิกฤติพลังงานเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีการพยายามใช้น้ำทะเลทดแทนการใช้เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ในการผลิตกระแสไฟฟ้า แม้ว่าจะไม่นิยมและมีกระบวนการในการผลิตยาก แต่น้ำทะเลถือเป็นแหล่งพลังงานที่มีราคาถูกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าให้กับเรือได้ โดยส่วนประกอบของน้ำทะเลประกอบด้วยสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เมื่อละลายน้ำจะสามารถแตกตัวอยู่ในรูป โซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการนำขั้วไฟฟ้าต่อเข้ากับลวดตัวนำและจุ่มลงในสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์เป็นพลังงานเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก) จากผลการทดลองการนำไฟฟ้าของสารละลายต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังภาพ



a



b



c

กำหนด

a : สารละลายกลูโคส

b : สารละลายโซเดียมคลอไรด์

c : สารละลายกรดแอสซิดิก

คำถามข้อที่ 3 จากผลการทดลองการนำไฟฟ้าของสารละลายต่าง ๆ ข้างต้น เพราะเหตุใดน้ำทะเลจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์กัลวานิกเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (2 คะแนน)

.....

.....

.....

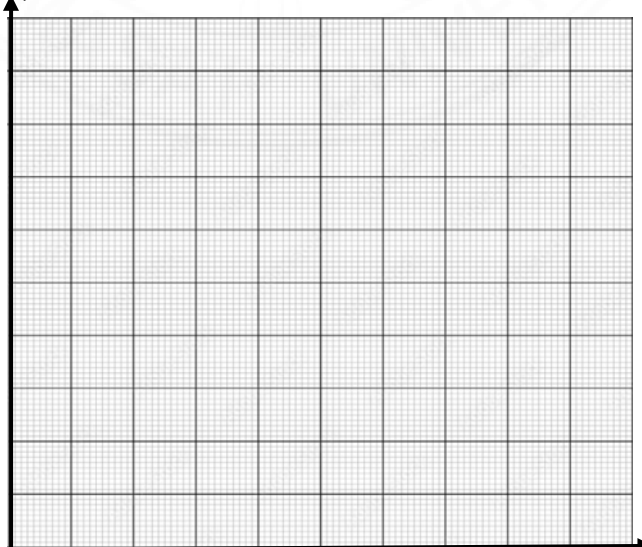
.....

ในปี 2015 Zamri Bin Yusoff นักวิศวกรรมเครื่องกล ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำทะเลเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์แบตเตอรี่ ได้ผลการทดลองดังตาราง

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความต่างศักย์ (V) และกระแสไฟฟ้า (A) โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ 2 ชนิด ; น้ำทะเล และน้ำทะเลผสมกับสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต (CuSO_4) ที่มีปริมาตรแตกต่างกัน

ครั้งที่	ขั้วแอโนด	ขั้วแคโทด	สารละลายอิเล็กโทรไลต์	ปริมาตร (mL)	ขนาด (cm) (กว้างxยาว)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1	อะลูมิเนียม	ทองแดง	น้ำทะเล	5	3 x 2.1	0.4	0.015
2	อะลูมิเนียม	ทองแดง	น้ำทะเล	10	3 x 2.1	0.4	0.025
3	อะลูมิเนียม	ทองแดง	น้ำทะเล + CuSO_4	5	3 x 2.1	0.5	0.065
4	อะลูมิเนียม	ทองแดง	น้ำทะเล + CuSO_4	10	3 x 2.1	0.5	0.075

คำถามข้อที่ 4 จงเขียนกราฟแสดงผลการทดลองปริมาตรของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ส่งผลต่อค่ากระแสไฟฟ้า(3 คะแนน)



คำถามข้อที่ 5 จากผลการทดลองของ Zamri Bin Yusoff พบว่าน้ำทะเลมีเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในเซลล์แบตเตอรี่ นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่เพราะเหตุใด (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 6 จงวาดภาพแสดงแบบจำลองของเซลล์กัลวานิกในการทดลองครั้งที่ 4 ของ Zamri Bin Yusoff พร้อมทั้งแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์ (3 คะแนน)



แบบจำลองของเซลล์กัลวานิก

ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด

.....

ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด

.....

ปฏิกิริยารวม

.....

