


วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ  
เรื่อง เคมี่ไฟฟ้า



การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
พฤษภาคม 2563  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพระนคร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาของมหาวิทยาลัยนเรศวร

  
.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา



## ประกาศคุณูปการ

การวิจัย ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษาและที่ได้อุทิศสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำกรวิจัยฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาประสิทธิ์ประสาทวิทยากรและมวลประสบการณ์ต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาและดำเนินการวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และตรวจสอบวิจัยด้วยความเอาใจใส่ตลอดจนเขียนตำราวิชาการที่ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้า และอ้างอิงทุกท่าน นอกจากนี้ยังมีผู้มีพระคุณให้ความร่วมมือและช่วยเหลืออีกมากมายที่เป็นกำลังใจ ส่งเสริมสนับสนุนการวิจัยโดยตลอดมา ซึ่งไม่สามารถกล่าวถึงในที่นี้ได้ทั้งหมด จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความร่วมมืออย่างยิ่งในการเก็บข้อมูลในการทำวิจัยเป็นอย่างดีรวมทั้งผู้อำนวยการและคณะครูโรงเรียนมัธยมศึกษาที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้เข้าเก็บข้อมูลวิจัย

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน

ชนิกานต์ กลิ่นอาจ

ชื่อเรื่อง	วิจัยปฏิบัติการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า
ผู้ศึกษาค้นคว้า	ชนิกานต์ กลิ่นอาจ
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ, กศ.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม, กระบวนการคิดเชิงออกแบบ, เคมีไฟฟ้า

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้เข้าร่วมวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่องเคมีไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ใบกิจกรรม 3) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 4) แบบประเมินชิ้นงาน และ 5) แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า จากผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา ขั้นที่ 3 สร้างความคิด ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ ขั้นที่ 5 ทดสอบ มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางเคมีไฟฟ้าในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาการเลือกใช้ปัญหาการออกแบบในชีวิตจริงและการออกแบบชิ้นงานที่ตอบสนองความต้องการในเชิงลึกของบุคคล และ 2) การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และ



นวัตกรรมของนักเรียน โดยนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่  
สูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 2 และวงจรปฏิบัติการที่ 3 ตามลำดับ



**Title** AN ACTION RESEARCH ON DEVELOPING 11TH GRADE STUDENTS' CREATIVE ABILITY AND INNOVATION USING DESIGN THINKING PROCESS ON THE TOPIC OF ELECTROCHEMISTRY

**Authors** Chanikan Klinart

**Advisor** Assistant.Professor. Skonchai Chanunan, Ed.D.

**Academic Paper** Independent Study, M.Ed. in Science Education, Naresuan University, 2019

**Keywords** Creativity ability, innovation, design thinking, electrochemistry



### ABSTRACT

This qualitative research aimed 1) to study ways to employ the learning approach through design thinking process on topic of Electrochemistry to enhance 11<sup>th</sup> grade students' creative ability and innovation and 2) to investigate the effects of using design thinking process in learning the topic of Electrochemistry on 11<sup>th</sup> grade students' creative ability and innovation. The participants were seven 11<sup>th</sup> students registered in 2<sup>nd</sup> semester of 2019 academic year. The research methodology was the classroom action research comprising of three action spirals and took totally twelve hours in this study. The instruments used in the research were 1) three lesson plans based on design thinking process in the topic of Electrochemistry, 2) activity sheets, 3) reflective learning journals, 4) work evaluation form and 5) the developed creativity ability and innovation evaluation form. Data were analyzed by content analysis and data credibility was checked by triangulation of method. The result show that 1) effective ways of using design thinking process for learning in the topic of Electrochemistry with the five steps as follow: 1) Empathy 2) Define 3) Ideate 4) Prototype and 5) Test. During the activities, the teacher should emphasize on reviewing students' fundamental knowledge required for designing work and solving problems, selecting problem situation in real life and work piece design that satisfies the

in-depth needs of people in problem situations.2) The design thinking process can help students develop their creative ability and innovation as this competency was increased and developed significantly from cycle I and cycle II and cycle III respectively.



## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	10
ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	14
กระบวนการคิดเชิงออกแบบ.....	40
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	51
รูปแบบการวิจัย.....	51
บริบทของการวิจัย.....	52
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	53
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
การสร้างเครื่องมือวิจัย.....	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	63
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	63



## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	67
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิง ออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	67
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม กระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้า.....	87
5 บทสรุป.....	94
สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย.....	94
ข้อเสนอแนะ.....	98
บรรณานุกรม.....	100
ภาคผนวก.....	103
ประวัติผู้วิจัย.....	127

## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	12
2	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018).....	32
3	แสดงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
4	แสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา ชื่อแผนการจัด การเรียนรู้ (ปัญหาการออกแบบ) และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม.....	55
5	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และ นวัตกรรม.....	58
6	แสดงเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานต้นแบบของนักเรียน.....	60
7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายการประเมินชิ้นงานและพฤติกรรมหลักของ ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	62
8	แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของ การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	73
9	แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของ การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	79
10	แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของ การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	84
11	แสดงคะแนนการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมหลัก.....	88

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียน.....	70
2	การสร้างชิ้นงานต้นแบบ " มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ " ของนักเรียน.....	71
3	การสืบค้นเพื่อปรับการสร้างสรรค์ต้นแบบของนักเรียน.....	72
4	การทดสอบชิ้นงาน และการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน.....	72
5	การเขียนตอบใบกิจกรรม " การชุบโลหะ" ของนักเรียน.....	77
6	นักเรียนทำการทดลองการชุบโลหะ.....	78
7	การทดลองเพื่อหาวิธีการต้นแบบ" การชุบโลหะ" ของทั้งสองกลุ่ม.....	79
8	การทดสอบ Battery cell .....	83
9	ขณะทำการทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานต้นแบบ.....	87
10	แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรายพฤติกรรมของความสามารถในการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม.....	89
11	ตัวอย่างชิ้นงานออกแบบของนักเรียน.....	91
12	แสดงตัวอย่างการทำงานร่วมกันของนักเรียน.....	92
13	การนำเสนอผลงานในวงจรรูปที่ 3.....	93

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาของปัญหา

สภาพการณ์ปัจจุบันที่โลกต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่อทั้งในด้านบวก และด้านลบต่อการใช้ชีวิตของคนในสังคมโลกที่ก้าวเข้าสู่ยุคของศตวรรษที่ 21 เป็นอย่างมาก ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่คนรุ่นใหม่จะต้องได้รับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อเป็นการเตรียมทรัพยากรทางด้านบุคคลให้พร้อมก้าวเข้าสู่การแข่งขันกับนานาชาติและสามารถดำรงชีวิตให้อยู่ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ โดยอาศัยทักษะ 3 ด้านหลัก ๆ ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ) ทักษะชีวิตและการทำงาน (ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม การเพิ่มผลผลิตและความรู้รับผิด ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ) และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี (พื้นฐานด้านสารสนเทศ พื้นฐานด้านสื่อ พื้นฐานด้านไอซีที) (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2556, หน้า 10-13)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่หลาย ๆ ประเทศให้ความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากศตวรรษที่ 21 มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ทักษะที่จำเป็นสำหรับคนในยุคศตวรรษที่ 21 ที่คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีได้ขยายขีดความสามารถจนสามารถทำงานแทนที่คนได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2556) คนยุคใหม่จึงต้องฝึกความคิดสร้างสรรค์ เพราะโลกกำลังเปลี่ยนยุค จากยุคความรู้สู่ยุคนวัตกรรม การฝึกความคิดสร้างสรรค์จึงสำคัญยิ่ง (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 52) เพราะความคิดสร้างสรรค์เป็นการใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตัวเองในแบบที่แตกต่างไปจากเดิม นำไปสู่การสร้างสรรคในสังคม สามารถผลิตต้นแบบที่ไม่เหมือนคนอื่น (จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ, 2556) ผู้เรียนควรจะต้องมีการพัฒนาภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ ด้วยการที่ฝึกฝนความคิดสร้างสรรค์เพื่อที่จะได้พร้อมเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพสามารถใช้ทักษะเหล่านี้ในการแก้ปัญหาที่ประสบความสำเร็จในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุริดา กาวีมี, 2560) ดังบทความของเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (The



Partnership for 21st Century Skills) ที่ระบุว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) โดยที่ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนเข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน เป็นทักษะพื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ทุกคนต้องเรียน คนที่ขาดทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะไม่สามารถปรับตัวได้เท่าทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (จินดารัตน์ โพธิ์นอก, 2557)

ปัญหาการขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่สะท้อนมาจากการประเมินจากการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามโครงการ PISA ของนักเรียนไทยปี 2015 พบว่าคะแนนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน และเป็นหนึ่งในสองประเทศที่มีผลการประเมินจัดอยู่ในกลุ่มต่ำเมื่อเทียบกับคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในประเทศภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2015, 96-111) การประเมินนักเรียนในโครงการ PISA จะลักษณะของข้อสอบจะมุ่งเน้นให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ทั้งความรู้ที่เกิดจากความจำ ความเข้าใจการประยุกต์ใช้ความรู้รวมไปถึงการใช้ความคิดขั้นสูงเพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว และผลจากการประเมินในโครงการ PISA นี้ก็ชี้ให้เห็นว่านักเรียนขาดความสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ไปสู่ชีวิตจริง แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยนั้นขาดความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลายวิธีไม่สามารถแสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์หรือทำกิจกรรมในสถานการณ์แปลกใหม่ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเท่าที่ควร ซึ่งการศึกษาในปัจจุบันเป็นการจัดการสอนแบบท่องจำ เน้นการอ่านเขียนและคิดเลข ส่งผลให้ผู้เรียนในยุคปัจจุบันขาดการฝึกฝนทักษะทางด้านการคิดไม่ว่าจะเป็นความคิดสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหา (วิจารณ์ พานิช, 2555) ซึ่งสอดคล้องกับ สุธิดา การิมิ (2560) ที่กล่าวว่า สาเหตุประการหนึ่งที่ผู้เรียนขาดฝึกทักษะในการคิด คือ การจัดการเรียนรู้บางรูปแบบที่ไม่ได้เน้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ที่นำไปสู่ทักษะการแก้ปัญหาส่งผลให้ผู้เรียนไม่มีแรงกระตุ้นในการคิดไม่สามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ หรือสามารถคิดหาวิธีการมาแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพปัญหาในชั้นเรียนเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยการใช้แบบทดสอบสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน และการทำกิจกรรมร่วมกับผู้เรียน พบว่านักเรียนขาดความกล้าที่จะคิดให้แตกต่างกลัวความคิดของตนเองไม่ดีจึงไม่กล้านำเสนอ เมื่อมีเพื่อนที่นำเสนอแนวคิดหรือมี

ตัวอย่างให้กับนักเรียน นักเรียนก็มักจะหยุดที่จะคิดสร้างสรรค์ต่อไป หรือเมื่อไม่สามารถสร้างแนวคิดของตนเองได้ก็จะมีการลอกเลียนแบบ ทำให้ไม่เกิดวิธีที่หลากหลายในด้านการคิดและการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจึงส่งผลให้การทำงานของนักเรียนหรือผลงานของนักเรียนมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ด้วยการสังเกตพฤติกรรมและปรับใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียง ของสุมินตรา จีนเมือง (2562) กับผู้เข้าร่วมวิจัยซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 คน จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนยังขาดการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการแก้ปัญหา ไม่สามารถเสนอวิธีการทดลองและออกแบบการทดลองด้วยตนเองได้ ในการสร้างชิ้นงานจะใช้การสืบค้นข้อมูลแล้วทำการสร้างโดยไม่มีการนำมาปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมใดให้สอดคล้องกับบริบทสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้ จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่า นักเรียนคุ้นเคยกับการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้นักเรียนจึงไม่ได้ฝึกกระบวนการคิดทำให้เกิดการตีกรอบทางความคิด เมื่อต้องทำการออกแบบการทดลองด้วยตนเองจึงขาดความมั่นใจและต้องได้รับการชี้แนะแนวทาง เป็นผลให้นักเรียนไม่สามารถออกแบบการทดลองเองได้ และนักเรียนยังขาดกระบวนการในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จากการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ที่มุ่งเน้นในเรื่องของการเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง การสนับสนุนให้ตัดสินใจลงมือกระทำ และการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างความคิดที่หลากหลาย การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) และขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test) มีรายงานการวิจัยของคณะทำงาน ReDlab (Research in Education and Design Lab) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า การคิดเชิงออกแบบได้ถูกบูรณาการเข้าไปในเนื้อหาทางวิชาการและเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมเนื้อหาทางวิชาการที่เป็นสหวิทยาการได้อย่างกว้างขวาง (Carroll, et al., 2010) ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการ

สอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนรู้ที่สามารถสร้างประสบการณ์ที่หลากหลาย และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Kwek, S.H., 2011)

เคมีไฟฟ้าเป็นบทเรียนหัวข้อหนึ่งที่สำคัญในรายวิชาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปฏิบัติเคมีไฟฟ้านำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย เช่น แบตเตอรี่ที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าและรถยนต์ การชุบโลหะ การแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า เทคโนโลยีทางด้านเซลล์เคมีไฟฟ้ามีความก้าวหน้าอย่างมากที่จะนำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นและมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าอาจได้มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งอาศัยพลังงานกลเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แบตเตอรี่ซึ่งอาศัยปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) จากการศึกษาธรรมชาติของเนื้อหาเคมีไฟฟ้าเป็นบทเรียนที่นักเรียนจำเป็นต้องประยุกต์ใช้เคมีไฟฟ้ากับชีวิตจริง โดยครูต้องยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจะใช้ความรู้เกี่ยวกับเคมีไฟฟ้าในการแก้ไขปัญหาอย่างไร (Sanger, 1996) ดังนั้นในบทเรียนนี้เหมาะสมในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์จริงได้ การคิดสร้างสรรค์ที่จะเกิดขึ้นผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเรื่องเคมีไฟฟ้า ที่เป็นการมุ่งเน้นให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้และทำความเข้าใจปัญหา ระดมสมองหาแนวความคิดในการออกแบบที่หลากหลาย และลงมือสร้างชิ้นงานที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสนองความต้องการของบุคคลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาดูการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่เน้นการนำองค์ความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานได้หลากหลายจากปัญหาการออกแบบที่เป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง แปลกใหม่ และน่าสนใจ เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสฝึกทักษะหรือความสามารถในการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ที่เน้นการทำความเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้งผ่านกระบวนการในการสร้างชิ้นงานที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนเพื่อแก้ไขปัญหาในชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพได้ในอนาคต รวมทั้งการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเตรียมคนให้พร้อมก้าวสู่ศตวรรษที่ 21 ต่อไป



### คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้า

### ขอบเขตของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 คน โรงเรียนขนาดเล็กประจำตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก
2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย  
เป็นเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา เคมีเพิ่มเติม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 12 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้
 

1. เซลล์เคมีไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง
2. ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง
3. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย  
การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง



## นियามศัพท์เฉพาะ

1. กระบวนการคิดเชิงออกแบบ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการของบุคคลผ่านบทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในปัญหาการออกแบบ แล้วสร้างชิ้นงานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยการประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

นักเรียนศึกษาปัญหาการออกแบบ (Design challenges) ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง เคมีไฟฟ้า บทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วยคำพูด ความคิด ความรู้สึก การกระทำของผู้ให้สัมภาษณ์รวมถึงสภาพปัญหาความต้องการและความเข้าใจในเชิงลึก ตลอดจนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากบทสัมภาษณ์ และคำชี้แจงให้เข้าใจ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม Empathy Activity

### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

นักเรียนระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เลือกมานั้นต้องนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาได้ โดยมีการนิยามถึงความรู้ เคมีไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง และออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การสร้างต้นแบบ

### ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทางการสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย แล้วช่วยกันจัดกลุ่มความคิดลำดับความสำคัญ และคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด รวมถึงประยุกต์ใช้องค์ความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในการสร้างชิ้นงาน หลังจากนั้นทำการทดลอง สรุปสิ่งที่ได้จากการศึกษา ร่างต้นแบบชิ้นงาน แล้วให้นักเรียนร่วมกันวางแผนเตรียมอุปกรณ์สำหรับการสร้างชิ้นงานในขั้นตอนถัดไป

### ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)

นักเรียนร่วมกันลงมือสร้างชิ้นงานต้นแบบที่ร่างไว้เพื่อแก้ปัญหาการออกแบบและสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

### ขั้นที่ 5 ทดสอบ ( Test )

นักเรียนนำเสนอผลงาน โดยมีครูและเพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันสะท้อนผล เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงชิ้นงานหรือกระบวนการ จนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ดีและมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกัน

2. ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ประโยชน์ของเซลล์

เคมีไฟฟ้า และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า ที่จะนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยนักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเองโดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้จะวัดโดยใช้ แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางสำหรับครูวิทยาศาสตร์ในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมไปจัดการเรียนรู้ในเรื่องอื่นๆ ต่อไป

2. เป็นการฝึกให้ผู้เรียนพัฒนาพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเน้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้องค์ความรู้ผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบและสร้างชิ้นงาน



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัย เรื่อง วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดตามลำดับต่างๆ ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
  - 1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
  - 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
  - 1.3 สาระเคมีและผลการเรียนรู้
  - 1.4 ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี
2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
  - 2.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21
  - 2.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
  - 2.3 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. กระบวนการคิดเชิงออกแบบ
  - 3.1 ความเป็นมาของการคิดเชิงออกแบบในบริบททางการศึกษา
  - 3.2 ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ
  - 3.3 การคิดเชิงออกแบบกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21
  - 3.4 กรอบคิดยึดติด (Mindsets) ของการคิดเชิงออกแบบ
  - 3.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
  - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ
  - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ



หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

### 1. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากเป้าหมายดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนเรียนในสิ่งที่เป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้นี้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560) ได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะด้านจิตวิทยาศาสตร์ไปพร้อมๆ กัน ทั้งนี้จึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เป้าหมายของ

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ คือ มุ่งให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะสร้างความรู้เกี่ยวเหตุการณ์ วัตถุ ระบบ และปรากฏการณ์ต่างๆ จากแบบจำลองความคิดของตนเอง (Mental models) และจะสื่อสารแบบจำลองความคิดที่สร้างขึ้นผ่านทางแบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) ในหลายรูปแบบเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจ ในรูปแบบที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ดังนั้นนักเรียนต้องสร้างแบบจำลองความคิดของตนเองและเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ กล่าวคือ มีแบบจำลองความคิดสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สร้างและใช้แบบจำลองเพื่อทำนายหรืออธิบายเหตุการณ์และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ตลอดจนเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลอง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2546) อันเป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนควรควรสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสทำความเข้าใจ ได้สร้างและใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากครูจะรู้ถึงวิธีการสอนแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือจะต้องรู้ถึงวิธีการเรียนรู้และการสร้างความรู้ของนักเรียนด้วย

## 2. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2560)

### 3. สารเคมี

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เนื้อหา เคมีไฟฟ้า จัดอยู่ในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สารเคมี ข้อที่ 2 คือ

ข้อ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สารเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	28. ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์	เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยแอโนด แคโทด และสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อกันด้วยสะพานเกลือ โดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปแคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์
	30. อธิบายหลักการทำงานและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ	เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟ จึงนำกลับมาใช้ได้



ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.5	31. ทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ	เซลล์อิเล็กโทรลิติกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ การป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ
	32. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	ปฏิกิริยาเคมีหลายปฏิกิริยาที่พบในชีวิตประจำวันเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ เช่น ปฏิกิริยาการเผาไหม้ปฏิกิริยาในเซลล์เคมีไฟฟ้า ซึ่งความรู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้าและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

#### 4. ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี

การจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนในเนื้อหาเคมีจำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมและเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองด้วยการสืบค้นข้อมูลและการสำรวจตรวจสอบ ผู้จัดการเรียนรู้จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อกำหนดเป็นแนวคิดของพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนได้ ลักษณะของการจัดการเรียนรู้เนื้อหาเคมี ประกอบด้วยลักษณะดัง ต่อไปนี้ (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2560)

การสำรวจตรวจสอบ โดยทั่วไปเมื่อผู้เรียนเกิดมาก็พร้อมที่จะเป็นนักสำรวจตรวจสอบ ศึกษา เรียนรู้ คิดสร้างแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับโลกรอบๆ ตัวเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะเนื้อหาเคมีจึงมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดแนวคิดของตนเองผ่านการสำรวจตรวจสอบด้วยความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับโลกรอบๆตัวและสร้างความรู้ของตนเองรวมทั้งสร้างแนวทางและวิธีปฏิบัติ ด้วยแนวคิดเหล่านี้การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนจึงต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ให้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลง ได้บันทึกผลการสังเกตอย่างเป็นระบบและลงข้อสรุปเพื่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้ ดังนั้นในการเรียนรู้ของผู้เรียนจึงควรประกอบด้วย การสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลัง



การสังเกต และใช้กระบวนการที่เหมาะสมในการแปรผลลงข้อสรุปเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ การสร้างองค์ความรู้และกระบวนการเรียนรู้จึงต้องเชื่อมโยงระหว่างความสนใจกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกัน ในการสร้างความเชื่อมโยงระหว่างความสนใจและประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจะต้องส่งเสริมการเรียนรู้ที่เป็นลักษณะของการบูรณาการให้ เป็นไปอย่างเท่าเทียมกันในทุกด้าน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและเป็นไปตาม ศักยภาพของผู้เรียน การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ควรคำนึงถึงประเด็นต่างๆ ดังนี้

1.1 เนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับความสนใจและความต้องการของผู้เรียนและมีความเพียงพอต่อการพิจารณาในด้านต่างๆ ของผู้เรียน