คำชี้แจง ใช้สถานการณ์ – สนิม ตอบคำถามในข้อ 7 – 13

สถานการณ์ – สนิม

ซาร่า เนียกาโต นักข่าวประจำท้องถิ่นในประเทศอูกันดา ได้กล่าวเธอเปรียบเทียบกับการจ่ายค่าน้ำในราคาที่สูง ถึงแม้ว่าเธอจะใช้เวลาอยู่ที่บ้านน้อยลง เนื่องจากเธอจะต้องทำงานในช่วงกลางวัน จากข้อมูลของ National Water and Sewerage Corporation ได้รายงาน น้ำประมาณ 1,000 ลิตร สูญเสียไปเนื่องจากการรั่ว และการเกิดสนิมของท่อ การแก้ไขค่าน้ำที่มีราคาแพง สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการกำจัดรอยรั่วของท่อ



ทำไมท่อถึงเกิดสนิม

กาเบรียล กาซุมบา สมาคมช่างประปาแห่งอูกันดาอธิบายว่าการรั่วไหลจะเกิดขึ้นใต้ดินเมื่อท่อน้ำเกิดสนิมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ การเกิดสนิมทำให้แรงดันน้ำขัดข้องเนื่องจากเกิดการอุดตันหรือท่อเกิดการผุกร่อนทำให้เกิดการรั่วไหล เขายังเสริมอีกว่า สัญญาณที่บ่งบอกว่าท่อน้ำเกิดสนิมก็คือน้ำประปาเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลแดง และสนิมทำให้น้ำกระด้าง ดังนั้นเมื่อคุณซักเสื้อผ้า เสื้อผ้าของคุณจะรู้สึกแข็ง หรือเวลาอาบน้ำ น้ำที่ไม่เกิดฟองกับสบู่ หรือเกิดฟองสบู่ น้อย และมีโคลสบู่เกิดขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการซักแบคทีเรียหรือสิ่งสกปรกลดลง



(ที่มา Brian Mayanja. (8 August 2022). *Pipe rusts, leakages and hoe to deal with them*. Newvision

https://www.newvision.co.ug/category/entertainment/pipe-rusts-leakages-and-how-to-deal-with-them-NV_140315)

จากสถานการณ์ที่นำเสนอข้างต้น ครูมอบหมายให้สายฟ้า พายุและอาบิเกล นำเสนอคำถามที่สามารถตรวจสอบผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในโครงงานวิทยาศาสตร์

สายฟ้า : อะไรเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดสนิมของท่อน้ำที่ผลิตจากโลหะ

พายุ : ปัจจัยใดที่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำ และทำให้ค่าน้ำที่มีราคาแพง

อาบิเกล : ผลของสนิมส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของสบู่อย่างไร

คำถามข้อที่ 7 จากการนำเสนอคำถามของทั้งสามคน ให้นักเรียนเลือกหนึ่งคำถามที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 8 จากสถานการณ์ที่นำเสนอข้างต้น จงอธิบายการเกิดสนิมและเขียนปฏิกิริยาที่แสดงการเกิดสนิมโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับเซลล์กัลวานิก (2 คะแนน)

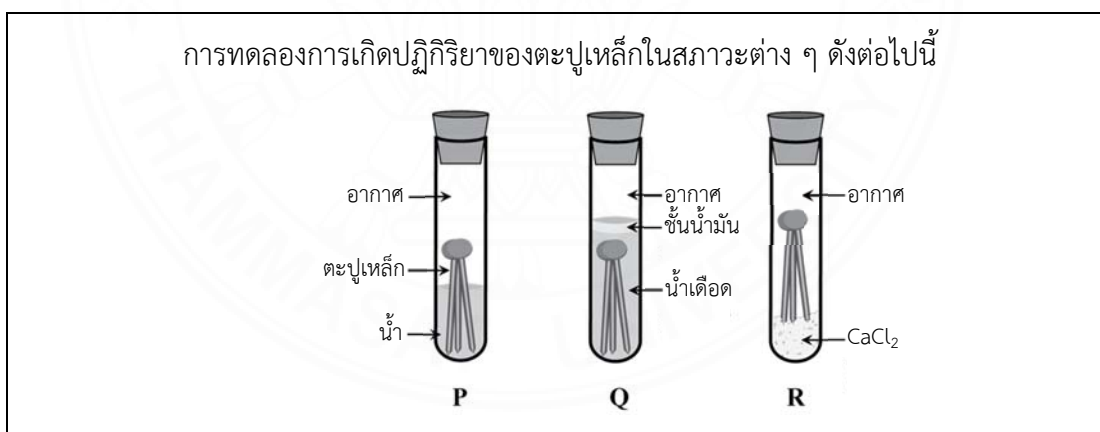
.....

.....

.....

.....

.....



คำถามข้อที่ 9 ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงของตะปูเหล็กในหลอดทดลอง P Q และ R (1 คะแนน)

.....

.....

.....

ผลการทดลองการเกิดปฏิกิริยาของตะปูเหล็กในสภาวะต่าง ๆ

การทดสอบ	สภาวะ P	สภาวะ Q	สภาวะ R
ผลที่สังเกตได้	เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยมีของแข็งสีน้ำตาล แดงที่ตะปูเหล็ก	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง	ไม่เกิดการ เปลี่ยนแปลง

ทั้งสามคนลงข้อสรุปจากผลการทดลองโดยกล่าวว่า “จากผลการทดลองพบว่าน้ำมันและแคลเซียมคลอไรด์หรือสารดูดความชื้นเป็นปัจจัยที่ป้องกันไม่ให้ตะปูเหล็กเกิดปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจนในอากาศ เนื่องจากน้ำมันทำหน้าที่ในการป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศลงไปบนน้ำและที่สภาวะ R ตะปูเหล็กไม่สัมผัสกับน้ำจึงทำให้ตะปูเหล็กไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสนิม”

คำถามข้อที่ 10 จากข้อสรุปของทั้ง 3 คน นักเรียนคิดว่าข้อสรุปการทดลองนี้ ยังไม่สมบูรณ์ในประเด็นอะไรและนักเรียนสามารถตรวจสอบได้จากหลักฐานอะไร จงอธิบาย (3 คะแนน)

.....

.....

.....

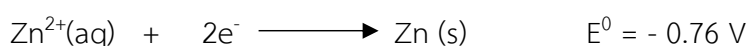
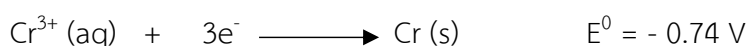
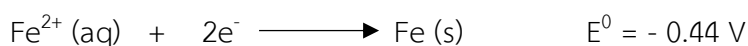
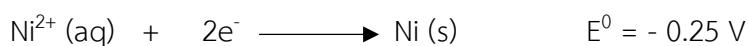
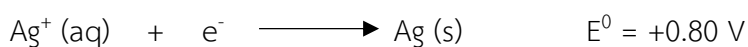
.....

สายฟ้า พายุ และอาบิเกล ใช้เหล็กเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของโครงงานวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องจากเหล็กเกิดสนิมง่าย ทั้งสามคนต้องการลดการเกิดสนิมเหล็กโดยป้องกันการกัดกร่อนของโลหะหรือป้องกันการเกิดสนิมของโลหะ คือ การทำให้โลหะมีภาวะเป็นแคโทดหรือคล้ายแคโทดทำให้เหล็กสามารถใช้งานโดยที่ไม่เกิดสนิมเป็นระยะเวลา 3 เดือนตลอดการดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์

ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ

โลหะ	อัตราการกัดกร่อนเมื่อเทียบกับสวดเหล็ก (กรัม/เดือน)	ราคาโลหะ (บาท/กรัม)
เหล็ก (Fe)	300	5
เงิน (Ag)	2×10^{-6}	135
สังกะสี (Zn)	12.5	12
นิกเกิล (Ni)	1×10^{-5}	32
โครเมียม (Cr)	4.2	25

กำหนดให้ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน



คำถามข้อที่ 11 นักเรียนจะต้องทำการทดสอบเพื่อศึกษาการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้ผลการทดลองเป็นหลักฐานในการเลือกใช้โลหะสำหรับการป้องกันการเกิดสนิม นักเรียนควรออกแบบการทดลองและระบุตัวแปรการทดลองที่ศึกษา ตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

ผลการทดสอบการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก

การทดสอบ	โลหะเหล็กพันด้วยโลหะเงิน	โลหะเหล็กพันด้วยโลหะนิกเกิล	โลหะเหล็กพันด้วยโลหะโครเมียม	โลหะเหล็กพันด้วยโลหะสังกะสี
ฟีนอล์ฟทาลิน	รอบ ๆ โลหะเหล็ก มีสีชมพูจางๆ	รอบ ๆ โลหะเหล็ก มีสีชมพูเข้ม	รอบ ๆ โลหะเหล็ก มีสีชมพูจางๆ	รอบ ๆ โลหะเหล็ก มีสีชมพูเข้ม
โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$)	เกิดตะกอนสีเขียวแกมน้ำเงิน	เกิดตะกอนสีเขียวแกมน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสี

คำถามข้อที่ 12 จากผลการทดลองการทดสอบการป้องกันการผุกร่อนของเหล็ก ให้นักเรียนลง
ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์และอธิบายการป้องกันการผุกร่อน (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

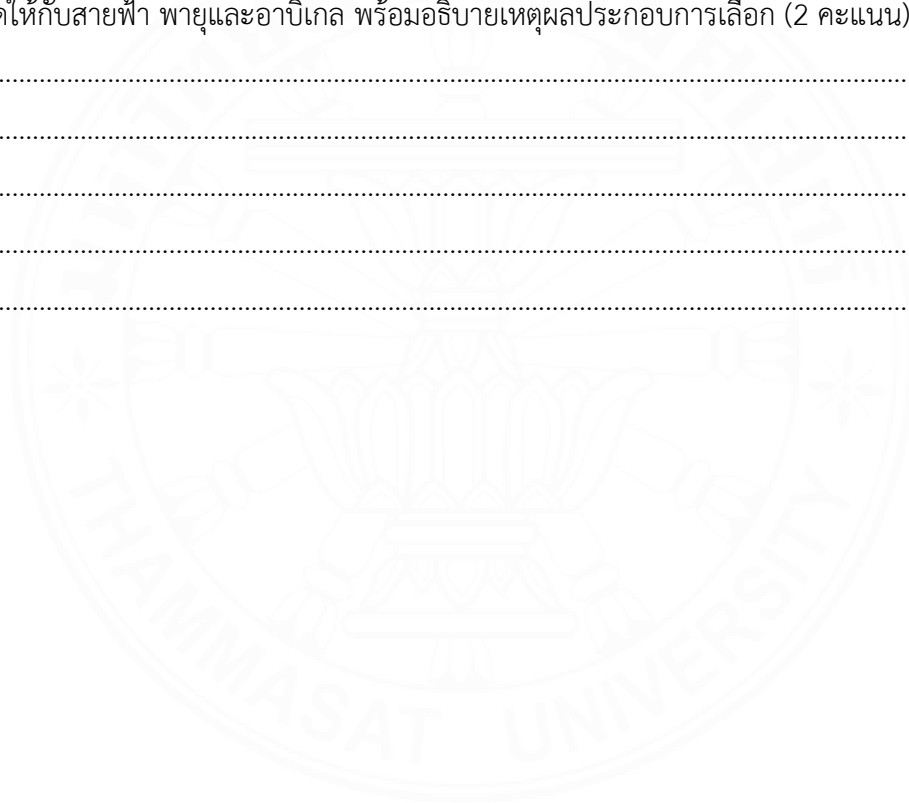
คำถามข้อที่ 13 ให้นักเรียนเลือกโลหะสำหรับการป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก โดยมีต้นทุนน้อย
ที่สุดให้กับสายฟ้า พายุและอาบิเกล พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบการเลือก (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....



แบบทดสอบความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก

สถานการณ์ – การสร้างเสียงดนตรีจากเซลล์กัลวานิก

ในการสร้างเสียงดนตรีจาก musical circuit board โดยใช้เซลล์กัลวานิกเป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า เซลล์กัลวานิกผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้าสองขั้วที่ต่างกัน โดยขั้วแอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และขั้วแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นที่แอโนดจะเคลื่อนที่ผ่านวงจรภายนอกไปยังแคโทด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการเลือกขั้วไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเสียงดนตรีโดยใช้ musical circuit board จากเซลล์กัลวานิกจะต้องใช้หลักฐานจากผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิด



ภาพที่ 1 musical circuit board การสร้างเสียงดนตรีจากเซลล์กัลวานิก

สายฟ้า และพายุ ทำการทดลองโดยการจุ่มโลหะ 4 ชนิด ลงในสารละลายไอออนของโลหะที่มีความเข้มข้น 1 M ได้ผลการทดลองดังตาราง

โลหะ	สารละลายไอออนบวก (1 M)			
	Al^{3+}	Au^{3+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
Al	-	✓	✓	✓
Au	-	-	-	-
Cu	-	✓	-	-
Zn	-	✓	✓	-