1.2 มีกระบวนการและวิธีการที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในทุกด้าน

1.3 มีการเชื่อมโยงกับชีวิตจริงทำในลักษณะของการประยุกต์ใช้และการขยาย ครอบคลุมความรู้ความเข้าใจให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

1.4 การวัดประเมินผลที่สนองตอบจุดมุ่งหมายและสามารถประเมินความรู้ความ เข้าใจและพัฒนาการของผู้เรียนอย่างแท้จริง

## ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

### 1. ทักษะในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีหลายองค์กรพัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2009) การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องยึดผลลัพธ์ทั้งใน ความรู้ของวิชาแกนและทักษะแห่งศตวรรษใหม่ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่โรงเรียน สถานที่ทำงานและ ชุมชนต่างเห็นคุณค่าว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อโลกของการทำงานและการศึกษาชั้นสูง ทักษะแห่ง ศตวรรษที่ 21 คือเครื่องมือที่ต้องใช้เพื่อเป็นบันไดทางเศรษฐกิจและสังคมในระดับสูง ผู้เรียนต้องมี ความรู้ในเนื้อหาและทักษะที่จะประยุกต์ใช้และปรับเปลี่ยนความรู้เหล่านั้นให้เข้ากับเป้าหมายที่ยัง ประโยชน์และสร้างสรรค์ รวมถึงการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตามเนื้อหาและสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป กรอบความคิดนี้ถูกพัฒนาร่วมกันองค์กรเกือบ 40 องค์กรที่เป็นสมาชิก ซึ่งรวมถึงสมาคมการศึกษา แห่งชาติ (National Education Association) กรอบความคิดนี้ถูกนำเสนอแก่ผู้กำหนดนโยบาย นักการศึกษา นักธุรกิจ องค์กรชุมชน และผู้ปกครองนักเรียนที่เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่งว่าทักษะใน ศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งจำเป็นต่อความสำเร็จในปัจจุบัน (Kay, 2010, p.25 อ้างถึงโดย พิชญ่า ดีมี, 2559) กรอบแนวคิดการเรียนรู้ทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย

1. วิชาแกน (core subject) ได้แก่ ภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะการใช้ภาษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ หน้าที่พลเมือง การปกครอง เศรษฐศาสตร์ ศิลปะ ประวัติศาสตร์ และภูมิศาสตร์

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จใน ที่ทำงานและชุมชนแต่ไม่ได้เน้นในโรงเรียนทุกวันนี้ ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้าน การเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และความ ตระหนักในสุขภาพและสวัสดิภาพ

3. ทักษะการเรียนรู้และการคิด นอกจากเรียนรู้เนื้อหาทางวิชาการแล้ว นักเรียน จำเป็นต้องรู้จักวิธีเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต รู้จักใช้สิ่งที่เรียนมาอย่างมีประสิทธิภาพและ สร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้และการคิด ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์และทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการสร้างสรรค์และการผลิตนวัตกรรม ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะ การเรียนรู้ตามบริบท และทักษะพื้นฐานด้านข้อมูลและสื่อ

4. ความรู้พื้นฐานไอซีที ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในบริบทของ การเรียนรู้วิชาแกน ผู้เรียนต้องใช้เทคโนโลยีให้เป็นเพื่อเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ จะได้รู้จักวิธีเรียนรู้ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การใช้ข้อมูลข่าวสาร การสื่อสาร การผลิตนวัตกรรม และการ ร่วมมือทำงาน

5. ทักษะชีวิต ครูที่ดีย่อมรู้จักสอดแทรกทักษะชีวิตในบทเรียน ความท้าทายใน ปัจจุบันคือการผสมผสานทักษะที่จะเป็นเหล่านี้ในโรงเรียนอย่างจริงจัง แยกกาย และรอบด้าน ทักษะ ชีวิตได้แก่ ความเป็นผู้นำ ความมีจริยธรรม การรู้จักรับผิดชอบ ความสามารถในการปรับตัว การรู้จักเพิ่มพูนประสิทธิภาพของตนเอง ความรับผิดชอบต่อตนเอง ทักษะในการเข้าถึงคน ความสามารถในการชี้นำตนเอง และความรับผิดชอบต่อสังคม

6. การประเมินในศตวรรษที่ 21 การประเมินผลที่แท้จริงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับ การศึกษาในศตวรรษที่ 21 การประเมินนี้ต้องวัดผลลัพธ์สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ วิชาแกน เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 ทักษะการเรียนรู้และการคิด ความรู้พื้นฐานไอซีที และทักษะชีวิต การประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ควรทำควบคู่ไปกับการประเมินวิชาแกน เพราะการประเมิน ที่แยกขาดกันจะบั่นทอนเป้าหมายในการหลอมรวมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ากับวิชาแกน เทคโนโลยีสมัยใหม่จะช่วยให้การประเมินมีประสิทธิภาพ มีความยั่งยืน และเสียค่าใช้จ่ายน้อยลง แบบทดสอบมาตรฐานเพียงอย่างเดียวใช้วัดทักษะการเรียนรู้ที่เรียนได้ไม่ก็อย่าง การประเมินต้อง

ผสมผสานให้สมดุลระหว่างแบบทดสอบมาตรฐานที่มีคุณภาพ กับการประเมินในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจะเกิดเป็นเครื่องมืออันทรงพลังสำหรับครูและนักเรียนในการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะที่จำเป็นต่อความสำเร็จ

กรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แสดงให้เห็นถึงการบูรณาการระหว่าง 3 องค์ประกอบ คือ 1) วิชาแกนและแนวคิดสำคัญในศตวรรษที่ 21 (Core subject and 21st Century themes) 2) ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) ประกอบด้วยทักษะ 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation skills) คือ ทักษะที่แสดงถึงการเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมในการทำงาน และดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่แตกต่างจากอดีตโดยเฉพาะจะต้องใช้ทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การสื่อสาร การร่วมมือในการทำงาน สำหรับการใช้ชีวิตที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น และสิ่งแวดล้อมในการทำงานในโลกปัจจุบัน โดยทักษะที่จำเป็น ได้แก่

1.1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) คือ การที่ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำงานอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับผู้อื่นได้ และเกิดนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย

1.1.1 การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) เป็นการใช้ความคิดที่อิสระในการออกแบบเทคนิค มาจากหลายวิธีการ เช่นการระดมสมอง (brainstorming) สร้างสิ่งใหม่ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีคุณค่า สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์และประเมินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.1.2 การทำงานกับคนอื่น ๆ อย่างสร้างสรรค์ (Work Creativity with Others) เป็นการสร้างและสื่อสารแนวคิดใหม่ๆ ให้ผู้อื่นทราบอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงออกโดยปฏิบัติอย่างริเริ่มสร้างสรรค์และเข้าใจข้อจำกัดที่เป็นจริง มองเห็นว่าแม้จะล้มเหลวแต่ได้มีโอกาสเรียนรู้และเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมต้องใช้เวลายาวนาน

1.1.3 การนำนวัตกรรมไปใช้ (Implement Innovations) คือ การนำความคิดริเริ่มไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่องาน ทำให้ผลงานนั้นเป็นนวัตกรรม

1.2 การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Critical thinking and Problem solving) ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตอบคำถามและแก้ปัญหาได้ วิเคราะห์และประเมินทางเลือกที่ชัดเจน และสะท้อนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจและกระบวนการ ประกอบด้วย



1.2.1 การให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ (Reason Effectively) คือ การใช้วิธีหาเหตุผลจากหลากหลายวิธี เช่น การอุปมาอุปมัย

1.2.2 การคิดอย่างเป็นระบบ (Use Systems Thinking) คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ส่วนย่อยๆ และจึงมองเป็นภาพรวม

1.2.3 การพิจารณาและตัดสินใจ (Make Judgments and Decisions) คือการวิเคราะห์และประเมินข้อมูล แนวคิดอย่างมีประสิทธิภาพ สังเคราะห์และเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศและข้อถกเถียง ดีความข้อมูลและลงข้อสรุป สะท้อนสิ่งที่เรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ

1.2.4 การแก้ปัญหา (Solve Problem) คือ การแก้ปัญหาในรูปแบบต่างๆ โดยใช้วิธีปกติและวิธีใหม่ๆ วิเคราะห์คำถามสำคัญเพื่อให้ความคิดชัดเจนขึ้นและนำไปสู่การลงข้อสรุป

1.3 การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลที่สื่อสารได้อย่างชัดเจน ในการพูด การเขียน และที่ไม่ใช้ภาษา การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพและมีความรับผิดชอบ ประกอบด้วย

1.3.1 การสื่อสารอย่างชัดเจน (Communicate clearly) คือ การแยกแยะแนวคิดอย่างมีเหตุผลโดยใช้การสนทนา การเขียนและทักษะการสื่อสารต่างๆ ในหลายรูปแบบ และในหลายบริบท ฟังอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเข้าใจความหมาย ความรู้ ค่านิยม ทศนคติ และจุดมุ่งหมาย ใช้การสื่อสารหลายๆ วิธีที่จะสนองต่อจุดประสงค์ ใช้สื่อและเทคโนโลยีและสามารถประเมินผลกระทบ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพในหลากหลายบรรยากาศ

1.3.2 การร่วมมือทำงาน (Collaboration) หมายถึง แสดงออกถึงความสามารถที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับในทีมที่ทำงานด้วย มีความยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะทุ่มเทในการทำงานให้สำเร็จเพื่อให้สู่เป้าหมายของงาน มีความรับผิดชอบในการทำงานร่วมกับผู้อื่นและเห็นคุณค่าของความคิดที่มาจากสมาชิกกลุ่ม

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) คือ การแสดงความสามารถได้หลากหลาย และมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการใช้สื่อ และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น การเข้าถึงข้อมูลอย่างอิสระ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเครื่องมือ เทคโนโลยีและความสามารถในการช่วยเหลือ คนในยุคนี้จึงควรมีความสามารถหลักๆ เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ เข้าถึงข้อมูลอันมหาศาลได้ทันกับการเปลี่ยนแปลง



ของเทคโนโลยีและเครื่องมือ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและแบ่งปันข้อมูลกับผู้อื่น ซึ่งทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วย

2.1 การรู้สารสนเทศ (Information Literacy) คือ ความสามารถในการจำแนก ประเมิน และใช้อย่างมีประสิทธิภาพในข้อมูลที่จำเป็น ประกอบด้วย การเข้าถึงและประเมินข้อมูลและการใช้และจัดการสารสนเทศ (Use and manage information)

2.2 การรู้ทันสื่อ (Media Literacy) คือ ความสามารถของบุคคลในการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพ วิเคราะห์สื่อ (Analyze Media) และการสร้างชิ้นงานที่เป็นสื่อ (Create media products)

2.3 ความรู้เกี่ยวกับสารสนเทศ การสื่อสารและเทคโนโลยี (Information, Communication and Technology Literacy) คือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ และให้เครือข่ายทางสังคมในการสื่อสารและจัดการกับข้อมูลอย่างสร้างสรรค์

3. ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) คือ ความสามารถในการประเมิน ชี้นำแนวทางการดำรงชีวิตที่ซับซ้อนและการทำงานในโลกที่มีการแข่งขันสูง ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับทีมที่หลากหลาย การเปิดใจยอมรับความคิดที่หลากหลาย แสดงการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม สิ่งแวดล้อมในการทำงานและชีวิต มีความสามารถในการอยู่ได้ท่ามกลางชีวิตที่สับสนและสิ่งแวดลอมในการทำงานที่มีการแข่งขันกันในระดับโลก จึงจำเป็นต้องสร้างให้ผู้เรียนมีทักษะชีวิตและอาชีพ ดังต่อไปนี้

3.1 ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) คือความสามารถในการปรับบทบาทไปสู่การเปลี่ยนแปลงได้ และให้ผลสะท้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย การปรับเปลี่ยนได้ (adapt to change) และมีความยืดหยุ่น (be flexible)

3.2 การคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and self-direction) คือ ความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการตั้งเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้อย่างอิสระ ประกอบด้วย จัดการเรื่องเป้าหมายและวางแผนการทำงาน ทำงานได้อย่างอิสระและผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้

4. ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ด้านวัฒนธรรม (social and Cross-culture skills) คือการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เคารพและยอมรับความแตกต่างทางสังคม

และวัฒนธรรม ประกอบด้วย การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และการทำงานกับทีมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 การเพิ่มผลผลิตและการรับผิดชอบ (productivity and accountability) คือการจัดการและเผชิญเป้าหมาย ความจำเป็นที่มาก่อน การจัดการเวลาทำงาน ประกอบด้วย จัดการกับโครงการได้ และสร้างผลผลิตได้

4.2 ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบต่อสังคม (Leadership and responsibility) คือความสามารถของบุคคลในการทำงานและการเอาใจใส่สังคม ประเมินจุดแข็งขอผู้อื่นไปยังเป้าหมายที่บรรลุผล ประกอบด้วย การชี้แนะและนำคนอื่นได้ และมีความรับผิดชอบต่อผู้อื่น กรอบความคิดหลักสำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

เพื่อให้เห็นฐานความคิดและแนวทางการพัฒนาหลักสูตรในศตวรรษที่ 21 ที่ชัดเจน จึงได้นำเสนอกรอบความคิดเชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ขององค์กรและบุคคลต่างๆ ไว้ดังต่อไปนี้ (วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอธิป จิตตฤกษ์, 2554, 118-137)

กรอบความคิดของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills, 2007) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่ถูกนำไปใช้อ้างอิงอย่างกว้างขวาง ดังนี้

1. วิชาแกน (core subject) พระราชบัญญัติการศึกษาพื้นฐานถ้วนหน้า ค.ศ. 2001 (No Child Left Behind Act of 2001) ของสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดวิชาแกนที่จำเป็นต้องเรียนรู้ไว้ คือ วิชาภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะการใช้ภาษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ หน้าที่พลเมือง การปกครอง เศรษฐศาสตร์ ศิลปะ ประวัติศาสตร์ และ ภูมิศาสตร์

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จในการทำงานและชุมชน แต่โรงเรียนต่างๆ ในทุกวันนี้ไม่ได้เน้นในการนำไปสอน ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และความตระหนักในสุขภาพและสวัสดิภาพ

3. ทักษะการเรียนรู้และการคิด นอกจากการเรียนรู้เนื้อหาวิชาการแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักวิธีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต รู้จักใช้สิ่งที่เรียนมาอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้และการคิด ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสร้างสรรค์และผลิตนวัตกรรม ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการเรียนรู้ตามบริบท และทักษะพื้นฐานด้านข้อมูลและสื่อ

4. ความรู้พื้นฐานไอซีที (ICT literacy) ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในบริบทของการเรียนรู้วิชาแกน นักเรียนต้องใช้เทคโนโลยีให้เป็นเพื่อเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ และจะได้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ไขปัญหา การใช้ข้อมูลข่าวสาร การสื่อสาร การผลิตนวัตกรรม และการร่วมมือทำงาน

5. ทักษะชีวิต ทักษะชีวิตที่สำคัญที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียน ได้แก่ ความเป็นผู้นำ ความมีจริยธรรม การรู้จักรับผิดชอบ ความสามารถในการปรับตัว การรู้จักเพิ่มพูนประสิทธิภาพของตนเอง ความรับผิดชอบต่อตนเอง ทักษะในการเข้าถึงคน ความสามารถในการชี้นำตนเอง และความรับผิดชอบต่อสังคม

กรอบความคิด enGauge ของ NCREL/Metiri Group (2003) ห้องวิจัยการศึกษาเขตภาคกลางตอนเหนือ (NCREL) และกลุ่มเมทีริ (Metiri Group) ได้เสนอกรอบความคิดสำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในปี ค.ศ. 2003 ไว้โดยกรอบความคิด enGauge ได้เพิ่ม “ความรู้พื้นฐานเชิงทัศนภาพ” (visual literacy) ลงไปว่าเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางข้อมูลข่าวสาร และรวม “ความอยากรู้” “ความกล้าเสี่ยง” และ “การจัดการความซับซ้อน” เข้าไว้ในทักษะหลัก ด้วยกรอบความคิดนี้เน้น “การจัดลำดับความสำคัญ” การวางแผน และการจัดการเพื่อมุ่งผลลัพธ์” และเห็นว่า “ความรู้พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรม” (multicultural literacy) เป็นองค์ประกอบที่ชัดเจนอีกอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ยังได้เสนอกรอบความคิดที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ไว้อีก ดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานในยุคดิจิทัล ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และเทคโนโลยี ความรู้พื้นฐานเชิงทัศนภาพและข้อมูล ความรู้พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลก

2. การคิดเชิงประดิษฐ์ ได้แก่ ความสามารถในการปรับตัว การจัดการความซับซ้อน ความสามารถในการชี้นำตนเอง ความอยากรู้ ความสร้างสรรค์ ความกล้าเสี่ยง การคิดระดับสูง การใช้เหตุผลที่ดี

3. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การทำงานเป็นทีม ความร่วมมือ ทักษะด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความรับผิดชอบต่อตนเอง ต่อสังคม และความรับผิดชอบต่อฐานะพลเมือง การสื่อสารแบบโต้ตอบ



4. การเพิ่มผลิตผลระดับสูง ได้แก่ การจัดลำดับความสำคัญ การวางแผน การจัดการ เพื่อมุ่งผลลัพธ์ การใช้เครื่องมือจริงอย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพและเหมาะสม

กรอบความคิด องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD, 2005) องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ไว้ในปี ค.ศ. 2005 ดังนี้

1. ความสามารถในการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ รู้จักใช้ภาษา สัญลักษณ์ และเนื้อหาข้อความอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ความรู้และข้อมูลข่าวสารอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่หลากหลาย โดยมีความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น ให้ความร่วมมือและทำงานเป็นทีม จัดการและแก้ไขความขัดแย้ง

3. ความสามารถในการโต้ตอบโดยอิสระ โดยคำนึงถึงภาพรวม วางแผนชีวิตและดำเนินตามโครงการส่วนตัวที่วางไว้ ปกป้องและยืนยันสิทธิ ผลประโยชน์ ข้อจำกัด และความต้องการ

สภาผู้นำแห่งชาติเพื่อการศึกษาเสรีและสัญญาของอเมริกา (LEAP, 2007) ได้เสนอกรอบความคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เพื่อให้นักเรียนในโรงเรียนและต่อเนื่องไปถึงการศึกษาที่สูงขึ้น เพื่อเตรียมความพร้อมรับมือความท้าทายในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมมนุษย์และโลกทางกายภาพและโลกธรรมชาติ ได้แก่ในเรื่องวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ภาษา และศิลปะ โดยเน้นการศึกษาเพื่อตอบคำถามสำคัญ ทั้งในยุคนี้และที่คงอยู่ทุกยุคทุกสมัย

2. ทักษะทางปัญญาและเชิงปฏิบัติ ได้แก่ การตั้งคำถามและการวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์และการคิดเชิงสร้างสรรค์ การสื่อสารด้วยการเขียนและพูด ความรู้พื้นฐานในเรื่องปริมาณ ความรู้พื้นฐานในข้อมูลข่าวสาร การทำงานเป็นทีมและการแก้ไขปัญหา โดยมีการฝึกปฏิบัติให้ทั่วทุกหลักสูตร ในลักษณะที่มีความท้าทายของปัญหา โครงการและมาตรฐานการปฏิบัติ และประเมินผล

3. ความรับผิดชอบส่วนตัวและต่อสังคม ได้แก่ ความรู้และการมีส่วนร่วมในฐานะพลเมือง ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับโลก



4. การเรียนรู้แบบบูรณาการ ได้แก่ การสังเคราะห์และความสำคัญขั้นสูงในการศึกษาทั่วไปและเฉพาะทาง โดยอาศัยผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และความรับผิดชอบในสภาพแวดล้อมใหม่และปัญหาที่ซับซ้อน

กรอบความคิด สมาคมเทคโนโลยีการศึกษานานาชาติ (ISTE, 2007) ได้เสนอมาตรฐานทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีความสำคัญต่อนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ไว้ในปี ค.ศ.2007 ดังนี้

1. ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยนักเรียนสามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ ผลิตความรู้ และพัฒนานวัตกรรมที่เป็นผลผลิตและกระบวนการโดยใช้เทคโนโลยี ในด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือกระบวนการใหม่ การสร้างงานที่เป็นต้นแบบเพื่อสื่อถึงตัวตนหรือกลุ่ม การใช้โมเดลและการจำลองเพื่อสำรวจระบบและปัญหาที่ซับซ้อน การหาแนวโน้มและคาดการณ์ความเป็นไปได้

2. การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน โดยนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากสื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลเพื่อสื่อสารและทำงานร่วมกัน รวมทั้งเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทางไกลสำหรับตนเองและผู้อื่น การมีปฏิสัมพันธ์ ให้ความร่วมมือ และเผยแพร่งานร่วมกับเพื่อน ผู้เชี่ยวชาญ และบุคคลอื่นๆ โดยใช้สื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลต่างๆ การสื่อสารข้อมูลและความคิดไปสู่ผู้รับจำนวนมากอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้สื่อหลากหลายรูปแบบ การพัฒนาความเข้าใจทางวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลกด้วยการคลุกคลีกับผู้เรียนจากวัฒนธรรมอื่น การช่วยเหลือสมาชิกในโครงการให้ผลิตผลงานที่เป็นต้นแบบและช่วยแก้ไขปัญหา

3. ความเชี่ยวชาญในการค้นคว้าหาข้อมูล โดยนักเรียนสามารถใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อรวบรวม ประเมิน และใช้ข้อมูล ในด้านการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้น การค้นหา จัดระเบียบ วิเคราะห์ ประเมิน สังเคราะห์ และใช้ข้อมูลอย่างมีจริยธรรม จากแหล่งข้อมูลและสื่อต่างๆ การประเมินและคัดเลือกแหล่งข้อมูลและเครื่องมือดิจิทัลตามความเหมาะสมกับภารกิจนั้นๆ การประมวลข้อมูลและรายงานผล

4. การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ โดยนักเรียนสามารถแสดงทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ เพื่อวางแผนและวิจัย บริหารโครงการ แก้ปัญหา และตัดสินใจจากข้อมูล โดยใช้เครื่องมือดิจิทัลและแหล่งข้อมูลดิจิทัลที่เหมาะสม ในด้านการกำหนดและนิยามปัญหาที่แท้จริงและกำหนดคำถามสำคัญเพื่อการค้นคว้า การวางแผนและบริหารกิจกรรมเพื่อหาคำตอบหรือทำโครงการให้ลุล่วง การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคำตอบ และ/หรือเพื่อ

ตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูล การใช้กระบวนการต่างๆ และแนวทางที่หลากหลายเพื่อสำรวจทางเลือกอื่นๆ

5. ความเป็นพลเมืองดิจิทัล (digital citizenship) โดยนักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจประเด็นทางสังคม วัฒนธรรม และความเป็นมนุษย์ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี และปฏิบัติตามอย่างมีจริยธรรมและตามครรลองกฎหมาย ด้วยการสนับสนุนและฝึกใช้ข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย ถูกกฎหมาย และอย่างรับผิดชอบ การแสดงทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมความร่วมมือ การเรียนรู้ และการเพิ่มผลผลิต การแสดงให้เห็นว่าตนเองรู้จักรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต การแสดงความเป็นผู้นำในฐานะพลเมืองดิจิทัล

6. การใช้งานเทคโนโลยีและแนวคิด โดยนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นว่าเขาเข้าใจแนวคิด ระบบ และการทำงานของเทคโนโลยี ในด้านความเข้าใจและการใช้ระบบเทคโนโลยี การเลือกและใช้โปรแกรมประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ไขปัญหาของระบบและโปรแกรมประยุกต์ได้ การรู้จักใช้ความรู้ที่มีในปัจจุบันเพื่อเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีใหม่ๆ

กรอบความคิด ศูนย์บริการทดสอบการศึกษา (ETS, 2007) ได้เสนอกรอบความคิดสำหรับความรู้พื้นฐานทางดิจิทัลและไอซีทีไว้ในปี ค.ศ. 2007 เช่นกัน ดังนี้

1. ความสามารถในการรู้คิด ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวัน ได้แก่ การอ่านออกเขียนได้ การคำนวณพื้นฐาน การแก้ไขปัญหา และความรู้พื้นฐานทางมิติสัมพันธ์/ทัศนภาพ

2. ความสามารถทางเทคนิค เป็นองค์ประกอบของความรู้พื้นฐานทางดิจิทัล ได้แก่ ความรู้พื้นฐานด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ โปรแกรม เครือข่าย และองค์ประกอบของเทคโนโลยีดิจิทัล

3. ความสามารถด้านไอซีที เป็นการหลอมรวมและการประยุกต์ใช้ทั้งทักษะในการรู้คิด และทักษะทางเทคนิค ซึ่งถูกมองว่าเป็นใบเบิกทาง ซึ่งความสมรรถนี้ทำให้คนเราใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่ และอาจถึงกับทำให้เกิดนวัตกรรม การเปลี่ยนแปลงในระดับบุคคล และการเปลี่ยนแปลงทางสังคม ซึ่งความรู้พื้นฐานด้านไอซีทีนี้มี 5 ระดับ คือ ระดับเข้าถึง เช่น รู้จักเลือกเปิดอีเมลในกล่องจดหมายที่ควรอ่าน ระดับจัดการ เช่น ระบุและจัดระเบียบข้อมูลในกล่องจดหมาย ระดับบูรณาการ เช่น สรุปประโยชน์ของหลักสูตรอบรมที่บริษัทจัดขึ้น ประเมิน เช่น ตัดสินใจได้ว่าควรจัดหลักสูตรใดต่อในปีหน้า โดยพิจารณาจากข้อมูลการเข้าเรียนปีก่อน สร้างสรรค์ เช่น เขียนอีเมลข้อเสนอแนะส่งให้รองประธานฝ่ายทรัพยากรมนุษย์

กรอบความคิดของ เฮนี เจงกินส์ และคณะ (Jenkins et al., 2009) ซึ่งได้เสนอรายการความรู้พื้นฐานทางดิจิทัล ดังนี้

1. การเล่น เป็นความสามารถในการลองสิ่งที่อยู่รอบตัวซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการแก้ปัญหา
2. การแสดงบทบาท เป็นความสามารถในการใช้อัตลักษณ์อื่นเพื่อพลิกแพลงเฉพาะหน้าและเพื่อการค้นพบ
3. การจำลอง เป็นความสามารถในการตีความและสร้างโมเดลที่สะท้อนกระบวนการจริง
4. การหยิบฉวย เป็นความสามารถในการเลือกตัวอย่างที่น่าสนใจและผสมเนื้อหาสื่อขึ้นมาใหม่
5. การทำงานหลายอย่าง เป็นความสามารถในการสำรวจสิ่งรอบตัวอย่างรวดเร็ว แล้วเบนความสนใจไปที่รายละเอียดสำคัญได้ตามต้องการ
6. การรู้คิดแบบกระจาย เป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือแบบโต้ตอบเพื่อขยายศักยภาพทางความคิด
7. การใช้ปัญญาแบบหมู่คณะ เป็นความสามารถในการรวมพลังความรู้และเปรียบเทียบข้อคิดเห็นกับผู้อื่นเพื่อเป้าหมายร่วมกัน
8. การใช้ดุลพินิจ เป็นความสามารถในการประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน
9. การกำกับทิศทางผ่านสื่อ เป็นความสามารถในการติดตามทิศทางของเรื่องราวและข้อมูลไปมาระหว่างสื่อกลางต่างๆ
10. การสร้างเครือข่าย เป็นความสามารถในการค้นหา สังเคราะห์ และกระจายข้อมูลข่าวสาร
11. การเจรจา เป็นความสามารถในการเดินทางไปในหลากหลายพื้นที่ ตระหนักถึงความแตกต่างและเคารพมุมมองอันหลากหลาย รวมถึงทำความเข้าใจและเฝ้าติดตามบรรทัดฐานทางเลือก

กรอบความคิดของดีดี (Dede, 2005) ซึ่งได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

1. ความคล่องแคล่วในการใช้สื่อหลายรูปแบบ เป็นการประเมินค่าสื่อแต่ละแบบตามประเภทของการสื่อสาร กิจกรรม ประสบการณ์ และการแสดงออก



2. การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นการแสวงหา กลั่นกรอง และสังเคราะห์ประสบการณ์ร่วมกับผู้อื่น แทนที่จะค้นหาและดูดซับข้อมูลจากแหล่งที่ดีที่สุดเพียงแหล่งเดียวด้วยตามลำพัง
3. การแสดงออกผ่านการนำเสนอที่ไม่เป็นลำดับเชิงเส้น เป็นการจำลองเรื่องราวและสร้างเว็บเพื่อบรรยายความเข้าใจแทนที่จะเขียนเป็นรายงาน
4. การร่วมออกแบบโดยครูและนักเรียน เป็นการปรับรูปแบบประสบการณ์การเรียนรู้ให้เข้ากับความต้องการและความชอบของแต่ละคน

กรอบความคิด 5 จิตเพื่ออนาคต (Five minds for the Future) ของ Howard Gardner Five minds for the Future เป็นหนังสือเล่มล่าสุดของ Howard Gardner นักวิชาการด้านการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ผู้เขียนเรื่อง Frame of Minds และ Changing Minds ที่เคยจุดประเด็นความสำคัญของ ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) จนโด่งดังไปทั่วทั้งวงการศึกษาในหนังสือ เรื่อง Five minds for the Future นี้ได้ชี้ให้เห็นและเน้นความสำคัญของ "ความฉลาดหรือทักษะ" ซึ่ง Gardner ใช้แทนด้วยคำว่า "จิต" (Mind) ทั้ง 5 ประการ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุกๆ ด้านในโลกยุคศตวรรษที่ 21 (Gardner.2006:1-20) ซึ่งจิตทั้ง 5 นั้นประกอบไปด้วย

1. จิตแห่งวิทยาการ (Disciplined Mind) เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต คิดเป็น ทำเป็น ปรับปรุง ประยุกต์ สิ่งที่เราเรียนมา และพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง
2. จิตแห่งการสังเคราะห์ (Synthesizing Mind) เป็นการสังสม ต่อยอด และสร้างนวัตกรรมความรู้ โดยการเลือกสรรข้อมูลที่สำคัญจากแหล่งข้อมูลที่มามากมายหลากหลาย แล้วจัดกระทำข้อมูล ทำความเข้าใจกับข้อมูลและประเมินข้อมูล โดยปราศจากอคติ แล้วผสมผสาน (สังเคราะห์) ข้อมูลนั้นให้เป็นข้อมูลใหม่ที่มีความหมายต่อตนเองและผู้อื่น
3. จิตแห่งการสร้างสรรค์ (Creating Mind) เป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม
4. จิตแห่งความเคารพ (Respectful Mind) เป็นการเปิดใจกว้างพร้อมรับฟังทุกความคิดเห็น ทั้งของบุคคลและกลุ่มคนที่มีความคิดเห็นที่แตกต่างหลากหลาย อย่างเห็นอกเห็นใจ และเป็นไปในทางสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การทำงานร่วมกับคนที่แตกต่างกัน
5. จิตแห่งจริยธรรม (Ethical Mind) เป็นการมีความรู้คู่คุณธรรม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าตอบสนองประโยชน์ส่วนตน

Gardner ได้กล่าวว่า "บุคคลจะสามารถเอาตัวรอดและประสบความสำเร็จทั้งในด้านการทำงาน และการดำเนินชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ได้จะต้องมีจิตทั้ง 5 ประการ ประกอบ



รวมอยู่ในตัวของคนๆนั้น นอกจากนี้จิตทั้ง 5 ยังจะช่วยจรรโลงให้สังคมโลกในอนาคตเป็นสังคมที่น่าอยู่มากยิ่งขึ้น” แสดงให้เห็นว่า Gardner เน้นว่าจิตทั้ง 5 นั้นมีความสำคัญเป็น อย่างมากต่อมนุษย์ในโลกยุคใหม่ โดยที่บุคคลจะต้องมีครบทั้ง 5 จิต จะขาดจิตใดจิตหนึ่งไปเสียไม่ได้ เพราะจิตทั้ง 5 มีผลต่อการพัฒนาตัวบุคคลทั้งในแง่การทำงาน การดำเนินชีวิต และสังคมโดยรวม ซึ่งจิตทั้ง 5 จะกลายเป็นพลังขับเคลื่อนชุมชน สังคม และประเทศชาติให้ก้าวไปสู่จุดหมายของชาติ และยืนหยัดในกระแสของการแข่งขันในโลกยุคใหม่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

กรอบแนวคิดของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 หรือการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อาจมีความแตกต่างไปจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับ กรอบแนวคิดของกลุ่มนักวิชาการที่แตกต่างกันตัวอย่างเช่นในกลุ่มของ Metri Group (Turiman et al., 2012) จะแบ่งองค์ประกอบของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 เป็น 4 ด้านคือ (1) การรู้เรื่องในยุคดิจิทัล (Digital age literacy) (2) การคิดเชิงประดิษฐ์ (Inventive thinking) (3) การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ (Effective communication) และ (4) ผลผลิตภาพ/ความสามารถหรือศักยภาพการผลิตที่สูง (High productivity) แนวคิดของกลุ่ม Metri Group สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมและการจ้างงานเน้นทักษะที่เพิ่มขึ้นของประเทศไทย (Suvit, 2016) รวมทั้งการขับเคลื่อนนโยบายประเทศไทย 4.0 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของภาคีเพื่อการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2015) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Ministry of Education Thailand, 2008) หากผู้สอนให้ความสำคัญกับทักษะที่สำคัญและจำเป็นในศตวรรษที่ 21 การกำหนดเป้าหมายหรือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องนำทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 เข้าไปประกอบด้วย เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ดังนั้นแนวการจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการและจำเป็นในโลกปัจจุบันและอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเรียนรู้จึงต้องเปลี่ยนจากแบบเดิมที่เรียนในมิติเดียว ที่เน้นแต่เนื้อหา เป็นลักษณะของวัฏจักรมีการประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่โลกสังคมชีวิตจริงให้มากขึ้น จุดเน้นนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สรุปทักษะในศตวรรษที่ 21 มีองค์ประกอบดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและทำงานร่วมกับคนอื่น

2. ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วยทักษะในการจัดระบบและมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งหมายความรวมถึง การรู้ข้อมูล (Information literacy) การรู้สื่อ (Media literacy) และ การรู้ไอซีที (Information, communications and technology literacy)

3. ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ ประกอบด้วย การยืดหยุ่นและปรับตัว การสร้างสรรค์สิ่งใหม่และการมีเป้าหมาย ทักษะทางสังคมและความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่าง ความมีประสิทธิภาพและความรับผิดชอบในหน้าที่ ความเป็นผู้นำและรับผิดชอบ

## 2. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์นักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลากหลายซึ่งมีทั้งแนวคิดที่แตกต่างและคล้ายคลึงกันสรุปได้ ดังนี้

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546, หน้า 7) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า หมายถึงความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบอเนกนัย ซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิมเป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รวมตัวเกิดการเรียนรู้เข้าใจจนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์อันจะนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่หรือเพื่อการแก้ไขปัญหาซึ่งจะต้องอาศัยการบูรณาการจากประสบการณ์และความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา

อารี พันธุ์ณี (2543, หน้า 6) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัยอันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ปรงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎีหลักการได้สำเร็จความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแค่วิธีคิดในสิ่งที่เป็นไปได้หรือสิ่งที่เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้นหากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือที่ เรียกว่า เป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเองจึงทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556, หน้า 4) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็น การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมเช่นกระตักน้ำร้อนสำหรับเดินทางที่มีระบบอุ่นในตัวถือเป็นสิ่งใหม่เป็นความริเริ่มใหม่ๆ ให้ความแปลกใหม่ตื่นตาตื่นใจไม่เคยเห็นมาก่อนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะกว่าถึงที่มีอยู่

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544, หน้า 2) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางปัญญาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลายๆ อย่างมารวมกันเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้นความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด

กิลฟอร์ด (Gulford, 1950 อ้างอิงในอารี พันธุ์ณี, 2543, หน้า 3) ได้ให้ความหมายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือความคิดหลากหลายทิศทางหลายแง่มุมติดได้กว้างไกลซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่รวมถึงค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วย

สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ได้ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดได้หลากหลายทิศทางซึ่งต้องอาศัยจินตนาการและความเป็นเหตุเป็นผลเพื่อนำไปสู่การคิดค้นประดิษฐ์หรือปรับปรุงงานต่างๆ ขึ้นมาใหม่โดยผลงานที่คิดขึ้นต้องมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใครและสามารถช่วยแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ กิลฟอร์ด (Sulford, n.d. อ้างอิงใน ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์, 2546, หน้า 19) ได้อธิบายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือ เรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึงความคิดแปลกใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากความคุ้นเคยความริเริ่มแปลกใหม่ในที่นี้อาจแสดงออกในรูปลักษณะผลผลิตหรือกระบวนการคิดก็ได้เช่นการตีความการรับรู้เนื้อหาต่างๆ ที่ผ่านเข้าสู่ประสาทสัมผัสโดยความคิดริเริ่มต้องเป็นสิ่งใหม่ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อนแต่อาศัยการสะสมและรวบรวมความรู้เดิมมาดัดแปลงหรือประยุกต์ให้ดีขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยสิ่งประดิษฐ์ส่วนใหญ่ล้วนอาศัยแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2. ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (fluency) หมายถึง ความสามารถในการผลิตความคิดที่แตกต่างและหลากหลายภายใต้กรอบจำกัดของเวลาเป็นความสามารถเบื้องต้นซึ่งจะนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและการคิดเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพต่อไปโดยแบ่งเป็น

2.1 ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคล่องแคล่วด้านการโยงสัมพันธ์เป็นความสามารถในการหาถ้อยคำที่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายคลึงกันได้อย่างรวดเร็ว



2.3 ความคล่องแคล่วด้านการแสดงออกเป็นความสามารถในการนำคำมาเรียงกันเป็นวลีและประโยคเพื่อแสดงจุดหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการโดยสามารถผลิตความคิดได้อย่างหลากหลาย

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบไม่ตกอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือความคุ้นเคยความยืดหยุ่นช่วยให้สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ในแง่มุมใหม่สามารถจัดหมวดหมู่ของความคิดออกได้หลายทิศทางหลายประเภทจึงนับเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดความคล่องแคล่วให้พัฒนาความคิดแตกแขนงในทิศทางที่แตกต่างไม่ซ้ำร่อนนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและสร้างสรรค์สิ่งใหม่

4. ความละเอียดลออในการคิด (elaboration) เป็นการคิดตกแต่งในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ความละเอียดลออสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกตไม่ละเลยในรายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ ที่ผู้อื่นอาจมองข้ามไปผลสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์หรือองค์ความรู้ต่างๆ ต้องอาศัยความคิดในรายละเอียดนอกจากนี้ยังมีความสามารถในการจำแนกแยกแยะอย่างจับใจและละเอียด

Torrance (1973 อ้างอิงใน ชามาศ ดิษฐเจริญ, 2556, หน้า 20-21) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนใน 3 องค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่องเป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างหลากหลายเพื่อตอบคำถามปลายเปิดและคำถามอื่นๆไม่ว่าจะเป็นความคิดทางภาษาหรือท่าทาง

2. ความคิดยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลากหลายคิดได้หลายแง่มุมและสามารถผสมผสานความรู้และประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดเดิมเป็นความคิดที่แตกต่างจากคนอื่นเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมากอนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

อารี พันธุ์มี (2546 อ้างอิงใน" ชามาศ ดิษฐเจริญ, 2556, หน้า 21) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือเรียกว่าลักษณะการคิดอันแก่นัยของการคิดแบบกระจายประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน
2. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะความแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ



3. ความคิดยืดหยุ่นหรือความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด

4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เห็นภาพเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

สรุปจากการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของนักการศึกษาเมืองคัมเปอร์ประกอบ 4 องค์ประกอบคือความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

ซัลซ กลิ่นแก่นจันทร์ ( 2560, หน้า 7) ได้ให้ความหมายว่า ความสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นหนึ่งในทักษะในด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานพัฒนาแนวคิดใหม่อยู่เสมอๆ เปิดรับมุมมองที่แตกต่าง

วิจารณ์ พานิช (2555) ได้ให้ความหมายว่า ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation) เป็นหนึ่งในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมโดยมีเป้าหมายและวิธีการ ดังนี้

1. เกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์โดยใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ชักชวนกันทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์ และประเมิน มุมมองของตนเอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์

2. เกิดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ พัฒนา ลงมือปฏิบัติ และสื่อสาร มุมมองใหม่กับผู้อื่นอยู่เสมอ เปิดใจรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ ๆ หากทางได้ข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่ม เพื่อนำไปปรับปรุง ทำงานด้วยแนวคิดหรือวิธีการใหม่ๆ และเข้าใจข้อจำกัดของโลกในการยอมรับมุมมองใหม่ ความล้มเหลวเป็นโอกาสเรียนรู้ เข้าใจว่าความสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นเรื่องระยะยาว เข้าใจวัฏจักรของความสำเร็จเล็กๆ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยๆว่าจะนำไปสู่การสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3. เกิดการประยุกต์สู่นวัตกรรมโดยลงมือปฏิบัติตามความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่ผลสำเร็จที่เป็นรูปธรรม

สรุปความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นหนึ่งในทักษะในด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะมีทักษะบ่งชี้ คือ ทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ประยุกต์สู่นวัตกรรม

### 3. การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ในปี 2009 มีบทความเกี่ยวกับ "การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21" (Teaching for the 21st Century) ที่แนะนำให้โรงเรียนประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นให้

Catalina Foothills School District (CFSD) ใน Tucson, Arizona มลรัฐเวอร์จิเนีย ได้สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน ประสิทธิภาพเกิดจากการพัฒนาที่ยาวนานมาจนถึงปัจจุบัน CFSD ได้พัฒนาแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เรียกว่า "ENVISION 21 : DEEP LEARNING" เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้แบบข้ามสาขาวิชาที่จำเป็นในการเตรียมผู้เรียนเพื่อดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ทักษะเหล่านี้เป็น "ความชำนาญในการเรียนรู้ลึกซึ้ง" (deep learning proficiencies; DLPs) ของ CFSD คือ 5c + s ซึ่ง 5c ประกอบด้วย (1) การเป็นพลเมือง (2) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (3) การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (4) การสื่อสาร และ (5) การทำงานร่วมกัน ส่วน S คือ การคิดอย่างเป็นระบบ