✓

หมายถึง สังเกตเห็นของแข็งเกาะที่แท่งโลหะ

-

หมายถึง ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงที่แท่งโลหะ

คำถามข้อที่ 1 จากภาพที่ 1 musical circuit board การสร้างเสียงดนตรีจากเซลล์กัลวานิก โดยใช้ครึ่งเซลล์ $\text{Zn(s)} \mid \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$ ต่อกับครึ่งเซลล์ $\text{Cu(s)} \mid \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ จะสามารถเกิดเสียงดนตรีได้หรือไม่ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 2 สายฟ้าและพายุสุรุปรูปผลการทดลองการเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิด ดังนี้

“จากผลการทดลองพบว่าความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ของ $Al > Zn > Cu > Au$ เนื่องจากผลการทดลองระบุว่ามีของแข็งเกาะที่แท่งโลหะ แสดงว่าโลหะนั้นมีความสามารถในการออกซิไดส์มากกว่าไอออนของโลหะที่อยู่ในสารละลายจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากไอออนมาเป็นของแข็งเกาะบนแท่งโลหะ”

ถ้านักเรียนไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปผลการทดลองของสายฟ้าและพายุ และต้องการสร้างข้อสรุปใหม่ที่สามารถอธิบายความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิดจากผลการทดลอง ข้อสรุปใหม่ของนักเรียนควรมีใจความอย่างไร (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามที่ 3 หากนักเรียนต้องเลือกคู่โลหะที่ส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์สูงที่สุด จากผลการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการรีดิวซ์และออกซิไดส์ของโลหะและไอออนของโลหะ 4 ชนิด เพื่อสร้าง musical circuit board ควรเลือกโลหะชนิดใด และอธิบายเหตุผลประกอบการเลือก (2 คะแนน)

.....

.....

.....

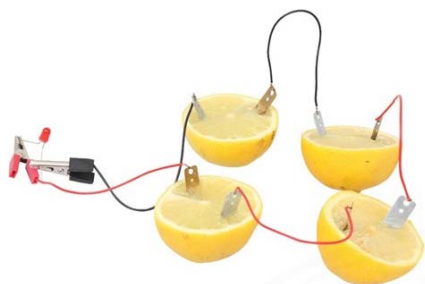
.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ – การสร้างกระแสไฟฟ้าจากผลไม้



รูปที่ 2 แบตเตอรี่ผลไม้

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพและสะดวกสำหรับการใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ความพยายามในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานต่าง ๆ ถือเป็นความท้าทายของนักวิทยาศาสตร์ การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แบตเตอรี่ผลไม้ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยการนำอิเล็กโทรดขั้วลบและขั้วบวกเสียบลงในผลไม้ที่รสเปรี้ยว เช่น มะนาว ส้ม

การทดลองศึกษาผลไม้ 5 ชนิด โดยเลือกผลไม้ที่มีกรดผลไม้เป็นองค์ประกอบได้แก่ แอปเปิ้ล มะนาว ส้ม มะเฟือง และมะเขือเทศ สำหรับผลิตไฟฟ้าและเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากผลไม้แต่ละชนิด โดยใช้การผสมผสานของอิเล็กโทรดโลหะสองชนิดได้แก่ ทองแดง-สังกะสี (Cu-Zn) และ ทองแดง-อะลูมิเนียม (Cu-Al)

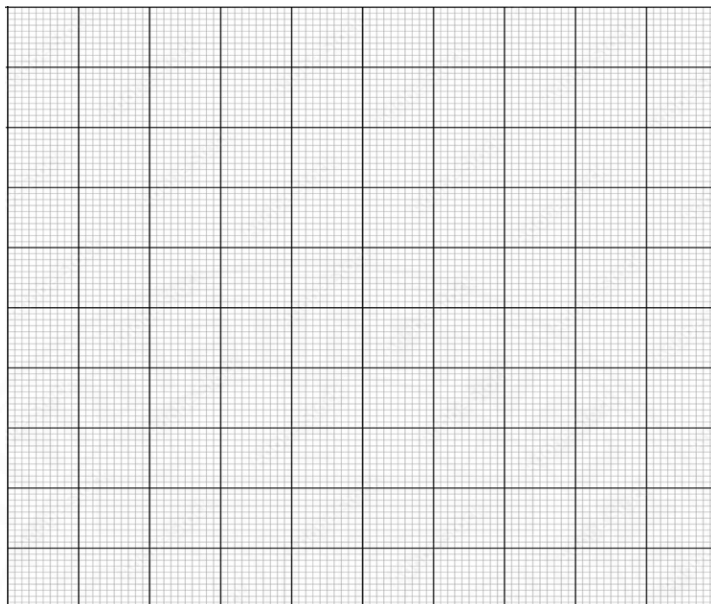
ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน ที่อุณหภูมิ 25 °C