ตาราง 2 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
1. การสร้างความคิด	คำจำกัดความ: ระบุปัญหาหรือข้อท้าทายที่ต้องการด้วยวิธีการที่สร้างสรรค์ การสร้างแนวความคิดออกมาให้เป็นรูปร่าง: ใช้การระดมความคิดพื้นฐาน เช่น รายการหรือ webbing เพื่อสร้างความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์: อธิบายความคิดของผู้อื่น การแก้ปัญหาหรือแนวทางในการบรรลุ	คำจำกัดความ: อธิบายลักษณะของปัญหาหรือข้อท้าทาย (เช่นบริบทลักษณะพารามิเตอร์ ฯลฯ)ระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อความท้าทาย (เช่นอะไรเป็นที่รู้จัก, สิ่งที่ไม่รู้จัก, ข้อกำหนด ฯลฯ) การสร้างแนวความคิด ออกมาให้เป็นรูปร่าง: สร้างแนวคิดใหม่ๆ หรือแนวทางที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือข้อท้าทายโดยใช้กลยุทธ์ที่ให้มา	คำจำกัดความ: ระบุขอบเขตของปัญหาหรือความท้าทายรวมทั้งโครงสร้าง ข้อจำกัด ระบุปัญหาหรือข้อท้าทายโดยการตรวจสอบผ่านมุมมองต่างๆ (ตัวอย่างเช่น จริยธรรม วัฒนธรรมสังคม การเมือง เศรษฐกิจ การคิดเชิงระบบหรือมุมมองของผู้มีส่วนได้เสียที่แตกต่างกัน ฯลฯ) โดยระบุหลายแง่มุมของหัวข้อตัวอย่างหรือ	คำจำกัดความ: วางแนวปัญหาใหม่หรือท้าทายโดยใช้คำอุปมาหรือการเปรียบเทียบเพื่อให้ชัดเจนทิศทางเกี่ยวกับวิธีการเข้าใกล้งาน (ตัวอย่างเช่น:"เครื่องเล่นเพลงส่วนตัวคือเครื่องประดับ"อุปมาอุปมัยจุดประกายความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างความคิดที่นำไปสู่ iPod) กำหนดขอบเขตใหม่หรือการสร้างแนวคิดได้อย่างมี

ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
	<p>ความสำเร็จดูแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่เป็นไปได้ของผู้เรียนตามตัวชี้วัด</p>	<p>(ตัวอย่างเช่นการระดมความคิด การคิดเชิงการแก้ปัญหาจากปัญหาที่คล้ายคลึงกันจากสาขาวิชาอื่นๆ การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์ : ค้นคว้าความคิดของผู้อื่น การแก้ปัญหาหรือแนวทางในการตอบสนองความท้าทาย</p>	<p>หลากหลายของกลยุทธ์ (ตัวอย่างเช่นการระดมความคิด, การทำความเข้าใจความรู้สึกคนอื่น, กิจกรรมการเขียน, การคิดวิเคราะห์ระบบ, การแก้ปัญหาจากปัญหาที่คล้ายคลึงกัน) การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์: ค้นคว้าตัวอย่างหรือแบบอย่างที่มีมาก่อนเพื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นใหม่</p>	<p>ประสิทธิภาพ ใช้การเปรียบเทียบ มีการเปรียบเทียบแบบใหม่ หากการเชื่อมต่อที่จะทำให้แปลกไปจากเดิม การตรวจสอบความคิดสร้างสรรค์:ถามคำถามที่ซับซ้อนและเปิดกว้างเกี่ยวกับปัญหาหรือแนวทางอื่นๆ ที่นำไปสู่การสร้างความคิดเดิม</p>



ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
2. การออกแบบและ การปรับแต่งความคิด	การอธิบายเพิ่มเติม: ระบุ รายละเอียดหรือความคิด ทั่วไป การทำซ้ำ: สร้างการแสดง ของแนวคิด เพื่อที่จะแนะนำ การผลิตจริงทำให้สามารถ แก้ไขแนวคิดและกระบวนการ ได้ง่ายข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ คำสั่ง (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลง คำสั่ง ใน กระบวนการหลังจากที่ได้รับ คำสั่งให้ทำเช่นนั้น)	การอธิบายเพิ่มเติม: เฉพาะเจาะจงความคิดและ รายละเอียดที่เกี่ยวข้อง การทำซ้ำ: สร้างแนวคิดใน การทำงาน เพื่อทดสอบ สมมติฐานและคุณลักษณะ ทำให้ การแก้ไข มี ประสิทธิภาพความคิดและ กระบวนการขึ้นอยู่กับ ข้อเสนอแนะที่เฉพาะเจาะจง	การอธิบายเพิ่มเติม: แสดงถึงความคิดอย่าง ชัดเจนในระดับของ รายละเอียดที่จำเป็นเพื่อให้ เกิดประสิทธิภาพ การทำซ้ำ: สร้างและ ทดสอบหลายเวอร์ชัน ใน เรื่องของผลิตภัณฑ์หรือ วิธีการที่ใช้แก้ไขที่ซับซ้อน หรือการปรับแต่งแบบ ละเอียดเพื่อตอบสนองต่อ ข้อเสนอแนะในวงกว้าง	การอธิบายเพิ่มเติม: กำหนดความคิดและระบุ ขอบเขตเฉพาะของความคิด กำหนดหรืออุปสรรคที่ เป็นไปได้ (ตัวอย่างเช่น สร้างแผนฉุกเฉิน) การทำซ้ำ: วิเคราะห์ตัว แปรและรูปแบบของ ความสำเร็จล้มเหลว ความ ไม่ตั้งใจ ผลกระทบที่เกิดขึ้น ในการทำซ้ำ แจ้งการ ตัดสินใจเกี่ยวกับขั้นตอน ถัดไปค้นหาและรวบรวม ข้อเสนอแนะที่กำหนด
3. ทำงานกับคนอื่น ๆ	บูรณาการความคิด:	บูรณาการความคิด: รวม	บูรณาการความคิด: ทำ	บูรณาการความคิด: คิด

ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
อย่างสร้างสรรค์ (ดูความร่วมมือ)	สรุปความคิดเห็นของผู้อื่น ดีความคิดของตนเองไป ยังคนอื่น ๆ	ความคิดของตัวเองกับ ความคิดของผู้อื่น	ให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่าง ความคิดของผู้อื่นในการ สร้างข้อมูลเชิงลึกใหม่และ ที่ไม่เหมือนใคร	สังเคราะห์และใช้ประโยชน์ จากจุดแข็งที่แตกต่างกัน และมุมมองของสมาชิกแต่ ละคนในการพัฒนาต้นฉบับ เพื่อผลิตภัณฑ์ที่มี ประสิทธิภาพ.
4. การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่าง สร้างสรรค์	กลุ่มเป้าหมาย: ระบุ รายละเอียดเกี่ยวกับ กลุ่มเป้าหมายรวมถึงความ ต้องการและความสนใจที่จะมี ผลต่อขั้นสุดท้ายของ ผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ การใช้ทรัพยากร: ระบุวัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน การวางแผน: อธิบาย	ระบุ ความคิดเดิมลงในผลิตภัณฑ์ ที่เกี่ยวข้องของกลุ่มเป้าหมาย การใช้ทรัพยากร: ระบุวัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับ งาน การวางแผน: ให้ข้อมูล ขั้นตอนทั่วไปเพื่อให้เป็นไป ตามข้อกำหนดของงานการ	ปรับ ความคิดเดิมอย่างมี ประสิทธิภาพลงใน ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความ ต้องการหรือความสนใจ ของกลุ่มเป้าหมาย การใช้ทรัพยากร: ระบุ วัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็น สำหรับงาน	ปรับ กลุ่มเป้าหมาย: พิจารณา หลาย ๆ มุมมองของ กลุ่มเป้าหมาย ปรับแนวคิด เพื่อให้เหมาะสมกับ กลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความต้องการและ ความสนใจที่หลากหลาย การใช้ทรัพยากร: การรวม วัสดุ / ทรัพยากร อย่างมี

ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
ข้อกำหนดของงาน การผลิต: ได้ผลิตภัณฑ์	ผลิต: ทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จ สิ้นตามหลักความต้องการ ของแผน	การผลิต: ทำให้ผลิตภัณฑ์ เสร็จสิ้นตามหลักความ ต้องการของแผน	การวางแผน: ให้ข้อมูล ขั้นตอนทั่วไปเพื่อให้เป็นไป ตามข้อกำหนดของงาน การผลิต: ทำให้ผลิตภัณฑ์ เสร็จสิ้นตามหลักความ ต้องการของแผน	ประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนา ผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ การวางแผน: วิเคราะห์ ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เพื่อระบุข้อมูลที่ชัดเจน รายละเอียดเฉพาะและ รายละเอียดที่แตกต่างกัน และข้อมูลในแผน การผลิต: จัดทำผลิตภัณฑ์ ตามแผนและตรงตาม ข้อกำหนดทั้งหมดโดยทำ การเปลี่ยนแปลงตามความ จำเป็น
5. การควบคุมและการ สะท้อนตนเอง	การสะท้อน: ระบุจุดแข็งและ จุดอ่อนของตัวเองใน	การสะท้อน: ประเมิน คุณภาพของประสิทธิภาพ	การสะท้อน: สะท้อนถึง คุณภาพของงาน การใช้	การสะท้อน: วิเคราะห์ รูปแบบและแนวโน้มใน



ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขั้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
<p>ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ การวางแผน: กำหนด เป้าหมายส่วนบุคคลสำหรับ ประสิทธิภาพ กระบวนการทางความคิด: อธิบายถึงความสัมพันธ์ ระหว่างความพยายามและ ความสำเร็จ</p>	<p>และความคิดสร้างสรรค์ กระบวนการในการ ตอบสนองต่อข้อเสนอแนะ หรือเกณฑ์ที่จัดตั้งขึ้น การวางแผน: ตั้งเป้าหมาย สำหรับประสิทธิภาพตาม ข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์ที่ กำหนด กระบวนการทางความคิด: แสดงให้เห็นถึงความ ปรารถนาที่จะปรับปรุง (ตัวอย่างเช่น: มีการปฏิบัติ มากขึ้นกำหนดเป้าหมายใน การปรับปรุงขอความ ช่วยเหลือจากคนอื่นแทนการ</p>	<p>งานการสะท้อนข้อคิดเห็น เพื่อแก้ไขข้อเดียวหรือ ผลิตภัณฑ์ที่มีคำถามและ วิพากษ์วิจารณ์ กระบวนการสร้างสรรค์ของ ตัวเอง (ตัวอย่างเช่นการ ทุ่มเทเวลาและความ พยายามการสำรวจ ความคิดจำนวนการ สนับสนุนที่จำเป็น)อธิบาย การเรียนรู้ที่เป็นผลมาจาก กระบวนการสร้างสรรค์การ วางแผน: ค้นหาเลือกและ ใช้ทรัพยากรและกลยุทธ์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายใน</p>	<p>กระบวนการสร้างสรรค์ของ ตนเองและผลิตภัณฑ์ ประเมินความคิดสร้างสรรค์ ตลอดกระบวนการ ค้นหา และทำตามข้อเสนอแนะ จากเพื่อนครูและ ผู้เชี่ยวชาญเพื่อการพัฒนา. การวางแผน: วิเคราะห์ รูปแบบและการแสดงก่อน หน้าเพื่อตั้งค่าใหม่ เป้าหมายในการคิด สร้างสรรค์ที่บทวน เป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อ การสะท้อนอย่างต่อเนื่อง กระบวนการทาง</p>	

ตาราง 2 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	เริ่มต้นขึ้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นขั้นสูง
		<p>ยอมแพ้)</p> 	<p>การปรับปรุงกระบวนการ สร้างสรรค์ กระบวนการทาง ความคิด: แสดงให้เห็นถึง การเติบโตความคิด เพื่อ ตอบสนองต่อความท้าทาย และความท้าทาย (ตัวอย่างเช่น: ยอมรับและ ใช้ข้อเสนอแนะ อธิบาย ความล้มเหลว)</p>	<p>ความคิด: ช่วยปรับปรุง จุดอ่อนของตัวเองในเชิงรุก โดยใช้กลยุทธ์ที่มี ประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มการ เติบโตทางความคิด เช่น ความเพียรการใช้ความ เสี่ยง, การตัดสินใจที่มี ประสิทธิภาพ, กระตือรือร้น หาข้อเสนอแนะของผู้อื่น, การปฏิบัติโดยเจตนาการ ค้นหาและการใช้ แหล่งข้อมูลภายนอก (ผู้เชี่ยวชาญที่มี ประสบการณ์) เพื่อเพิ่มพูน และขยายการเรียนรู้)</p>

จากการวิเคราะห์รูปรีคสำหรับการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ทำการปรับรูปรีค โดยปรับภาษาที่ใช้ให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียน ง่ายต่อการประเมิน โดยยังคงประเด็นรายการที่พิจารณา 6 ประการ คือ

1. การสร้างความคิด

- มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน
- มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน
- มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด

- มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้ครบ 3 แบบ
- มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุ ขนาด วัสดุได้ครบถ้วน

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

- มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

- มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน
- มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน
- มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

- มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย
- มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก
- มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน
- มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน
- สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้
- ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด
- มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

- มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู
- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข
- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ที่กำหนด



## กระบวนการคิดเชิงออกแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นมาหรือจุดกำเนิดของการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งมีนักวิชาการจำนวนมากกล่าวถึงความเป็นมาของการคิดเชิงออกแบบไว้อย่างหลากหลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดสรรเนื้อหาเฉพาะในบริบททางการศึกษา เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเบื้องต้นเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ ดังหัวข้อที่น่าสนใจต่อไปนี้

### 1. ความเป็นมาของการคิดเชิงออกแบบในบริบททางการศึกษา

เรื่องราวของการคิดเชิงออกแบบ มีต้นกำเนิดมาจากสายงานด้านสถาปัตยกรรม ด้านการออกแบบ และด้านศิลปะ ต่อมาได้นำมาประยุกต์ใช้ในด้านการบริหารจัดการ (Johansson-Skoldberg, et al., 2013) ในแวดวงวิชาการรู้จักคำว่า “การคิดเชิงออกแบบ” มาเป็นเวลา 30 กว่าปี โดยในช่วงเริ่มแรกนั้นจะมีความเกี่ยวข้องกับการคิดของนักออกแบบ (Designers Think) คำว่า “การคิดเชิงออกแบบ” นำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1987 โดย Rowe เมื่อเขาได้ตีพิมพ์หนังสือในชื่อ “Design Thinking” (Rowe, 1987) แม้ว่า Simon ได้ทำการวิเคราะห์ธรรมชาติของการออกแบบไว้เรียบร้อยแล้วเมื่อ 18 ปีก่อนที่จะมีการนิยามคำว่า “Design Thinking” เสียอีก (Simon, 1969)

การตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีและรูปแบบของการคิดเชิงออกแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น อันเป็นการชี้ให้เห็นถึงความเจริญรุ่งเรืองของผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบในช่วงปี 1980-1990 อีกทั้งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้รับการตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 2009

มุมมองทางทฤษฎีของการคิดเชิงออกแบบถูกจำแนกออกเป็น 5 หมวดหมู่ย่อย ดังนี้ 1) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ 2) การคิดเชิงออกแบบเป็นการปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด (Reflective practice) 3) การคิดเชิงออกแบบเป็นกิจกรรมแห่งการแก้ปัญหา 4) การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการให้เหตุผลและการสร้างความเข้าใจสิ่งต่างๆ และ 5) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างความหมาย

#### 1) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์

Herbert A. Simon (1916-2001) นักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกัน กล่าวถึงนิยามของ “การออกแบบ” ไว้ในหนังสือ The Science of the Artificial ว่า “การออกแบบเป็นการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหรือสภาวะที่เป็นอยู่ให้สอดคล้องกับความชื่นชอบของบุคคล” ซึ่ง Simon ถือว่าเป็นบุคคลที่ได้รับการยอมรับในแวดวงวิชาการเกี่ยวกับการออกแบบและการคิดเชิงออกแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มุมมองที่เป็นจุดเด่นของ Simon เกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ คือ การจำแนกกระหว่างกิจกรรมในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริงที่มีอยู่ ดังนั้นวิธีการของ Simon จึงมุ่งเน้นในเรื่องของการสร้างสรรค์และวิธีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเงื่อนไขต่างๆ ที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับบริบทในปัจจุบันนั่นเอง

## 2) การคิดเชิงออกแบบเป็นการปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด

Donald Alan Schon(1930-1997) เป็นนักปราชญ์และศาสตราจารย์การวางผังเมืองสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ ผู้ซึ่งมีความสนใจในบทบาทของการสะท้อนคิดในกระบวนการคิดเชิงออกแบบและเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานที่สำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะการสะท้อนคิดเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้และเป็นกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดความสำเร็จ และควรควรเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนผลการทำกิจกรรมของตนเองในการแก้ปัญหา

## 3) การคิดเชิงออกแบบเป็นกิจกรรมแห่งการแก้ปัญหา

Horst Rittel ได้อธิบายถึงลักษณะของปัญหาพหุ หรือชื่อภาษาอังกฤษเรียก "wicked problem" ว่ามีความไม่แน่นอน มีลักษณะเฉพาะตัว และมีไม่ทางออกสุดท้ายที่แน่ชัด ต่อมา Buchanan ได้เขียนบทความเกี่ยวกับ "ปัญหาพหุในการออกแบบ" สำหรับกระบวนการออกแบบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การนิยามปัญหา และระยะที่ 2 การแก้ปัญหา

## 4) การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการให้เหตุผลและการสร้างความเข้าใจสิ่งต่างๆ

Lawson and Cross แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบว่าเป็นกิจกรรมที่ใช้การปฏิบัติเป็นฐานและเป็นวิธีการทำความเข้าใจในสิ่งต่างๆ ซึ่งมักจะใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัย และการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม Lawson และ Cross ใช้การให้เหตุผลแบบ Abduction ประกอบด้วยเพื่อสร้างความเข้าใจและสร้างหลักเกณฑ์จากการสังเกตและหารูปแบบที่เป็นสาเหตุในประสบการณ์เชิงปฏิบัติ

## 5) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างความหมาย

Krippendorff ได้เสนอว่าการคิดเชิงออกแบบนั้นเป็นการสร้างความหมายที่มากกว่าการสร้างสรรคสิ่งประดิษฐ์ตามแนวคิดของ Simon กล่าวคือ Krippendorff มองว่า "ความหมาย" เป็นหลักหรือสิ่งสำคัญของกระบวนการออกแบบและสิ่งประดิษฐ์จะกลายเป็นสื่อกลางในการสื่อความหมายเหล่านั้น ในขณะที่ Simon มีแนวคิดว่าสิ่งประดิษฐ์เป็นส่วนสำคัญ และมองว่าความหมายเป็นเพียงคุณลักษณะเท่านั้น

จากการศึกษาความเป็นมาหรือจุดกำเนิดของการคิดเชิงออกแบบเฉพาะโยบริบททางการศึกษา ทำให้ผู้วิจัยเกิดมุมมองหรือแนวคิดที่จะสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดของบรรดานักวิชาการดังกล่าวข้างต้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เริ่มจากการให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องที่เรียนในการสร้างสรรค์ชิ้นงานผ่านสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน แล้วให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาและ

ร่วมกันพิจารณาเหตุผลหรือปัจจัยต่างๆ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตลอดจนการสะท้อนคิดโดยครู และเพื่อนร่วมชั้นเรียนเพื่อพัฒนาและปรับปรุงผลงาน

## 2. ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ

Tim Brown (2009) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ ว่าเป็นวิธีการกระตุ้นความคิดหลากหลายที่เป็นต้นกำเนิดของการพัฒนาให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น หรือที่เรียกว่า นวัตกรรม โดยอาศัยการออกแบบวางแผนที่คำนึงถึงมนุษย์เป็นหลัก การคิดเชิงออกแบบเป็นสิ่งที่ถ่ายทอดกันมาโดยตรงผ่านวัฒนธรรมของแต่ละแห่ง เป็นหารขัดเกลาการใช้ความคิด ความรู้สึก และวิธีการแบบเดียวกับนักออกแบบที่พร้อมจะผสมผสานผลงานออกมาให้ตรงกับความต้องการของบุคคล

Carroll, et al. (2010) กล่าวว่า กระบวนการคิดเชิงออกแบบ หมายถึง วิธีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความมั่นใจในความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยมุ่งเน้นในเรื่องของการเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง

GerdWaloszek (2012) กล่าวถึง การคิดเชิงออกแบบว่าเป็นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ข้ามสาขาวิชา ซึ่งรวมการคิดเชิงวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และทักษะและความเชี่ยวชาญทางการปฏิบัติเข้าไว้ด้วยกัน

Razzouk, et al. (2012) กล่าวถึง การคิดเชิงออกแบบว่าเป็นวิธีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการลงมือกระทำ ที่มุ่งเน้นการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา การสำรวจวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เป็นไปได้ การร่างและสร้างต้นแบบ ความร่วมมือและผลสะท้อนกลับในการสร้างผลิตภัณฑ์หรือความคิดที่หลากหลาย ตลอดจนการสะท้อนการเรียนรู้และการแกแบบซ้ำอีกครั้งเพื่อปรับปรุง

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงออกแบบข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของการคิดเชิงออกแบบว่า หมายถึง วิธีการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาความมั่นใจในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง ร่วมกันสร้างความคิดที่หลากหลาย และตัดสินใจลงมือปฏิบัติเพื่อทดลองสร้างต้นแบบ โดยการศึกษา ค้นคว้า ประยุกต์ใช้ทักษะและความคิดขั้นสูงในการแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตจริง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ความหมายของการคิดเชิงออกแบบว่า หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาหรือความต้องการของบุคคลผ่านบทสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหา แล้วสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหานั้นโดยอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เคมีไฟฟ้า



### 3. การคิดเชิงออกแบบกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

ในปัจจุบันนี้มีการนำแนวคิดและหลักการของการคิดเชิงออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาในหลายสาขาวิชามากยิ่งขึ้น อันเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลางที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนหรือการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ท่ามกลางบริบททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป วิธีการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมมักไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น การคิดเชิงออกแบบซึ่งเป็นเครื่องมือและวิธีการเรียนรู้ใหม่ได้ถูกนำมาปรับใช้ อันเป็นวิธีการทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมในปัจจุบัน และได้รับการพิจารณาว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในการกระบวนการสอนและการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยความร่วมมือกันเพื่อที่จะแก้ปัญหาโดยการสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลที่คำนึงถึงโลกในสถานการณ์ชีวิตจริง ประสบการณ์ของบุคคลและสะท้อนกลับ (Ray, 2012) นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยของคณะทำงาน REDlab แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจไว้ว่า การคิดเชิงออกแบบได้ถูกบูรณาการเข้าไปในเนื้อหาทางวิชาการและเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมเนื้อหาทางวิชาการที่เป็นสหวิทยาการได้อย่างกว้างขวาง (Carroll, et al., 2010) ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนที่ใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังเป็นประโยชน์สำหรับการเรียนรู้ที่สามารถสร้างประสบการณ์ที่หลากหลายที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Kwek, S.H., 2011) นอกจากนี้การคิดเชิงออกแบบจะช่วยพัฒนาทักษะหลายประการ เช่น ทักษะการคิดเชิงวิจรรณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา และการร่วมมือกันทำงาน รวมถึงการเข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ความพร้อมในด้านอาชีพ และการเรียนรู้ทางอารมณ์ ซึ่งการเรียนรู้ทางสังคมและอารมณ์นั้นเป็นหลักฐานที่ชัดเจน เพราะกระบวนการออกแบบเป็นกระบวนการที่มุ่งทำความเข้าใจในความต้องการและความรู้สึกของบุคคลอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้กระบวนการคิดเชิงออกแบบยังช่วยส่งเสริมและสนับสนุนทักษะการรู้ข้อมูล ซึ่งนักเรียนจะได้จากกิจกรรมการศึกษาค้นคว้าอันเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการดังกล่าว (Libda W, Braun, 2016)

### 4. กรอบคิดยึดติด (Mindsets) ของการคิดเชิงออกแบบ

Carroll, et al. (2012) กล่าวถึงการคิดเชิงออกแบบที่ตั้งอยู่บนกรอบคิดยึดติดที่เป็นพื้นฐานหรือรูปแบบในการเรียนรู้ ประกอบด้วย

#### 1. การยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง

การคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการที่ยึดมนุษย์เป็นศูนย์กลาง และนวัตกรรมที่ดีที่สุด เป็นผลมาจากการตอบสนองที่เต็มไปด้วยความครุ่นคิดในการเป็นตัวกระตุ้นนักออกแบบทั้ง

หมายให้เปิดเผยต่อสาธารณชน จุดมุ่งเน้นคือ การสร้างคนให้เต็มเปี่ยมไปด้วยแรงบันดาลใจและมีทิศทางในการแก้ปัญหาการออกแบบ

## 2. การรู้ซึ่งถึงความรู้สึก

การรู้ซึ่งถึงความรู้สึกเป็นลักษณะทางปัญญาที่มาพร้อมกับการเรียนรู้ประสบการณ์จากผู้อื่นทั้งความรู้สึก ความคิดหรือทัศนคติ การรู้ซึ่งถึงความรู้สึกนี้เป็นผลมาจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้ที่ทำให้นักคิดการออกแบบเข้าถึงความต้องการเชิงลึกและความต้องการที่มีความหมาย (ทั้งชัดเจนและซ่อนเร้น) สำหรับการพัฒนารอบคิดยึดติดหรือชุดความคิดนี้จะกระทำผ่านกระบวนการ "ค้นพบความต้องการ" ซึ่งจะให้ความสนใจในกรค้นพบความต้องการของผู้คนที่แสดงออกอย่างชัดเจนและไม่ชัดเจน

## 3. ความตระหนักในกระบวนการ

Flavell(1976) ให้นิยามของความตระหนักในกระบวนการหรือความตระหนักในการรู้คิดว่าเป็นความสามารถในการรู้สิ่งที่ตนเองรู้ ในกระบวนการคิดเชิงออกแบบนั้นผู้ปฏิบัติจะต้องทราบถึงกระบวนการและเป้าหมายที่จะเดินต่อไปข้างหน้า ความตระหนักในกระบวนการไม่เพียงแต่พิจารณาในสิ่งที่ทำเท่านั้น แต่ยังพิจารณาถึงวิธีการปรับปรุงวิธีการที่ได้นำมาใช้ด้วย

## 4. วัฒนธรรมในการสร้างต้นแบบ

กรอบคิดยึดติดของการสร้างและการปรับปรุงแก้ไขวัฒนธรรมของการสร้างต้นแบบ มุ่งเน้นในเรื่องของการลงมือปฏิบัติเป็นอย่างมาก โดยการสร้างต้นแบบหรือชิ้นงานก่อนแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข รวมถึงการสร้างความสนใจของผู้คนด้วยสิ่งประดิษฐ์ กรอบคิดยึดติดนี้ตั้งอยู่บนผลสะท้อนกลับที่ได้จากการศึกษาหาข้อมูลและผลสะท้อนกลับที่ได้รับมาซึ่งเป็นหนทางไปสู่วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ดังนั้น ความยืดหยุ่นของกรอบคิดยึดติดนี้คือการสนับสนุนให้มีการสร้างความเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว เรียนรู้ตามวิถีทางแห่งการปฏิบัติและสร้างต้นแบบที่มีความละเอียดมากขึ้น

## 5. แสดงให้เห็นผลงานเป็นที่ประจักษ์

การรู้เกี่ยวกับสิ่งที่เห็น มี 3 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ การเรียนรู้ การคิด และการสื่อสาร การแสดงให้เห็นผลงานที่ประจักษ์ หรือที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า Show Don't Tell ซึ่งเป็นการแสดงความคิดเห็นโดยไม่ใช้การพูดหรือการนำเสนอเพียงอย่างเดียว แต่มีการนำเสนอด้วยต้นแบบหรือชิ้นงานที่ช่วยให้มองเห็นได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น

## 6. ลงมือทำอย่างไม่ลังเล

การลงมือทำอย่างไม่ลังเลหรือการมีแนวโน้มที่จะไปลงมือกระทำ ภาษาอังกฤษเรียกว่า "Bias toward Action" เป็นการมุ่งเน้นในเรื่องการลงมือปฏิบัติมากกว่าการเน้นหนักในเรื่องการอภิปรายพูดคุยกัน การลงมือทำทันทีโดยการสร้างต้นแบบและการทดสอบจะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดความคิดใหม่และสนับสนุนความเห็นพ้องต้องกันของสมาชิกในกลุ่ม นอกจากนี้กรอบคิดยึดติดของการลงมือทำอย่างไม่ลังเลนั้น ยังเป็นประโยชน์สำหรับรูปแบบการเรียนรู้ทั้งหลายด้วย

## 7. การร่วมมือในลักษณะเจียบพลัน

กรอบคิดยึดติดหรือชุดความคิดของการร่วมมือในลักษณะเจียบพลัน ตั้งอยู่บนความคิดที่ว่าการทำงานเครือข่ายแบบทีมสหวิชาชีพจะนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมที่ยอดเยียมกว่าทีมที่มาจากสาขาวิชาชีพเดียวกัน สิ่งนี้ยังช่วยในการสนับสนุนความสามารถในการมุ่งเน้นถึงองค์ประกอบที่สำคัญของความร่วมมือที่ประสบความสำเร็จอย่างแท้จริง

สรุป การคิดเชิงออกแบบเป็นรูปแบบการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและการวิจัยในครั้งนี้นำมาเน้นการนำกรอบคิดยึดติดของการคิดเชิงออกแบบมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับแนวคิดและหลักการของการคิดเชิงออกแบบ ต่อไปจะกล่าวถึงเนื้อหาส่วนที่สำคัญยิ่ง นั่นคือ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบ

### 5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

The Standfordd.school Bootcamp Bootleg (HPI) (2009) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 6 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา

นักเรียนเข้าไปมีประสบการณ์ด้วยตนเองในการเรียนรู้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการออกแบบที่มีความยากและท้าทาย โดยศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การสนทนากับผู้รู้ การดูสื่อมัลติมีเดีย และการศึกษา ข้อมูลจากตำรา เป็นต้น

#### ขั้นที่ 2 ขั้นการสังเกต

นักเรียนสังเกตพฤติกรรมและปฏิกิริยาของตัวบุคคล โดยการสนทนากับบุคคลอื่นและสะท้อนความคิดในสิ่งที่ได้เห็นและได้ยิน ซึ่งการทำทำความเข้าใจปัญหาในขั้นที่ 1 และการสังเกตในขั้นที่ 2 ของกระบวนการคิดเชิงออกแบบจะช่วยพัฒนานักเรียนในเรื่องของความรู้สึกเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง



### ขั้นที่ 3 ขั้นพิจารณามุมมองที่หลากหลาย

นักเรียนจะต้องสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นการทำความเข้าใจปัญหาและขั้นการสังเกตสถานการณ์ซึ่งเป็นมุมมองที่หลากหลายจะพิจารณาข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้และการหยั่งรู้

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างความคิด

การระดมความคิด เป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับขั้นนี้ นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้สร้างความคิดในปริมาณที่มากและหลากหลาย โดยไม่มีการตัดสินว่าความคิดดังกล่าวดีหรือไม่ ทุกความคิดที่เสนอมานั้นจะถูกบันทึกไว้ ทั้งนี้การดำเนินงานในเรื่องของปัญหาการออกแบบจะเปิดกว้างสำหรับความคิดที่คาดไม่ถึงและสิ่งใหม่เป็นไปได้

### ขั้นที่ 5 ขั้นสร้างต้นแบบ

ต้นแบบ สามารถเป็นภาพร่างหรือรูปแบบงานที่มีความละเอียดต่ำ 2 มิติ หรือ 3 มิติ ทำจากวัสดุที่หลากหลาย ซึ่งการสร้างสรรค์ต้นแบบนี้ เป็นวิธีการถ่ายทอดความคิดได้อย่างรวดเร็ว โดยถือคติที่ว่า "ยิ่งสร้างต้นแบบได้มากเท่าไร ยิ่งได้เรียนรู้มากขึ้นเท่านั้น" กล่าวคือ วัสดุที่หลากหลายใช้สำหรับการสร้างสรรค์ต้นแบบหรือชิ้นงาน และทุกต้นแบบที่ออกแบบมานั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการเรียนรู้ความเฉพาะเจาะจงบางอย่างโดยการทดสอบต้นแบบที่สร้างขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ข้อผิดพลาดและดำเนินการปรับปรุง

### ขั้นที่ 6 ขั้นทดสอบ

การทดสอบเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำซ้ำที่ได้รับการสะท้อนกลับ วัตถุประสงค์ของการทดสอบคือการเรียนรู้สิ่งที่มีประสิทธิภาพและไม่มีประสิทธิภาพ แล้วดำเนินการทำซ้ำอีกครั้งเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้นำการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดยสถาบันสอนการออกแบบ Bootcamp Bootleg (HPI) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่กระชับ ชัดเจนและเข้าใจง่าย อีกทั้งมีกลยุทธ์และเทคนิคต่างๆ ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในแต่ละขั้นตอน ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน โดยผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาจัดร่วมกับเนื้อหาและกิจกรรมของเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของสถาบันสอนการออกแบบ Bootcamp Bootleg (HPI) แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้



### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

นักเรียนแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ศึกษาปัญหาการออกแบบ (Design challenges) ที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ครูกำหนดให้ โดยสมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษา สถานการณ์ปัญหาและคำชี้แจงให้เข้าใจ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม Empathy Activity ที่ครูแจกให้

### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนแรก โดยให้นักเรียนเขียนข้อมูลลงบน กระดาษโน้ต (Post-it) แล้วติดไว้ในบริเวณที่ครูจัดเตรียมไว้อย่างเป็นระบบและสวยงาม หลังจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็น เพื่อวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เลือกมานั้น ต้องนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาได้

### ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวทางการสร้าง ชิ้นงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย แล้วช่วยกันจัดกลุ่มความคิดลำดับ ความสำคัญ และคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด รวมถึงประยุกต์ใช้องค์ความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในการ สร้างชิ้นงาน หลังจากนั้นครูแจ้งเกณฑ์การประเมินชิ้นงานให้นักเรียนทราบ แล้วให้นักเรียนร่วมกัน วางแผนเตรียมอุปกรณ์สำหรับการสร้างชิ้นงานในขั้นตอนถัดไป

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)

นักเรียนใช้ดินสอปากกาในการร่างต้นแบบชิ้นงานลงในเอกสารที่ครูจัดเตรียมไว้ให้และ ร่วมกันลงมือสร้างชิ้นงานที่อาศัยความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เป็นหลัก เพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่ กำหนดให้

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)

นักเรียนนำเสนอผลงาน โดยมีครูและเพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันสะท้อนผล เพื่อนำไปสู่การ ปรับปรุงชิ้นงานหรือกระบวนการ จนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ดีและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกัน

## 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบนั้นเป็นรูปแบบการจัดการ เรียนรู้ที่ใหม่ในทางวิทยาศาสตร์ ฉะนั้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ คิดเชิงออกแบบและมีการนำมาพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมร่วมด้วยจึงมี ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงได้ทำการสืบค้นเพิ่มเติมในงานวิจัยที่มีการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด

เชิงออกแบบตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน ในการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในการวิจัย มีดังนี้

#### 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ ( 2560 ) ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ภาคตัดกรวย ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง ภาคตัดกรวย จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินชิ้นงานและแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบและภาคตัดกรวย ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) ขั้นที่ 5 ขั้นตอนทดสอบ (Test) ประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้แก่นักเรียน สำหรับนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหา การเลือกใช้ปัญหาการออกแบบหรือสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง และการออกแบบชิ้นงานที่ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เรียนให้มีความหลากหลาย รวมถึงการกระตุ้นนักเรียนให้ทำกิจกรรมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ และ 2) นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับมาก

ศมกร ศิลาโชติ (2561) ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นการใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยการในชั้นเรียน 3 วงจรปฏิบัติการการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) การยืนยันปัญหา 2) การชี้แจงปัญหา 3) การวางแผน 4) การวางแผนฉุกเฉิน 5) การปรับปรุงแผน 6) การประเมิน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกการสะท้อนผลการเรียนรู้ แบบสังเกตการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ใบกิจกรรมของนักเรียน และแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ คือ การสร้างองค์ความรู้พื้นฐานก่อนไปสู่กิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาที่

น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การใช้กิจกรรมการทดลองเพื่อการแก้ปัญหา และการกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนผลการทำกิจกรรม และประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปรายภายในกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพิ่มขึ้นตามลำดับจากวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

ศรายุทธ รูปโถม (2562) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส โดยใช้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง กรด-เบส จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินชิ้นงานและแบบประเมินใบกิจกรรมของนักเรียน โดยพบว่า มีประเด็นที่ควรเน้นในแนวทางการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้แก่นักเรียนสำหรับการนำมาใช้ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหา การเลือกใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาควรเป็นสถานการณ์ในชีวิตจริงที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ รวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกันอย่างสม่ำเสมอ เมื่อทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ นักเรียนมากกว่าร้อยละ 90 มีระดับทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมอยู่ในระดับดีมาก อีกทั้งยังพบว่าแรงบันดาลใจในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียนนั้นเกิดจากการได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจที่จะออกแบบและสร้างชิ้นงานได้อย่างสร้างสรรค์

#### 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Wen-Haw Chen (2013) ได้ทำการศึกษาในหัวข้อ เรื่อง “การประยุกต์รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการออกแบบเชิงสร้างสรรค์สู่การสอนภาคตัดกรวย” โดยการศึกษาครั้งนี้สำรวจกับโรงเรียนสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของประเทศไต้หวัน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการสอนและการเรียนรู้รายวิชาเรขาคณิตผ่านรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ สำหรับกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะใช้รูปแบบ SSCS โดยนักเรียนได้เรียนรู้วิธีการที่จะทำความเข้าใจปัญหาที่ครูกำหนดให้และนำความรู้ที่เรียนไปลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาผ่านการออกแบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้สมบัติการสะท้อนของภาคตัดกรวยทั้ง 4 ชนิด จากผลการศึกษา พบว่า 1) นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์และทักษะความเชี่ยวชาญในการร่วมกันแก้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง 2) นักเรียนสามารถที่จะบูรณาการ



และประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนไปได้เป็นอย่างดี และ 3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ช่วยสนับสนุนประสิทธิภาพของการสอนและการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดทางเรขาคณิต

Kim, J., KWEK, S.H.D., Meltzer, C. and Wong, P (2013) คณะทำงานวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้ทำการวิจัยในหัวข้อ เรื่อง " สถาปนิกห้องเรียน : บูรณาการระหว่าง การคิดเชิงออกแบบและคณิตศาสตร์ " (Classroom Architect: Integrating Design Thinking and Math) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนที่มีอายุ 10 ถึง 11 ปี โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในประเทศแคลิฟอร์เนียตอนใต้ สำหรับคำว่า " สถาปนิกห้องเรียน " ( Classroom Architect ) เป็นหลักสูตรที่ยึดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามหลักการคิดเชิงออกแบบผ่านการศึกษาเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดขนาดและพื้นที่ เพื่อสร้างห้องเรียนในอุดมคติรูปแบบเสมือนจริง 3 มิติ การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียนไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ชีวิตจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนต้องเรียนรู้เนื้อหาผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นการค้นหาความต้องการของผู้ใช้ (User Needs Discovery) ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด (Ideation) ขั้นที่ 3 ขั้นการสร้างต้นแบบ (Prototype) ขั้นที่ 4 ขั้นการออกแบบซ้ำ (Redesign) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการคิดเชิงออกแบบของสถาบันการสอนการออกแบบแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ในแต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมให้นักเรียนนำความคิดรวบยอดของคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ จากผลการศึกษาพบว่า หลักสูตรสถาปนิกห้องเรียนสนับสนุนให้เกิดความเข้าใจที่คงทนในความคิดรวบยอดที่สำคัญทั้งในการคิดเชิงออกแบบและคณิตศาสตร์ ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ในทักษะการรู้คิด เช่น การแก้ปัญหา การคิดยืดหยุ่น การเชื่อมโยงกับความรู้เดิม การนำเสนอผลลัพธ์ในวิธีที่หลากหลาย ความร่วมมือ และการประยุกต์ใช้มนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และทักษะในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. บริบทของการวิจัย
3. ผู้เข้าร่วมวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ที่เป็นวงจรปฏิบัติการซ้ำต่อเนื่องกันเป็น 3 วงจร ผู้วิจัยการทำวิจัยปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1988 อ้างอิงใน สิริรณภา กิจเกื้อกุล, 2557 หน้า 149-152) ดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ กำหนดจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้และออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำวิธีการปฏิบัตินั้นไปดำเนินการในขั้นต่อไป
2. ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นที่ 1
3. ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติในขั้นที่ 2 โดยใช้เครื่องมือวิจัยในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป
4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นตอนของการที่ผู้วิจัยนำผลจากขั้นตอนที่ 3 มาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหา และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุง และวางแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

โดยในการวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีลักษณะทำซ้ำเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจร แบ่งได้ ดังนี้

วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์เคมี ไฟฟ้า

วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า

วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า

โดยภาพรวมแล้ว กระบวนการวิจัยปฏิบัติการจะต้องอาศัยสิ่งสำคัญ คือ การสะท้อนผลต่อการจัดการเรียนรู้ ที่เริ่มต้นจากการที่ผู้วิจัยสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาของการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาของตนเองเพื่อวางแผน (ขั้นการวางแผน) ต่อมาจึงเป็นการรับฟังผลสะท้อนจากกลุ่มเป้าหมายขณะจัดการเรียนรู้ (ขั้นการสังเกต) และสุดท้ายเป็นการสะท้อนผล ที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นโดยภาพรวม (ขั้นสะท้อนผล) โดยการวิจัยปฏิบัติการอาจจำเป็นต้องทำซ้ำเป็นวงรอบอย่างน้อย 3 วงจรปฏิบัติการ เนื่องจากในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จะช่วยให้ผู้วิจัยทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้ และจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาในชั้นเรียน หรือจนกว่าจะได้ข้อมูลที่ผู้วิจัยยอมรับ

### บริบทของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ณ โรงเรียนมัธยมขนาดเล็กประจำตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเปิดทำการเรียนการสอนตั้งแต่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีนักเรียนทั้งหมด 160 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 18 คน 1 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์และแผนการเรียนศิลป์-อาชีพ โดยภาพรวมในการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีจำนวนที่เหมาะสมต่อหนึ่งห้องเรียน นักเรียนมีความคุ้นเคยกัน มีอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์เพียงพอกับจำนวนนักเรียนในการทำการทดลอง

### ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนแผนการเรียน วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนขนาดเล็กประจำตำบล แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 7 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตาม กระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการ สร้างสรรค์และนวัตกรรม	แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถใน การสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิด เชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า	- แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน

เครื่องมือการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

#### 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน

3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า จำนวน 4 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า จำนวน 4 ชั่วโมง

## 1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

ทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จากการเรียนรู้ (Resource triangulation) ซึ่งเป็นครูประจำการที่มีประสบการณ์ในการสอนด้านวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี

## 1.3 แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

เป็นการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมในระดับพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากใบกิจกรรม ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามกรอบ CATALINA FOOTHILLS SCHOOL DISTRICT; CFSD (2018)

## 1.4 แบบประเมินชิ้นงาน

เป็นการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากชิ้นงาน เป็นชิ้นงานต้นแบบที่ให้นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้น ตามเกณฑ์ Rubric score แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นไปตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมเรื่อง เคมีไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบจากเอกสารงานวิจัยและตำราต่างๆ

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยศึกษารายละเอียด ดังนี้ สาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ เนื้อหา จำนวนเวลาในการเรียน วิธีการสอน กิจกรรมและสื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้ เป็นต้น รวมทั้งคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และแนวทางการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.3 ศึกษาเนื้อหา เรื่อง เคมีไฟฟ้า จากเอกสารประกอบการสอน หนังสือเรียน เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ



1.5 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง จะมีรายละเอียด ดังนี้

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
2. จุดประสงค์การเรียนรู้
3. สาระสำคัญ
4. สาระการเรียนรู้
5. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอน
  - ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)
  - ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)
  - ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)
  - ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)
  - ขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test)
6. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้
7. การวัดและประเมินผล
8. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ (สำหรับผู้วิจัย)