ลำดับที่	ปฏิกิริยาครึ่งเซลล์รีดักชัน	E^0 (V)
1	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0.34
2	$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
3	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
4	$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66

ผลการทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จากแบตเตอรี่ผลไม้

ผลไม้	ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (V)	
	ทองแดง-สังกะสี (Cu-Zn)	ทองแดง-อะลูมิเนียม (Cu-Al)
แอปเปิ้ล	0.82	1.1
มะนาว	0.78	1.01
ส้ม	0.69	0.89
มะเฟือง	0.65	0.88
มะเขือเทศ	0.58	0.81

คำถามข้อที่ 4 จงสร้างกราฟแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบผลการทดลองค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์แบตเตอรี่ผลไม้ต่าง ๆ (3 คะแนน)



คำถามข้อที่ 5 เพราะเหตุใดผลการทดลองระหว่างการใช้อิเล็กโทรด ทองแดง-สังกะสี (Cu-Zn) และ ทองแดง-อะลูมิเนียม (Cu-Al) ในผลไม้เดียวกัน จึงทำให้ความต่างศักย์ที่แตกต่างกัน (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 6 การทดลองนี้มีข้อจำกัดหรือข้อผิดพลาดอะไรบ้างที่อาจส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองวัดค่าศักย์ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ผลไม้อธิบายและให้เหตุผลประกอบ (3 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 7 จงวาดภาพแสดงแบบจำลองของเซลล์แบตเตอรี่ผลไม้ที่ให้กระแสไฟฟ้าสูงสุด พร้อมทั้งแสดง ทิศทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วแอโนด แคโทด และปฏิกิริยารวมของเซลล์ (3 คะแนน)



ปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนด

.....

ปฏิกิริยาที่ขั้วแคโทด

.....

ปฏิกิริยารวม

.....

สถานการณ์ – ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล”



รูปที่ 3 ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล”



June 6 , 2023

ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล”

ท่อเหล็กหล่อมีความทนทานต่อแรงดันได้ดี ทนอุณหภูมิได้สูง แต่อย่างไรก็ตามท่อเหล็กหล่อก็มีภัยคุกคามจากไอเกลือทะเล ที่เกิดขึ้นได้ หากโครงการนั้น ๆ ที่ติดตั้งหรือใช้ท่อเหล็กหล่ออยู่ใกล้ทะเลย่อมได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ท่อเหล็กหล่อเป็นสนิมจากไอเกลือได้อย่างไร?

ไอเกลือทะเลเป็นน้ำที่มีความเค็มสูง และประกอบไปด้วยสารต่าง ๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ และซัลเฟอไรด์คลอไรด์ ซึ่งเมื่อไอเกลือทะเลมาสัมผัสกับผิวท่อเหล็กหล่อจะเกิดกระบวนการเรียกว่า Galvanic corrosion ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อสองวัสดุที่ต่างกันมีการสัมผัสกันในสภาวะที่มีความชื้น และมีการนำไฟฟ้าไหลผ่านมา ซึ่งท่อเหล็กหล่อเป็นวัสดุที่หากสัมผัสกับไอเกลือทะเลจะส่งผลให้เกิดกระบวนการตอบสนองทางเคมีเกิดการผุกร่อนเป็นสนิมบนพื้นผิวของท่อเหล็ก ทั้งภายในและนอกท่อเหล็กหล่อได้ในเวลาอันสั้น

ผลกระทบที่ได้รับหากอาคารของคุณใช้ท่อเหล็กหล่อที่ “ผุกร่อนเป็นสนิม” จาก ไอเกลือทะเล

สนิมที่เกิดจาก ไอเกลือทะเลสามารถทำให้ท่อเหล็กหล่อเสื่อมสภาพ และในที่สุดอาจทำให้เกิดการผุกร่อน รั่วซึม ทั้งนี้จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบและการทำงานของท่อเหล็กหล่อนั้น ๆ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนระบบท่อใหม่ ดังนั้นวิธีการป้องกันและการรักษาท่อเหล็กหล่อเป็นสนิมจาก ไอเกลือทะเลเป็นสิ่งสำคัญสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล เพื่อให้ระบบท่อที่ใช้ขึ้น มีประสิทธิภาพและคงทนต่อการใช้งานในระยะยาวคือการเลือกใช้ระบบท่อที่มีวัสดุที่มีอายุการใช้งานได้นาน แข็งแรง ทนอุณหภูมิได้สูง รับแรงดันได้ดี และทนทานต่อการเกิดสนิมในระยะยาว

คำถามข้อที่ 8 จากสถานการณ์ – ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล” ให้นักเรียนตั้งคำถามและอธิบายวิธีการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

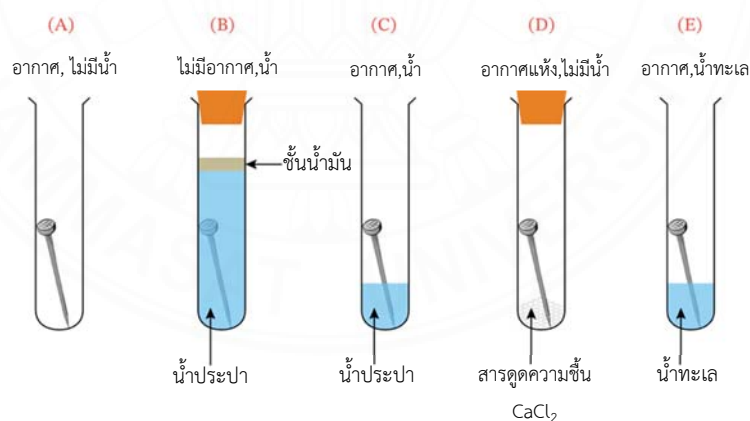
คำถามข้อที่ 9 จากสถานการณ์ – ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล” ไอเกลือทะเล หากต้องการทดสอบการเกิดสนิมที่สภาวะต่างๆ นักเรียนควรออกแบบการทดลองและระบุตัวแปรการทดลองที่ศึกษา ตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมอย่างไร (3 คะแนน)

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 10 จากสถานการณ์ – ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล” การทดสอบผลการเกิดสนิมและอัตราการเกิดสนิมที่สภาวะต่างๆ ดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 การทดสอบผลการเกิดสนิมและอัตราการเกิดสนิมที่สภาวะต่าง ๆ

จากการสังเกตพบว่าตะปูเหล็กในหลอดทดลอง E จะเริ่มเป็นสนิมก่อน ตามด้วยตะปูเหล็กในหลอดทดลอง C, B, และ A ส่วนตะปูเหล็กในหลอดทดลอง D ควรจะเริ่มเป็นสนิมช้าสุด และสามารถลงข้อสรุปได้ดังนี้ “จากผลการทดสอบผลการเกิดสนิมและอัตราการเกิดสนิมที่สภาวะต่าง ๆ พบว่าหลอดทดลอง E จะเริ่มเป็นสนิมก่อนเนื่องจากในน้ำทะเลประกอบด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และแมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl_2) เป็นสารอิเล็กโทรไลต์สามารถแตกตัวให้ออนอิสระ มีสมบัติเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงและเกิดปฏิกิริยารีดักชันกับตะปูเหล็กทำให้เกิดสนิมได้เร็วกว่าสภาวะอื่น ๆ”

จากข้อสรุปการทดสอบผลการเกิดสนิมและอัตราการเกิดสนิมที่สภาวะต่าง ๆ นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปหรือไม่ หากนักเรียนไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการสนับสนุนข้อโต้แย้ง (1 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 11 จากสถานการณ์ – ผลกระทบต่อ “โรงงานอุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอาคารใกล้ทะเล” เกิดจากไอทะเลทำให้ท่อเหล็กเกิดสนิมและผุกร่อน โดยหนึ่งในแนวทางในการป้องกันสนิมคือ การทำให้ท่อเหล็กมีสมบัติเป็นขั้วแคโทด จนทำให้ไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เรียกว่า “วิธีแคโทดิก”

สายฟ้าต้องการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็ก โดยการศึกษาและหาข้อมูลจากแผนภาพเซลล์กัลวานิกของโลหะ 4 ชนิด ได้แก่แมกนีเซียม (Mg), เหล็ก (Fe), เงิน (Ag) และ นิกเกิล (Ni)

กำหนด แผนภาพเซลล์กัลวานิกให้ดังนี้

เซลล์ที่ 1. $\text{Mg(s)} \mid \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Fe(s)}$

เซลล์ที่ 2. $\text{Mg(s)} \mid \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^+(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)}$