ตาราง 4 แสดงลำดับวงจรปฏิบัติการ แผนการจัดการเรียนรู้ เนื้อหา ชื่อแผนการจัดการเรียนรู้ (ปัญหาการออกแบบ) และเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรม

วงจรปฏิบัติ การที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	ปัญหาการออกแบบ	เวลา (ชั่วโมง)
1	เซลล์ เคมีไฟฟ้า	28. ระบุองค์ประกอบของเซลล์ เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของ ปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์ 30. อธิบายหลักการทำงาน และ เขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ	มหัศจรรย์แสง จากธรรมชาติ	4

วงจรปฏิบัติ การที่	แผนการจัดการ ศึกษารียนรู้	ผลการเรียนรูู้	ปัญหาการ ออกแบบ	เวลา (ชั่วโมง)
2	ประโยชน์ ของเซลล์ ไฟฟ้าเคมี	31. ทดลองชุบโลหะและแยก สารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และ อธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ใน การชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วย กระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์ และการป้องกันการกัดกร่อนของ โลหะ	วิธีการชุบโลหะ	4
3	เทคโนโลยีที่ เกี่ยวข้องกับ เคมีไฟฟ้า	32. สืบค้นข้อมูล และนำเสนอ ตัวอย่างความก้าวหน้าทาง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน	Battery cell	4

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรูู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่ ผู้วิจัยสร้างจำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรูู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนรายวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน 3) ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษรายวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมกับเนื้อหา สื่อการสอน เวลาที่ใช้ กิจกรรมการเรียนรูู้ การวัด ประเมินผล และข้อเสนอแนะ

1.7 นำข้อเสนอแนะมาดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะในประเด็นเกี่ยวกับการ จัดการเรียนรูู้ การสร้างปัญหาการออกแบบ รูปแบบและความเหมาะสมของชิ้นงาน

1.8 จัดทำแผนการจัดการเรียนรูู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้า ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

## 2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรูู้

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรูู้ซึ่งเป็นครูประจำการจะบันทึกประเด็นปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรูู้ของผู้วิจัยแต่ละชั้นการจัดการเรียนรูู้เพื่อนำ

ข้อมูลมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในวงจรปฏิบัติการถัดไปมีขั้นตอนการสร้างแบบ  
สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้อย่างนี้

2.1 กำหนดขอบเขตการบันทึกการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีลักษณะเป็นแบบเขียนบันทึกประเด็น  
ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (การสร้างสถานการณ์ปัญหาหรือปัญหาการ  
ออกแบบที่ท้าทาย สอดคล้องกับเนื้อหา กระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา)

ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและแสดงความคิดเห็น  
วิเคราะห์ประเด็นปัญหาและเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข)

ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (จัดบรรยากาศและสิ่งอำนวยความสะดวกในชั้นเรียนให้  
เหมาะต่อการระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แจกแจงการประเมินชิ้นงาน เน้นย้ำการเตรียม  
วัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างชิ้นงานให้พร้อม)

ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (จัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนร่างต้นแบบและสร้างชิ้นงาน  
ควบคุมกระบวนการสร้างชิ้นงานของนักเรียน)

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (วิพากษ์และสะท้อนผลการประเมินชิ้นงาน รวมถึงให้  
คำแนะนำและปรับปรุงชิ้นงานแก่นักเรียน)

2.3 ปรับปรุงแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีลักษณะเป็นแบบเขียนบันทึก  
ประเด็นตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

2.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้บันทึกข้อมูลจากการจัดกิจกรรมการ  
เรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3. แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม  
กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

3.2 สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยปรับตาม  
กรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) มีพฤติกรรมหลัก 6 พฤติกรรมที่จะ  
ประเมิน ได้แก่

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่  
กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่  
แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน



3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่ และท้าทายความสามารถของตนเอง

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 5 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการ	คะแนน
1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	
- มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน	1 คะแนน
- มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน	1 คะแนน
- มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง โดยระบุประเด็น	1 คะแนน
2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	
- มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้มากกว่า 1 แบบ	1 คะแนน
- มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุ ขนาด วัสดุได้ ครบถ้วน	1 คะแนน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	
- มีการออกแบบที่แปลกใหม่	1 คะแนน
- ท้าทายความสามารถของตนเอง	1 คะแนน

รายการ	คะแนน
<b>4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b>	
- มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน	1 คะแนน
- มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน	1 คะแนน
- มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก	1 คะแนน
<b>5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)</b>	
- มีการระบุนายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย	1 คะแนน
- มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก	1 คะแนน
- มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน	1 คะแนน
- มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน	1 คะแนน
- สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	1 คะแนน
- ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมดและมีความแตกต่าง	1 คะแนน
- มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ	1 คะแนน
<b>6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b>	
- มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู	1 คะแนน
- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข	1 คะแนน
- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ที่กำหนด	1 คะแนน

3.3 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่สร้างขึ้นแล้วไปเสนอต่อครูประจำการพิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน

3.4 นำแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่พิจารณาแล้วมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

3.5 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์ ไปเก็บข้อมูลกับ  
ผู้เข้าร่วมวิจัยต่อไป

#### 4. แบบประเมินชิ้นงาน

คือ แบบบันทึกคะแนนจากการประเมินชิ้นงานต้นแบบของนักเรียนโดยผู้วิจัยและครู  
ประจำการที่สอนในรายวิชาเคมี สำหรับใช้วัดความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่าน  
การสร้างชิ้นงานควบคู่กับการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากใบ  
กิจกรรมแบบประเมินชิ้นงานของนักเรียนมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินชิ้นงานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและ  
กำหนดแนวทางในการสร้างรายการประเมินของแบบประเมินชิ้นงานเพื่อวัดความสามารถในการ  
ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

4.2 สร้างแบบประเมินชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแบบบันทึกคะแนนตามรายการ  
ประเมินเป็นรายกลุ่มโดยผู้วิจัยนำรายการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงมาจาก  
เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการ  
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มีรายการประเมินชิ้นงาน 6 รายการ ได้แก่ ผลงาน  
ความคิดสร้างสรรค์การนำเสนอการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบการประยุกต์ใช้ความรู้การ  
ทำงานเป็นทีมพร้อมเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน Rubric score แบ่งเป็น 4 ระดับของรายการ  
ประเมิน ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับพอใช้ ระดับควรปรับปรุง แสดงเกณฑ์การให้คะแนน  
ในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานต้นแบบของนักเรียน

รายการ ประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การ ประยุกต์ใช้ ความรู้	นำความรู้ทางเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้ามา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงานได้	นำความรู้ทางเคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้ามา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงานได้	นำความรู้ทาง เคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้ามา ประยุกต์ใช้ใน	ไม่นำความรู้ทาง เคมี เรื่อง เคมีไฟฟ้ามา ประยุกต์ใช้ใน
	ชัดเจนและถูกต้อง ตั้งแต่ 3 องค์ความรู้	ชัดเจนและถูกต้อง ตั้งแต่ 2 องค์ความรู้	การออกแบบ ชิ้นงานได้ชัดเจน	การออกแบบ ชิ้นงาน



รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
	ขึ้นไป	ขึ้นไป	และถูกต้องเพียง องค์ความรู้เดียว	
<b>ความคิดสร้างสรรค์</b>	สร้างชิ้นงานได้ สวยงามและมี แนวคิดการ ออกแบบที่แปลก ใหม่ตั้งแต่ 2 แนวคิดขึ้นไป	สร้างชิ้นงานได้ สวยงามและมี แนวคิดการ ออกแบบที่แปลก ใหม่ได้เพียงแนวคิด เดียว	สร้างชิ้นงานได้ สวยงาม แต่ไม่มี แนวคิดการ ออกแบบที่แปลก ใหม่	สร้างชิ้นงานได้ สวยงามและมี แนวคิดการ ออกแบบที่แปลก ใหม่ได้เพียง แนวคิดเดียว
<b>ผลงาน</b>	ออกแบบชิ้นงานได้ สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ ครบถ้วน	ออกแบบชิ้นงานได้ สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ เป็นส่วนใหญ่	ออกแบบชิ้นงาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ เป็นบางส่วน	ออกแบบชิ้นงาน ไม่สอดคล้องกับ ปัญหาหรือไม่ สนองความ ต้องการ
<b>การทำงานเป็นทีม</b>	สมาชิกกลุ่มทุกคน มีส่วนร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่างมี เหตุผลและ สร้างสรรค์	สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่มีส่วนร่วมใน การปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่างมี เหตุผลและ สร้างสรรค์	สมาชิกกลุ่ม บางส่วน มีส่วน ร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์	สมาชิกในกลุ่มไม่ มีส่วนร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม และไม่ยอมรับฟัง ความคิดเห็น ผู้อื่นอย่างมี เหตุผลและ สร้างสรรค์
<b>การใช้กระบวนการคิดเชิง ออกแบบ</b>	มีการใช้ กระบวนการคิดเชิง ออกแบบมีการ ระดมแนวคิดและ แสดงถึงการใช้	มีการใช้ กระบวนการคิดเชิง ออกแบบมีการ ระดมแนวคิดแต่ ไม่ได้ค้นพบแนวคิด	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ แต่ ไม่มีการระดม แนวคิด	ไม่มีการใช้ กระบวนการคิด

รายการ ประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
	แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ	แนวคิดมาใช้เป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ		
การนำเสนอ	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจอธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงานที่ เข้าใจง่ายและตอบ คำถามชัดเจน	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจอธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงานที่ เข้าใจง่ายแต่ตอบ คำถามไม่ชัดเจน	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยากหรือตอบ คำถามไม่ชัดเจน	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยาก และตอบ คำถามไม่ชัดเจน

หมายเหตุ : ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายการประเมินชิ้นงานและพฤติกรรมหลักของ  
ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการประเมินชิ้นงาน	พฤติกรรมของการประเมินความสามารถ ในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม
การประยุกต์ใช้ความรู้	การสร้างความคิด
ความคิดสร้างสรรค์	การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ
ผลงาน	การออกแบบและการปรับแต่งความคิด
การทำงานเป็นทีม	การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ	การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์
การนำเสนอ	การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1. ประชุมนิเทศและชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมของนักเรียนในชั่วโมงปกติของโรงเรียน โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง
3. ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาข้อมูลในปัญหาการออกแบบ ระดมแนวคิดที่หลากหลาย และลงมือสร้างชิ้นงาน ในขณะที่ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะสังเกตและจดบันทึกการจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และกลุ่มของนักเรียนเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรมแต่ละตอนตามที่คุณวิจัยกำหนด
4. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานและนำเสนอชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้จะให้คะแนนชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มลงในแบบประเมินชิ้นงาน
5. หลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนจะมีการประเมินทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรมจากนักเรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมิน และครูประเมินนักเรียน โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม
6. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้อาจารย์ที่ปรึกษาทำการสะท้อนผล เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ เพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ควรมีแนวทางจัดการเรียนรู้อย่างไร ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้
  - 1.1 วิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
    - 1.1.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้



1.1.2 ผู้วิจัยทำการจัดระเบียบข้อมูลตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้หรือไม่ อย่างไร 2) ปัญหาคืออุปสรรคที่พบจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย 3) แนวทางการปรับปรุงแก้ไข ปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปโดยประเด็นเหล่านี้จะแสดงถึงความเกี่ยวข้องต่อการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ

1.1.3 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันมาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.1.4 ผู้วิจัยทำการสรุปข้อมูลโดยรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผล การดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่พัฒนาทักษะความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1.2 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation) แหล่งที่มาจากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต การจัดการเรียนรู้โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า สามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรมชิ้นงานและแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากใบกิจกรรมและแบบประเมินชิ้นงานซึ่งทำการวิเคราะห์แต่ละวงจรปฏิบัติ และจะวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1.1 ทำการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้

1.1.2 ทำการให้รหัสของข้อมูลเพื่อการจัดระเบียบของข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์คือข้อมูลที่ได้จะต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการเกิดความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิง

ออกแบบเรื่องเคมีไฟฟ้าที่ผู้วิจัยจัดขึ้นโดยข้อมูลที่ได้จากการแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จะเป็นข้อมูลความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เกิดจากพฤติกรรมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.1.3 การนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.1.4 ดีความและสรุปข้อมูลให้ทราบถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนจากการทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียน

## 2. ข้อมูลเชิงปริมาณ

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2.1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน โดยวิเคราะห์การเขียนคำตอบเพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น

2.1.2 อ่านข้อความจากใบกิจกรรม โดยพิจารณาพฤติกรรมตาม rubric การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

2.1.3 จัดกลุ่มข้อความจากใบกิจกรรม โดยพิจารณาพฤติกรรมตาม rubric การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

2.1.4 ตรวจสอบให้คะแนนพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนทำการลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร

2.1.5 ผู้วิจัยทำการรวมคะแนนที่ได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยผลที่ได้จะรายงานในรูปแบบของร้อยละ

2.1.6 ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ได้จากแบบประเมินซึ่งหากสูงขึ้นตามวงจรที่ 1, 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินชิ้นงาน

2.2.1 ผู้วิจัยทำการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างขึ้น โดยประเมินตามเกณฑ์ Rubric Score

2.2.2 ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ได้จากแบบประเมินชิ้นงาน ซึ่งหากสูงขึ้นตามวงจรถี 1, 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

2.3 การตรวจสอบข้อมูลผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนและแบบประเมินชิ้นงานแต่ละวงจรมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและทิศทางของข้อมูลในการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการ (Method triangulation)





## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

วิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมี ไฟฟ้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติพื้นฐาน ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้า

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบและแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### วงจรปฏิบัติการที่ 1

##### 1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวนทั้งสิ้น 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์เคมีไฟฟ้า (มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้า (การชุบโลหะ) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเคมีไฟฟ้า (Battery cell) ซึ่งแต่ละ

แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate)

ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype)

ขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test)

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์เคมีไฟฟ้า (มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ) เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนจำลองตนเองเป็นทีมส่งเสริมการท่องเที่ยว 2 ทีม ที่ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า (เซลล์กัลวานิก) มาช่วยในการออกแบบสวนผลไม้ของลุงชวนให้กลายเป็นโฮมสเตย์ที่มีกระแสไฟฟ้าจากผลไม้ที่สามารถล่อหึ่งห้อยให้มาอยู่ภายในสวน เพื่อดึงดูดนักท่องเที่ยวมาพักและชมความสวยงามได้ ทีมที่ทำสำเร็จจะเป็นต้นแบบในการออกแบบโฮมสเตย์ของลุงชวน

2. ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่องในการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เซลล์ไฟฟ้าเคมี (มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ) ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ในการวิจัยผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 และ 4 คน แล้วให้ตัวแทนนักเรียนรับเอกสารปัญหาการออกแบบในกิจกรรม เรื่อง มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา ภาพประกอบสถานการณ์ บทสัมภาษณ์ของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และคำชี้แจง หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลในฐานะผู้ออกแบบให้เกิดความเข้าใจที่มากขึ้น แล้วเขียนบันทึกข้อมูลที่ได้จากการอ่านสถานการณ์ดังกล่าวลงในใบกิจกรรม

ซึ่งสังเกตพบว่าขณะที่นักเรียนศึกษาข้อมูลในปัญหาการออกแบบ ภายในกลุ่มจะมีนักเรียนคนหนึ่งเป็นผู้จับบันทึกข้อมูลสำคัญและคนอื่นๆ จะช่วยกันอ่าน แสดงให้เห็นถึงความตั้งใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมของนักเรียน จากการวิเคราะห์การจัดกิจกรรมในขั้นตอนนี้พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่เข้าใจการเขียนตอบในใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยคำพูด ความคิด ความรู้สึก การกระทำ รวมถึงสภาพปัญหาความต้องการ และความเข้าใจปัญหาในเชิงลึก เนื่องจากตัวผู้วิจัยไม่ได้อธิบายตัวอย่างการเขียนตอบให้ชัดเจนก่อนการทำกิจกรรมนักเรียนจึงมี

การเขียนตอบในใบกิจกรรมโดยการคัดลอกประโยคจากสถานการณ์ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงอธิบายให้นักเรียนเข้าใจและซักถามอีกครั้ง ผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ แนะนำว่า

...ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่แตกต่างจากการเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย เป็นการให้นักเรียนนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในเหตุการณ์ชีวิตจริงในฐานะผู้ออกแบบ ผู้วิจัยควรมีการอธิบายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนก่อนการเรียนรู้จริงให้แก่นักเรียน

(แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 25 กุมภาพันธ์ 2563)

### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ขั้นตอนนี้เนื่องจากการใช้เวลาในขั้นทำความเข้าใจปัญหาไปค่อนข้างมาก นักเรียนจึงใช้เวลาในขั้นนิยามปัญหานี้น้อย โดยขั้นต้นครูให้อิสระแก่นักเรียนในการที่จะระบุนิยามปัญหาตามความคิดความเข้าใจของตนเอง โดยไม่ได้เน้นย้ำให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้จากการทำความเข้าใจปัญหามาใช้

ในขั้นตอนนี้ พบว่า เมื่อนักเรียนอ่านปัญหาการออกแบบแล้ว นักเรียนบางคนทำการสืบค้นสิ่งประดิษฐ์ตามที่ตนเองคิด และนักเรียนบางคนก็ยังไม่กล้าเสนอความคิดเห็นของตนเอง ดังแสดงให้เห็นในบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการกับนักเรียนกลุ่มที่ 1

ผู้วิจัย : กลุ่มหนูจะทำการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาอย่างไร

นักเรียน : กลุ่มผมจะทำเครื่องบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ ย่อยสลายยาก

ด้วยกระบวนการไฟฟ้าเคมี

ผู้วิจัย : เพราะเหตุใดจึงทำเครื่องบำบัดน้ำเสีย

นักเรียน : เพราะพวกน้ำเสีย (ซีไปที่ข้อความในบทสัมภาษณ์) รบกวนการอาศัย

มีผลต่อการอาศัยของหิ่งห้อย

ผู้วิจัย : แล้วคนอื่นๆ ในกลุ่มมีแนวคิดเดียวกันหรือไม่คะ

นักเรียนคนอื่นๆ : ...เจียบ...

(บทสนทนาของผู้วิจัยและนักเรียน, 25 กุมภาพันธ์ 2563)

และในขั้นนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์สาเหตุเนื่องจาก ไม่ได้มีการออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนกำหนดนิยามปัญหาที่ชัดเจนเพื่อและเน้นย้ำถึงการตอบสนองความต้องการ และให้อิสระในการนิยามทำให้ทั้งสองกลุ่มใช้ความคิดเห็นของตนเองในการนิยามมากกว่าที่จะคำนึงถึงความต้องการที่แท้จริง ทำให้ไม่มีความเชื่อมโยงกันของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้



### ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบการทดลองจากผลไม้ที่เตรียมให้เหมือนกันทั้งชนิดและปริมาณในทั้งสองกลุ่ม นักเรียนทำการทดลองเพื่อวัดค่าศักย์ไฟฟ้าจากผลไม้ มีความตั้งใจและกระตือรือร้นในการทดลองและบันทึกผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียน

ในขั้นนี้สังเกตเห็นว่า ในการทดลองเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าจากผลไม้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดมัลติมิเตอร์ในการวัดกระแสและความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งนักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจวิธีการใช้เครื่องมือ จึงไม่มั่นใจในการทดลองและไม่มีส่วนร่วมมากนัก ผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้แนะนำว่า

...ควรมีการฝึกใช้เครื่องมือก่อนการทดลองจริง เพื่อให้ นักเรียนไม่มีความกังวลในการทำ การทดลอง และเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ

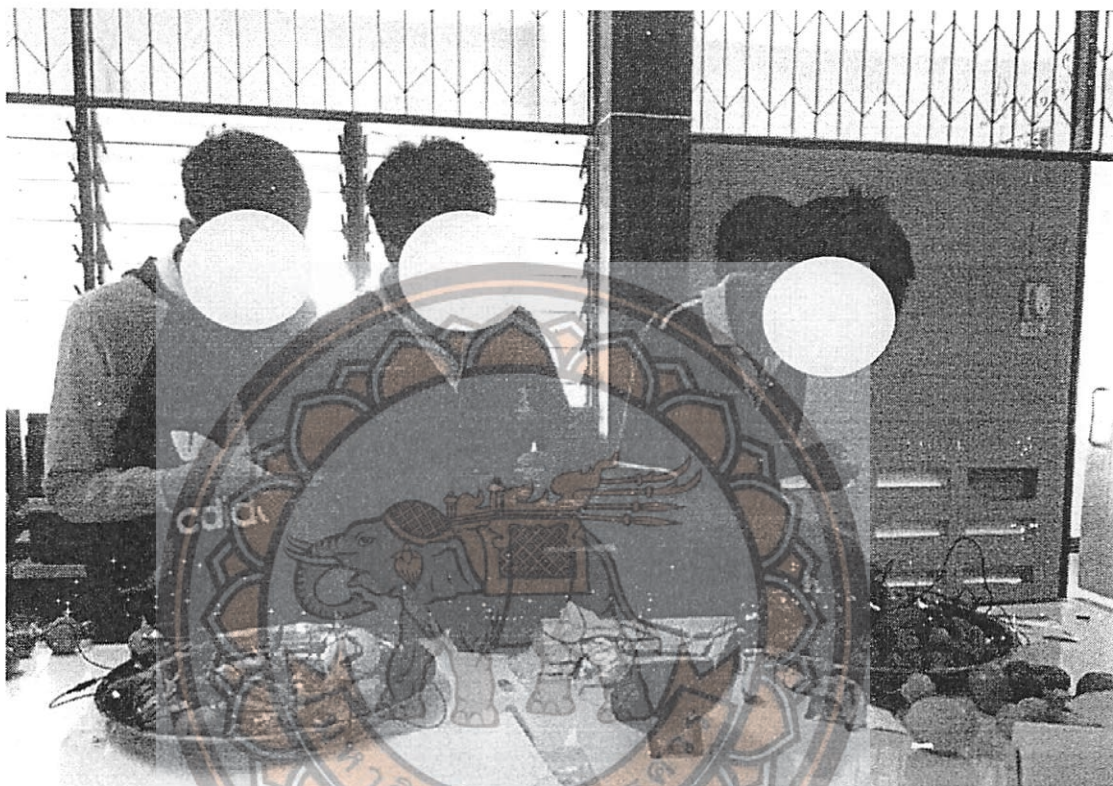
(แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 25 กุมภาพันธ์ 2563)