เซลล์ที่ 3. $\text{Mg(s)} \mid \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni(s)}$

เซลล์ที่ 4. $\text{Fe(s)} \mid \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ag}^+(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)}$

เซลล์ที่ 5. $\text{Fe(s)} \mid \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni(s)}$

เซลล์ที่ 6. $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \mid \text{Ni(s)} \parallel \text{Ag}^+(\text{aq}) \mid \text{Ag(s)}$

จากแผนภาพเซลล์กัลวานิกให้นักเรียนช่วยสายฟ้าเลือกโลหะที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ (2 คะแนน)

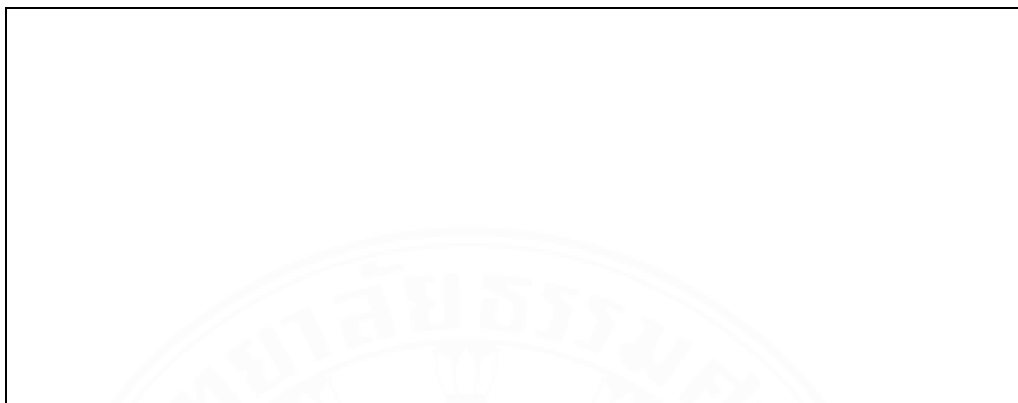
.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 12 จงวาดภาพแสดงการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กด้วยวิธีแคโทดิก พร้อมทั้งระบุปฏิกิริยาที่ขั้วแอโนดและขั้วแคโทด (2 คะแนน)



คำถามข้อที่ 13 สายฟ้าต้องการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กด้วยวิธีแคโทดิก โดยทดสอบการป้องกันการเกิดสนิมของตะปูเหล็กได้ผลการทดลองดังตาราง

การทดสอบ	ตะปูเหล็กพ่นด้วยโลหะ A	ตะปูเหล็กพ่นด้วยโลหะ B	ตะปูเหล็กพ่นด้วยโลหะ C	ตะปูเหล็กพ่นด้วยโลหะ D
ฟีนอล์ฟทาไลน์	รอบ ๆ โลหะเหล็กมีสีชมพูจาง ๆ	รอบ ๆ โลหะเหล็กมีสีชมพูเข้ม	รอบ ๆ โลหะเหล็กมีสีชมพูจาง ๆ	รอบ ๆ โลหะเหล็กมีสีชมพูเข้ม
โพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ($K_3Fe(CN)_6$)	เกิดตะกอนสีเขียวแกมน้ำเงิน	เกิดตะกอนสีเขียวแกมน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนสี	ไม่เปลี่ยนสี

ผลการทดสอบการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กสายฟ้าลงข้อสรุปได้ว่า “โลหะ A และ B เหมาะสมสำหรับใช้ป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กด้วยวิธีแคโทดิก เนื่องจากเมื่อตะปูเหล็กพ่นด้วยโลหะ A และ B เมื่อนำไปทดสอบด้วยโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต (III) ($K_3Fe(CN)_6$) เกิดตะกอนสีเขียวแกมน้ำเงิน แสดงว่าไม่เกิดการเปลี่ยนสีของโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรต”

จากข้อสรุปการทดสอบผลการป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็ก นักเรียนเห็นด้วยกับข้อสรุปของสายฟ้าหรือไม่ หากนักเรียนไม่เห็นด้วยกับข้อสรุปให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งโดยใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการสนับสนุนข้อโต้แย้ง (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

คำถามข้อที่ 14 ให้นักเรียนนำเสนอแนวทางการเลือกโลหะที่เหมาะสมสำหรับใช้ป้องกันการเกิดสนิมของท่อเหล็กด้วยวิธีแคโทดิกที่แตกต่างจากวิธีการของสายฟ้าพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ (1 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