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)

ในขั้นนี้ นักเรียนนำผลการทดลองมาออกแบบสวิตช์ของหลอดขง ในการปลูกผลไม้ในสวน และทำการทดลองต่อหลอดไฟ LED ภายในโคมสแตย์

ในขั้นนี้สังเกตเห็นว่า ในการสร้างต้นแบบกลุ่มที่ 2 ตามที่ออกแบบไว้ โดยเป็นแบบที่มี เหตุผลในการเลือก ผลไม้ คือ มะนาว เนื่องจากในการทดลองให้ค่าศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด และ

ขั้วไฟฟ้า คือ สังกะสีและทองแดง ส่วนกลุ่มที่ 1 มีการปรับเปลี่ยนตลอดเวลา โดยใช้ผลไม้ทุกชนิด มาทดลองต่อและใช้ขั้วไฟฟ้าจากโลหะที่แตกต่างกัน แสดงดังภาพ 2



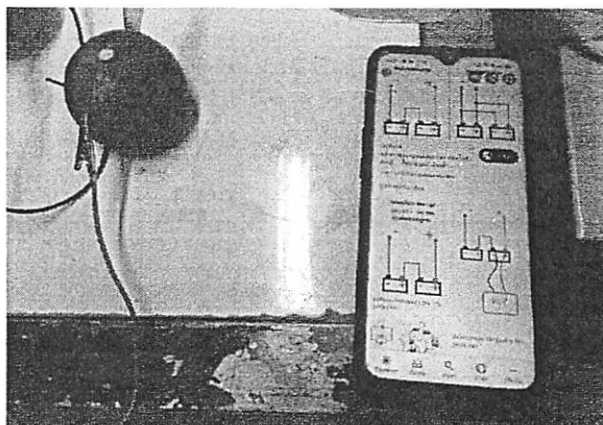
ภาพ 2 การสร้างชิ้นงานต้นแบบ " มหิศจรีย์แสงจากธรรมชาติ " ของนักเรียน

ในขั้นนี้ผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ แนะนำว่า  
...ให้มีการเน้นเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบจากรูปแบบที่มาจากการสร้างความคิด  
ไม่เช่นนั้นขั้นนี้ก็จะทำให้เหมือนกับขั้นสร้างความคิดทำให้นักเรียนไม่สามารถที่จะบอกได้ว่าหลัง  
การสร้างต้นแบบเขามีการปรับรูปแบบอย่างไร มีเหตุผลใด

(แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้, 25 กุมภาพันธ์ 2563)

นักเรียนกลุ่มที่ 2 มีการสอบถามแนวทางการต่อแบบอนุกรมหรือแบบขนานได้หรือไม่  
เพื่อที่จะทดลองปรับรูปแบบอีกครั้งก่อนการทดสอบ ดังภาพ 3



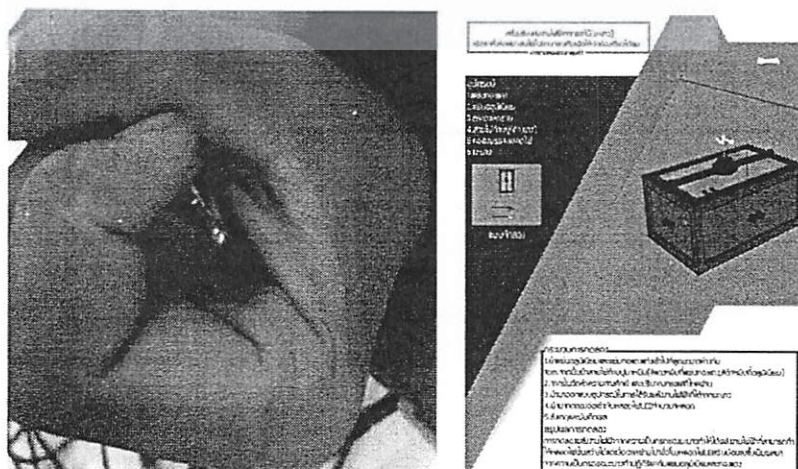


ภาพ 3 การสืบค้นเพื่อปรับการสร้างต้นแบบของนักเรียน

#### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานการออกแบบของกลุ่มตัวเองโดยมีครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลรับคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำชิ้นงานมาปรับปรุงแก้ไขและนำมาทดสอบในขั้นสุดท้าย จากนั้นบันทึกการประเมินลงในแบบประเมินชิ้นงาน

ในขั้นทดสอบครั้งนี้ พบว่ามีการทดสอบ โดยหนึ่งกลุ่มนั้นได้วางแผนไว้เรียบร้อยแล้วแต่เนื่องจากรอเพื่อนอีกกลุ่มทำให้การวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในไปก่อนแล้ว และหมดเวลาการจัดการเรียนรู้แล้ว จึงไม่ทันได้ทดลองใหม่ซ้ำ แต่พบว่านักเรียนยังมีควมกระตือรือร้นและมั่นใจในการศึกษา ได้กลับไปออกแบบการเกี่ยวกับไฮมอสเตย์ให้มีความชัดเจนขึ้นในลักษณะตามมิติตามที่ได้วาดภาพร่างไว้ ดังภาพ 4



ภาพ 4 การทดสอบชิ้นงาน และการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน



### 3. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)	ในสถานการณ์ปัญหาการออกแบบ ให้ข้อมูลบรรยายบริบทอื่นๆ มากเกินความจำเป็น จนทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเป้าหมายในการออกแบบชิ้นงานให้ตอบสนองต่อความต้องการ	ครูควรเขียนสถานการณ์ปัญหาที่มีความชัดเจน ไม่ซับซ้อนจนเกินไป มีการเน้นข้อมูลที่สำคัญซึ่งแสดงถึงความต้องการในการออกแบบ
	นักเรียนไม่เข้าใจรูปแบบการเขียนตอบในใบกิจกรรม	ครูควรชี้แจงและอธิบายการเขียนตอบใบกิจกรรม ทำให้นักเรียนทุกกลุ่มเข้าใจรูปแบบของการเขียนก่อน
ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)	นักเรียนใช้เวลาในการเขียนนิยามปัญหาเกินเวลาที่กำหนด	ครูควรชี้แจงเวลาให้ชัดเจนและกำชับเรื่องการรักษาเวลาในการทำกิจกรรม
	นักเรียนยังนิยามปัญหาไปสู่การออกแบบการทดลองไม่ได้	ครูควรมีการเพิ่มเติมตัวอย่าง และอภิปรายร่วมกัน
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)	นักเรียนออกแบบโดยไม่คำนึงถึงองค์ความรู้เรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เรียนมา เนื่องจากไม่ทราบว่า จะใช้ความรู้มาออกแบบหรือแก้ปัญหาลักษณะใดได้บ้าง	ครูควรช่วยอธิบายหรือยกตัวอย่างให้กลุ่มของนักเรียนแนวทางการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ออกแบบและแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
<p>ขั้นที่ 3</p> <p>ขั้นสร้างความคิด (Ideate) (ต่อ)</p>	<p>นักเรียนบางคนยังไม่กล้าแสดง ความคิดเห็นของตนเองภายใน กลุ่ม ทำให้ยังไม่ได้ความคิดใน การออกแบบที่หลากหลาย</p>	<p>ครูควรช่วยในการตั้งคำถามเพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นของ ตนเอง แล้วเขียนลงความเห็นภายในกลุ่ม</p>
<p>นักเรียนไม่ได้จัดลำดับ ความสำคัญของการสร้าง แนวคิดในการออกแบบ</p>	<p>นักเรียนไม่ได้จัดลำดับ ความสำคัญของการสร้าง แนวคิดในการออกแบบ</p>	<p>ครูเพิ่มข้อคำถามในใบกิจกรรม โดยมี ประเด็นคำถาม ดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. นักเรียนมีแนวทางการสร้างชิ้นงาน อย่างไรบ้าง จงเขียนมาให้ได้มากที่สุด</li> <li>2. นักเรียนนำแนวทางการสร้างชิ้นงาน มาจัดกลุ่มความคิด และจัดลำดับ ความสำคัญได้อย่างไรบ้าง</li> <li>3. นักเรียนเลือกกลุ่มความคิดใดเป็น แนวคิดที่ดีที่สุดสำหรับการสร้างชิ้นงาน</li> <li>4. องค์ความรู้ใดบ้างที่ใช้ในการออกแบบ และแก้ปัญหา</li> </ol>
<p>การที่ครูกำหนดวัสดุอุปกรณ์ ในการสร้างชิ้นงานให้นักเรียน เหมือนกันทุกกลุ่ม เป็นการปิด กั้นหรือไม่ส่งเสริมให้นักเรียน ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ใน การสร้างชิ้นงานอย่างเต็มที่</p>	<p>การที่ครูกำหนดวัสดุอุปกรณ์ ในการสร้างชิ้นงานให้นักเรียน เหมือนกันทุกกลุ่ม เป็นการปิด กั้นหรือไม่ส่งเสริมให้นักเรียน ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ใน การสร้างชิ้นงานอย่างเต็มที่</p>	<p>ผู้วิจัยควรจัดทำแบบบันทึกการวัสดุ อุปกรณ์ให้เรียบร้อยสำหรับให้นักเรียน เขียนวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการในกรณีที่มีวัสดุ อุปกรณ์ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถจัดหาให้ได้ ควรแจ้งนักเรียนให้ทราบล่วงหน้าพร้อมทั้ง ชี้แจงเหตุผลให้นักเรียนเข้าใจและให้ นักเรียนเป็นวัสดุอุปกรณ์ชนิดใหม่ที่ สามารถจัดหาได้ง่ายหรือมีราคาที่เหมาะสม</p>
<p>ขั้นที่ 4</p> <p>ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)</p>	<p>นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำชิ้นงาน ไม่เสร็จภายในเวลาที่กำหนด</p>	<p>ครูควรแจ้งกำหนดเวลาที่ชัดเจน และดูแล ควบคุมเวลาตลอด</p>
<p>นักเรียนไม่ได้ออกแบบชิ้นงาน</p>	<p>นักเรียนไม่ได้ออกแบบชิ้นงาน</p>	<p>ครูควรมีการแจกเกณฑ์ก่อนในการสร้าง</p>

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
<p>ขั้นที่ 4</p> <p>ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype) (ต่อ)</p>	<p>ตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด</p>	<p>ความคิด อธิบายเกณฑ์การให้คะแนน ชิ้นงานอย่างละเอียด .และเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด</p>
<p>ขั้นที่ 5</p> <p>ขั้นทดสอบ (Test)</p>	<p>ในขั้นการทดสอบชิ้นงานครั้งสุดท้ายไม่ได้กำหนดเวลาที่ชัดเจนทำให้มีผลต่อการทดสอบชิ้นงานของนักเรียน</p> <p>นักเรียนนำเสนอแนวคิดในการสร้างต้นแบบ แต่ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้</p>	<p>ครูควรแจ้งเกณฑ์การประเมินชิ้นงานและควรให้มีการพิจารณาการกำหนดเวลาร่วมกันก่อนดำเนินกิจกรรมและดำเนินการให้ได้เป็นไปตามนั้น</p> <p>ครูควรเพิ่มเติมในการเขียนอธิบายแนวคิดหลังจากการสร้างต้นแบบเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ในการสร้างสรรค์ผลงาน</p>

จากตาราง 8 เป็นตารางสรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขในแต่ละขั้นตอน สำหรับใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้มีความเห็นตรงกันว่า ควรปรับปรุงแบบกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปให้มีการเน้นย้ำเนื้อหาของเรื่องเซลล์ไฟฟ้าเคมี เข้ามาเกี่ยวข้องให้มากที่สุด เพื่อชี้แนะและเปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุด เช่น ควรมีสถานการณ์และบทสัมภาษณ์ของบุคคลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำความรู้ เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมีมาแก้ไขปัญหาอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่มีการตอบสนองต่อความต้องการอย่างแท้จริง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้ว่า เพราะเหตุใดจึงนำความรู้เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาใช้ในการออกแบบและแก้ปัญหาตามที่กำหนดในปัญหาการออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้ ที่กล่าวว่า นักเรียนคิดแค่การสร้างชิ้นงานเพียงอย่างเดียวไม่ได้ประโยชน์อะไรชิ้นงานที่สร้างสรรค์ขึ้นมานักเรียนควรสามารถที่จะอธิบายองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบและอธิบายหลักการรวมถึงคุณสมบัติของชิ้นงานนั้นที่มีความแตกต่างและน่าสนใจ



นำมาใช้ในการออกแบบและอธิบายหลักการรวมถึงคุณสมบัติของชิ้นงานนั้นที่มีความแตกต่างและน่าสนใจ

## วงจรปฏิบัติการที่ 2

จากผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยมีรายละเอียดการดำเนินกิจกรรม ดังนี้

### 1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี (วิธีการชุบโลหะ) โดยเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันหาวิธีการชุบชิ้นส่วนในการแต่งรถให้แก่นักเรียนชายอุปกรณ์แต่งรถให้ได้สินค้าที่สวยงามและคุ้มค่าที่สุด

### 2. ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

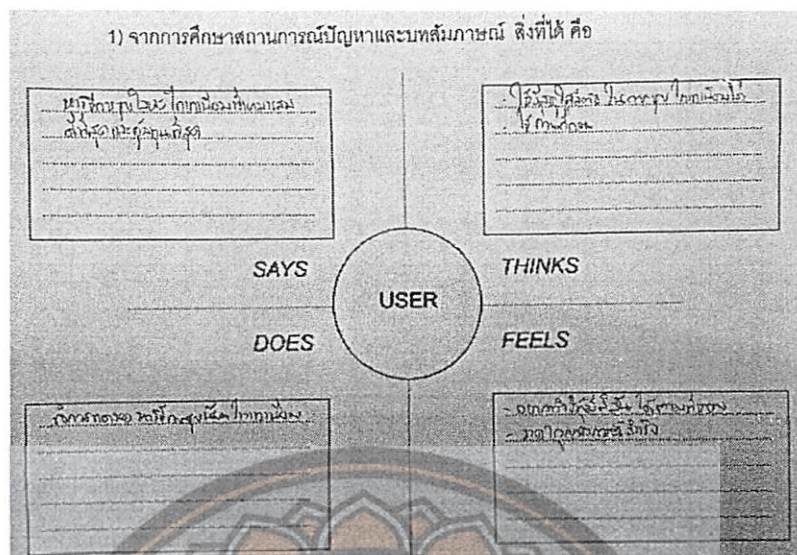
ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมี (วิธีการชุบโลหะ) ใช้เวลาทั้งสิ้น 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ผู้วิจัยได้จัดรูปแบบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการใช้องค์ความรู้เรื่องประโยชน์ของเซลล์ไฟฟ้าเคมีในการชุบโลหะที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นและกระตุ้นให้นักเรียนพยายามใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาโดยใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในขั้นนี้ผู้วิจัยหลังจากที่นักเรียนได้อ่านทำความเข้าใจปัญหาการออกแบบและบทสัมภาษณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบของใบกิจกรรมให้นักเรียนได้เขียนตอบชัดเจนและเข้าใจตรงกันมากขึ้น มีการอภิปรายร่วมกันแต่ละส่วน คือ คำพูด ความคิดความรู้สึก การกระทำ และสภาพปัญหาความต้องการ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการนำไปใช้นิยามปัญหาเพื่อออกแบบวิธีการชุบโลหะที่จะตอบสนองความต้องการให้ได้มากที่สุด รวมถึงมีการใช้การจับเวลาบนจอกอมพิวเตอร์เพื่อกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอน

จากการสังเกต พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจการเขียนใบกิจกรรมมากขึ้น เข้าใจถึงความต้องการ ระบุได้ว่าเกี่ยวข้องกับความรู้ในเรื่องใด ดังภาพ 5



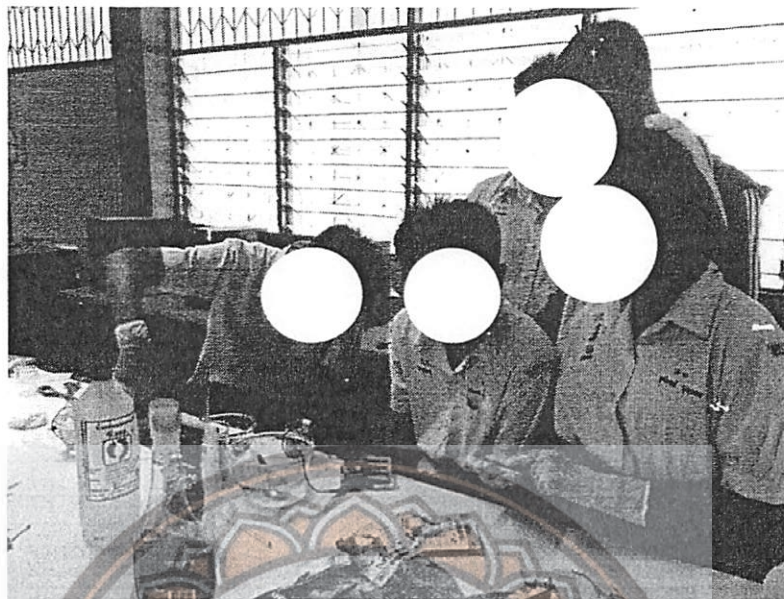
ภาพ 5 การเขียนตอบใบกิจกรรม " การชุบโลหะ " ของนักเรียน

## ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ผู้วิจัยได้ทบทวนการทดลองเรื่อง การชุบโลหะทองแดง และจัดเตรียมตัวอย่างชิ้นงานไทเทเนียมและวิดีโอการชุบโลหะในหลากหลายวิธีการ เพื่อกระตุ้นความสนใจ เห็นวิธีการนำความรู้เคมีไฟฟ้ามาใช้ ในการทดลอง ซึ่งในขั้นนิยามปัญหาผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของโลหะที่ใช้ในการทำอุปกรณ์ตกแต่งรถ คือ โลหะไทเทเนียม (Ti) จากนั้นให้นักเรียนทำการทดลองชุบโลหะจากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้

จากการสังเกต พบว่า เมื่อนักเรียนได้ชมวิดีโอที่เป็นการทดลองการชุบโลหะ นักเรียนเข้าใจถึงส่วนประกอบของการทดลองประโยชน์ของเซลล์อิเล็กโทรไลติก นักเรียนสามารถนิยามปัญหาโดยสามารถออกแบบการทดลองได้ดีขึ้น ระบุได้ถึงวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิธีการทดลองได้ มีความกระตือรือร้นในการทำการทดลอง นักเรียนทุกคนมีการแบ่งหน้าที่และมีส่วนร่วมตลอดการปฏิบัติกิจกรรม ดังภาพ 6





ภาพ 6 นักเรียนทำการทดลองการชุบโลหะ

### ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)

ในขั้นการสร้างความคิดนี้หลังจากทำการทดลองในขั้นนี้ยามปัญหา ให้ภายในกลุ่มระดมสมองเพื่อช่วยกันหาวิธีการออกแบบการทดลอง โดยการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ สารเคมี ขั้วไฟฟ้า ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ โดยทั้งสองกลุ่มมีการออกแบบในการศึกษาที่แตกต่างกัน

ในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนทุกคนช่วยกันแสดงความคิดเห็นและมีผู้จับบันทึก นักเรียนมีการวางแผนในการออกแบบการทดลองมากขึ้น ระบุรายการวัสดุอุปกรณ์ที่จะทำการทดลองเพื่อหาวิธีการชุบโลหะที่ดีที่สุดได้ โดยกลุ่มที่ 1 มีความสนใจในการทดลองลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ ส่วนกลุ่มที่ 2 มีความสนใจการเพิ่มลงจำนวนถ่านไฟฉายที่ให้กระแสไฟกับทำให้เกิดสีที่แตกต่างกัน

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)

ในขั้นนี้ นักเรียนดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ แล้วทำการบันทึกผล นำข้อมูลมาวางรูปแบบเพื่ออธิบายวิธีการที่จะเป็นวิธีการต้นแบบในการชุบโลหะที่ดีที่สุดของกลุ่มตนเอง

จากการสังเกตพบว่า ทั้งสองกลุ่มดำเนินการตามที่ได้ออกแบบไว้ สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ เช่น เมื่อทำการทดลองแล้วไม่ได้ผลตามที่ออกแบบไว้ก็มีการระดมความคิดแล้วเปลี่ยนแปลงการทดลองในทันที ในขั้นนี้ผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้ แนะนำว่า

...เงื่อนไขในเรื่องความคุ้มทุน อาจจะเน้นย้ำในเรื่องของการลองผิดลองถูกที่จะทำการทดลอง เนื่องจากวัสดุ คือ โลหะไทเทเนียม มีราคาค่อนข้างสูง จะทำให้นักเรียนมีการวางแผนและคิดให้รอบคอบขึ้น





ภาพ 7 การทดลองเพื่อหาวิธีการต้นแบบ " การชุบโลหะ " ของทั้งสองกลุ่ม

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานการออกแบบของกลุ่มตัวเองโดยมีครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลรับคำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำชิ้นงานมาปรับปรุงแก้ไขและนำมาทดสอบในขั้นสุดท้าย

ผู้วิจัย พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีความมั่นใจมากขึ้นในการนำเสนอผลการทดลอง และแสดงถึงวิธีการในการเลือกวิธีการของกลุ่มตนเอง และสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับแนวคิดในการสร้างต้นแบบได้ ในขั้นนี้เป็นการสร้างต้นแบบที่เป็นลักษณะของวิธีการ ดังนั้น จึงมีการประเมินชิ้นงานและการคำนวณเกี่ยวกับราคาต้นทุนด้วย

### 3. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
การจัดการเรียนรู้		
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา	สถานการณ์ปัญหาการออกแบบ	ครูควรเขียนสถานการณ์ปัญหาที่มี

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
(Empathy)	ยังขาดการสร้างสรรค์ต่อยอด ชิ้นงานจากต้นแบบวิธีการชูป โลหะที่ตัดลึกลงเลือก	เงื่อนไขให้นำสนใจมากขึ้น เพื่อให้ทีม ออกแบบได้สร้างสรรค์ชิ้นงานมากขึ้น
ขั้นที่ 2 นิยาม ปัญหา (Define)	นักเรียนสามารถนิยามปัญหา การทดลองได้แต่ยังไม่ชัดเจนนัก ในการเขียนแสดงวิธีการ	ครูควรมีข้อคำถามที่เป็นแนวทางให้ นักเรียนเขียนตอบในประเด็นนี้
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)	ในการแสดงความคิดเห็นภายใน กลุ่ม ยังมีลักษณะคล้ายตามและ มีเวลาจำกัด จึงทำให้ยังไม่ได้ ความคิดในการออกแบบที่ หลากหลาย	ครูควรช่วยในการตั้งคำถามเพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็น ของตนเองก่อน แล้วเขียนลง ความเห็นภายในกลุ่ม และมีการให้ สืบค้นข้อมูลล่วงหน้า
ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)	ในการสร้างต้นแบบเป็นการหา วิธีการที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไข นักเรียนจึงไม่สามารถสร้างสรรค์ ต้นแบบได้มากนัก	ครูควรออกแบบกิจกรรมให้มีเงื่อนไข ที่ยืดหยุ่นขึ้นกว่าการให้เสนอต้นแบบ เพียงแค่การหาวิธีการที่ดีที่สุด
ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)	ในขั้นการทดสอบยังไม่ได้มีการ ประเมินที่ชัดเจน ทำให้ตัดสิน ผลงานได้ค่อนข้างยาก นักเรียนยังนำเสนอได้ไม่น่าสนใจ และทำให้วิธีการต้นแบบดูไม่มี ความแตกต่างมากนัก	ครูควรสร้างเกณฑ์การประเมินที่ เหมาะสมกับแต่ละกิจกรรม หรือตั้ง เงื่อนไขที่ชัดเจนในการตัดสิน ครูควรให้เพิ่มเติมให้มีการนำ เทคโนโลยีมาช่วยในการนำเสนอ ผลงาน

จากตาราง 9 เป็นตารางสรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม  
กระบวนการคิดเชิงออกแบบและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขในแต่ละขั้นตอนสำหรับใช้ในวงจร



ปฏิบัติการที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยผู้วิจัยและผู้สังเกตการจัดการเรียนรู้มีความเห็นตรงกันว่า ควรปรับรูปแบบกิจกรรมและแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไปให้มีการใช้การทดลองในการทบทวนความรู้ในตอนแรก แต่ภายในระยะเวลาสั้นๆ เน้นย้ำเรื่องการนำความรู้ในเรื่องประโยชน์ของเซลล์เคมีไฟฟ้ามาใช้ให้มากที่สุด ควรมีสถานการณ์และเงื่อนไขที่ให้นักเรียนได้ออกแบบอย่างสร้างสรรค์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของสังเกตการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวว่า สถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ถึงแม้จะมีเพียงสองกลุ่มแต่ควรเน้นการออกแบบและสร้างต้นแบบที่น่าสนใจและมีความแตกต่างหลากหลายให้มากที่สุด

### วงจรปฏิบัติการที่ 3

#### 1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยนำผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้า ( Battery Cell ) เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันทดลองและผลิตแบตเตอรี่ที่ให้พลังงานไฟฟ้าสูง ใช้งานได้นาน และมีราคาประหยัดมากที่สุด เพื่อเสนอต่อบริษัทผลิตรถยนต์ไฟฟ้า

#### 2. ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง การสร้างเซลล์แบตเตอรี่ ใช้ระยะเวลา 4 ชั่วโมง ดังนี้

##### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ในขั้นนี้ครูได้นำเสนอความรู้เรื่องความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้านำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น การพัฒนาสารที่เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ ชั่วไฟฟ้า สารอิเล็กโทรไลต์และยังมีเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่อยู่ในความสนใจและมีการศึกษาพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้แหล่งกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพและเน้นการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

จากการสังเกต พบว่า หลังจากอ่านปัญหาการออกแบบแล้ว มีนักเรียน 1-2 คนที่มีความสนใจอย่างมากในการจะศึกษา และอยากจะทำแบตเตอรี่ให้ได้ในทันที

##### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ในขั้นนี้ครูได้ให้นักเรียนครูให้นักเรียนดูวิดีโอการสร้างแบตเตอรี่จากวัสดุรอบตัว จากนั้นให้นักเรียนนิยามปัญหาเกี่ยวกับการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเพื่อประกอบเป็นเซลล์แบตเตอรี่ที่จะสามารถทำให้รถของเล่นแล่นไปได้และศึกษาตามตัวอย่าง AI-Air Battery



ในขั้นนี้ พบว่า หลังจากชมวิดีโอจบนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และสอบถามเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่เราจะนำมาใช้ในการสร้างต้นแบบ ดังแสดงให้เห็นจากคำถามของนักเรียน

....ในการทดลอง AI-Air Battery เขาใช้ผงคาร์บอนในไส้กรอง น่าจะหายากเราสามารถใช้ถ่านแทนผงคาร์บอนในได้ไหมครับ

(นักเรียน, 3 มีนาคม 2563)

### ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)

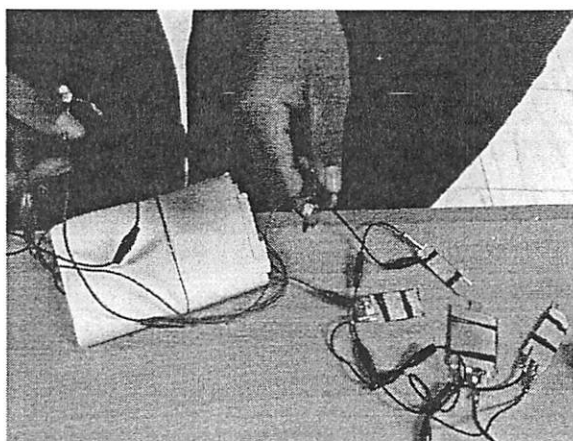
ในขั้นนี้ให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสร้างต้นแบบเซลล์แบตเตอรี่ ได้แก่ ขั้วไฟฟ้า สารอิเล็กโทรไลต์ สะพานเกลือ วัสดุประกอบเซลล์แบตเตอรี่ รูปลักษณะภายนอก ในการสร้างเซลล์แบตเตอรี่

ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนทุกคนช่วยกันภายในกลุ่มที่จะทำการทดลอง ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนจากตอนแรกที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ แต่มีการบันทึกผลใหม่ สามารถเปรียบเทียบแล้วบอกได้ว่าทำไมจึงมีการเปลี่ยนแปลงมาใช้วัสดุนี้ เช่น เลือกใช้ สังกะสีและทองแดงเป็นขั้วไฟฟ้าเคมี แทนการใช้อะลูมิเนียมและเหล็ก เนื่องจากผลการทดลองผลไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พบว่าเป็นขั้วที่ดีที่สุด และในส่วนของเซลล์ AI-Air Battery มีการใช้ผงคาร์บอนซึ่งจะต้องมีต้นทุน จึงได้ทดลองใช้ถ่าน และใช้สารอิเล็กโทรไลต์เป็นน้ำเกลือ

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)

ในขั้นนี้นักเรียนทำการสร้างต้นแบบจากแบบร่างสุดท้ายที่นักเรียนได้ในขั้นสร้างความคิด ที่ให้กระแสไฟฟ้ามากที่สุด

ในขั้นนี้ พบว่า นักเรียนดำเนินการสร้างเซลล์แบตเตอรี่ตามต้นแบบได้ สามารถอธิบายขั้นตอนกระบวนการได้ และเทคนิควิธีการที่กลุ่มของตนเองได้ค้นพบ เช่น จะต้องทำให้ผงถ่านเปียกจนจับตัวแข็ง ควรอัดเซลล์ทั้งหมดให้แน่นที่สุด และในขั้นนี้พบว่า นักเรียนเกิดแนวคิดเองภายในกลุ่มที่จะปรับปรุงให้เซลล์มีขนาดเล็กลงให้ใกล้เคียงกับเซลล์ในปัจจุบัน ซึ่งนักเรียนก็สามารถทำได้สำเร็จ ดังภาพ 8



ภาพ 8 การทดสอบ Battery cell

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ( Test )

ในขั้นนี้ทำการทดลองวัดกระแสไฟฟ้าเปรียบเทียบกันทั้งสองกลุ่มเพื่อหาเซลล์แบตเตอรี่ที่ดีที่สุดและนำมาทดสอบกับรถของเล่น

ในขั้นนี้สังเกต พบว่า นักเรียนนำเซลล์ต้นแบบชิ้นแรกที่มีขนาดใหญ่มาทดสอบเปรียบเทียบกับเซลล์ขนาดเล็กที่สร้างได้ และมีการทดสอบว่าเซลล์จำนวน 5-10 เซลล์ของทั้งสองกลุ่มยังให้กระแสไฟฟ้ายังไม่เพียงพอที่จะทำให้รถวิ่ง แต่ได้นำมาทดสอบกับหลอด LED เช่นเดียวกับการทดลองผลไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งนักเรียนแสดงความดีใจมากที่หลอด LED มีความสว่างมากและอยู่ได้นาน มีนักเรียนที่เกิดแนวคิดขึ้นว่า น่าจะนำไปช่วยได้ในการออกแบบโฮมสเตย์ของชุมชนในสถานการณ์ปัญหาที่ 1 และเนื่องจากในการทดสอบไม่สามารถทำให้รถแล่นได้ นักเรียนจึงให้นักเรียนทำการคำนวณหาจำนวนเซลล์ที่เพียงพอในการเป็นแหล่งพลังงานให้รถสามารถเคลื่อนที่ไปได้ ผลคือ ประมาณ 60 เซลล์ ซึ่งเป็นจำนวนค่อนข้างมาก โดยมีนักเรียนที่เกิดความสนใจอยากศึกษาต่อว่าในถ่านไฟฉายที่เรานำมาใส่ในรถของเล่นมีการออกแบบและทำอย่างไร

..ผมจะทดลองผ่าและแกะถ่านไฟฉายดูเพิ่มเติม แล้วก็นำข้อมูลที่ได้มาคิดว่าจะสามารถปรับปรุงเซลล์ของกลุ่มที่สร้างขึ้นอย่างไร

(นักเรียน, 3 มีนาคม 2563)

### 3. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ( Reflect )

ผู้วิจัยได้สรุปปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงปัญหาที่พบในชั้นเรียนและแนวทางการปรับปรุงในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)	สถานการณ์ปัญหายังขาดความต้องการที่เน้นการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าที่จะประเมินจากราคาจริงของวัสดุ	ครูควรเขียนเงื่อนไขให้ครอบคลุมและเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน ให้ง่ายต่อการออกแบบและประเมิน
ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)	นักเรียนบางคนยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการสร้างแบตเตอรี่ที่สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้	ครูควรหาวิดีโอเพิ่มเติมเกี่ยวกับรถที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน เพื่อให้นักเรียนเห็นตัวอย่างการใช้จริง
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)	นักเรียนมีการระดมความคิดมากขึ้น แต่ไม่มีการลงข้อสรุปหรือบันทึกแนวคิดของสมาชิกลงเป็นลายลักษณ์อักษร	ครูควรเน้นให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรมให้มากที่สุด
	ยังมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับส่วนประกอบของเซลล์แบตเตอรี่	ครูและนักเรียนควรมีการอภิปรายและซักถามสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทดลอง และสิ่งใดที่นักเรียนจะนำไปออกแบบเพื่อสร้างต้นแบบบ้าง
	นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมากในการสืบค้นข้อมูลเพื่อมาสร้างต้นแบบ	ครูควรให้นักเรียนทำการศึกษาล่วงหน้าเกี่ยวกับการสร้างความคิดต้นแบบ
ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)	ในการสร้างต้นแบบพบข้อจำกัดในการหาวัสดุที่จะทำการสร้างต้นแบบ	ครูควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ให้พร้อม และให้นักเรียนสามารถนำวัสดุอุปกรณ์ที่สนใจมาศึกษาได้
ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)	ยังไม่มีเมื่อนำเสนอต้นแบบในลักษณะที่เป็นรูปแบบที่ทำให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปทดลองต่อได้	ครูควรให้นักเรียนเพิ่มเติมในการออกแบบเป็นลักษณะโมเดลจำลองที่มีคู่มือและการอธิบายวิธีการทำและส่วนประกอบที่ชัดเจน



จากการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่องเคมีไฟฟ้า ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ดังต่อไปนี้

**ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1** พบว่า นักเรียนให้ความสนใจในการศึกษาปัญหาการออกแบบ (Design challenges) แต่เนื่องจากมีบริบทอื่นๆ มากเกินความจำเป็น จึงทำให้นักเรียนไม่เข้าใจเป้าหมายในการออกแบบชิ้นงานให้ตอบสนองต่อความต้องการผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงปัญหาการออกแบบให้มีระดับเหมาะสมในการทำทำความเข้าใจและตีความปัญหามากขึ้นในวงจรปฏิบัติการต่อมา นอกจากนี้ นักเรียนไม่เข้าใจรูปแบบการเขียนตอบใบกิจกรรม ผู้วิจัยจึงอธิบายและยกตัวอย่างการเขียนตอบใบกิจกรรมให้นักเรียนเข้าใจ มีการปรับปรุงส่วนของใบกิจกรรมให้ชัดเจน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่าเป้าหมายในการให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานมีข้อจำกัดเกินไปทำให้นักเรียนสร้างความคิดสร้างสรรค์ได้ไม่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงปรับปรุงในการสร้างปัญหาการออกแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ซึ่งพบว่าในวงจรนี้ นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถเขียนระบุปัญหาและความต้องการจากปัญหาการออกแบบได้

**ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1** พบว่านักเรียนยังนิยามปัญหาไปสู่การออกแบบการทดลองเคมีไม่ได้ ผู้วิจัยจึงมีการแก้ปัญหาโดยการทบทวนความรู้เดิมและยกตัวอย่างวิดีโอการทดลองที่ศึกษาเกี่ยวกับเซลล์เคมีไฟฟ้าและให้มีการอธิบายและแสดงความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อวิเคราะห์ประเด็นปัญหา ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 พบว่าเมื่อทำความเข้าใจปัญหาการออกแบบแล้ว นักเรียนสามารถนิยามปัญหาโดยระบุปัญหาที่องค์ความรู้ที่ใช้ออกแบบการทดลองเพื่อทำการศึกษาค้นคว้าได้ดียิ่งขึ้นจนกระทั่งได้ประเด็นปัญหาที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงาน

**ขั้นที่ 3 สร้างความคิด (Ideate) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1** นักเรียนบางคนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่ม ทำให้ยังไม่ได้ความคิดในการออกแบบที่หลากหลาย และยังไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของการสร้างแนวคิดในการออกแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จึงมีการเพิ่มเติมการระดมความคิดของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม นอกจากนี้ นักเรียนบางคนยังมีปัญหาในการใช้เครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในการทำการทดลอง ผู้วิจัยจึงฝึกการใช้เครื่องมือและเน้นทักษะกระบวนการทดลองวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการระดมความคิดช่วยกันจัดกลุ่มความคิดลำดับความสำคัญและคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดเพื่อทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ บันทึกผลการทดลอง นำข้อมูลมาพิจารณานำไปสู่การสร้างชิ้นงานต้นแบบได้

ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ (Prototype) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนค่อนข้างใช้เวลาในการสร้างต้นแบบ ผู้วิจัยจึงแจ้งกำหนดเวลาให้ชัดเจน มีการควบคุมด้านระยะเวลา ในวงจรนี้มีการกำหนดวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานให้ นักเรียนจึงไม่ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้นักเรียนไม่ได้ออกแบบชิ้นงานตามเกณฑ์การให้คะแนน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยมีการอธิบายเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานร่วมกันอย่างละเอียดและเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานตามเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดสำหรับวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีการวางแผนและสามารถสร้างชิ้นงานต้นแบบได้ภายในระยะเวลา นักเรียนกล้าที่จะออกแบบพัฒนาชิ้นงานให้แตกต่างและทำการทดสอบเปรียบเทียบได้ พบว่านักเรียนมีการนำองค์ความรู้ที่ได้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 มาใช้ในการสร้าง เช่น การเลือกใช้ขั้วไฟฟ้าทองแดง-สังกะสีที่ได้ผลการทดลองว่าดีที่สุดในกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และนำแนวคิดจากการประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ใกล้ตัวจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาใช้ในการสร้างเซลล์แบตเตอรี่ นอกจากนี้นักเรียนยังแสดงความสามารถในการสร้างสรรค์หลังจากการสร้างต้นแบบเริ่มต้นโดยทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซลล์แบตเตอรี่ที่มีขนาดต่างกัน แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 1

ขั้นที่ 5 ทดสอบ (Test) ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลังการทดสอบ เนื่องจากเวลาที่จำกัด ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการต่อมาจึงให้นักเรียนได้นำเสนอผลงาน โดยมีครูและเพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันสะท้อนผล ให้ความเวลาในการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงชิ้นงานให้ดีที่สุด ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ในขั้นนี้นักเรียนมีความกล้าที่จะนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงาน อธิบายถึงองค์ความรู้ที่นำมาประยุกต์ใช้ได้ และมีนักเรียน 1-2 คน ที่นำเสนอความคิดเพิ่มเติมที่จะทดลองต่อยอดชิ้นงานต่อไป ดังภาพ 9





ภาพ 9 ขณะทำการทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานต้นแบบ

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า

จากการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบผู้วิจัยได้ทำการประเมินระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง
2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกัน



5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุนายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด หลังจากการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

โดยเมื่อทำการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตามเกณฑ์รูบริคส์ จากแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถสรุปผลคะแนนการประเมินเฉลี่ยใน 3 วงจรปฏิบัติการ ได้ดังตาราง 11

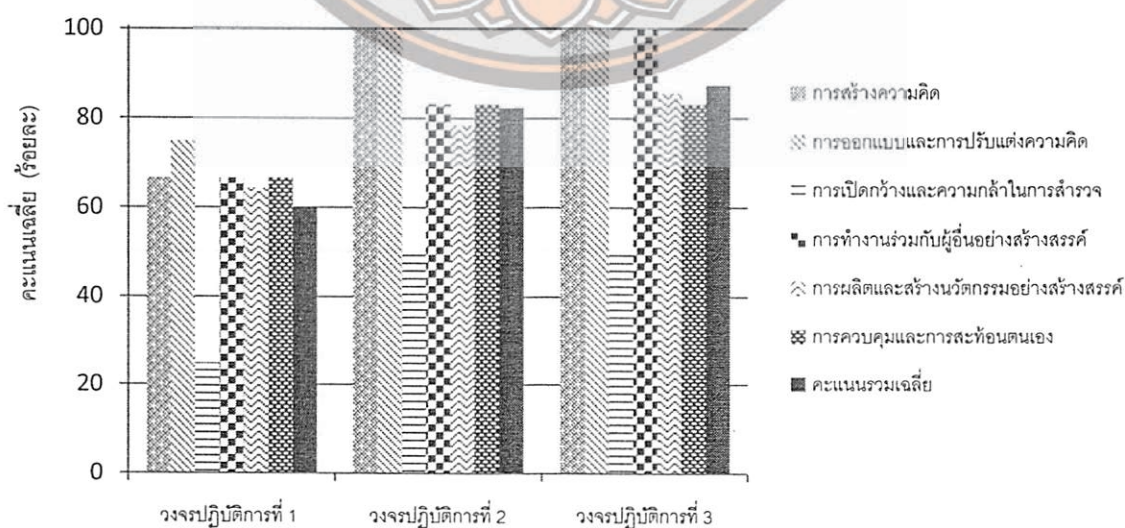
ตาราง 11 แสดงคะแนนการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมหลัก

พฤติกรรม	กลุ่ม 1			กลุ่ม 2			เฉลี่ย		
	วงจรที่			วงจรที่			วงจรที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	2	3	3	2	3	3	2	3	3
							(66.67%)	(100%)	(100%)
2. การออกแบบและการ ปรับแต่งความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	1	2	2	2	2	2	1.5	2	2
							(75%)	(100%)	(100%)
3. การเปิดกว้างและความ กล้าในการสำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	0	1	1	1	1	1	0.5	1	1
							(25%)	(50%)	(50%)
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่น	2	2	3	2	3	3	2	2.5	3

ตาราง 11 (ต่อ)

พฤติกรรม	กลุ่ม 1			กลุ่ม 2			เฉลี่ย		
	วงจรที่			วงจรที่			วงจรที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
อย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)							(66.67%)	(83.33%)	(100%)
5. การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)	4	5	6	5	6	6	4.5	5.5	6
							(64.29%)	(78.57%)	(85.71%)
6. การควบคุมและการ สะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	1	2	2	2	3	3	1.5	2.5	2.5
							(66.67%)	(83.33%)	(83.33%)
รวม (20 คะแนน)	10	15	17	14	18	18	12	16.5	17.5
							(60%)	(82.50%)	(87.50%)

จากการศึกษาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ จะเห็นแนวโน้มการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังภาพ 10



ภาพ 10 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรายพฤติกรรมของ  
ความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

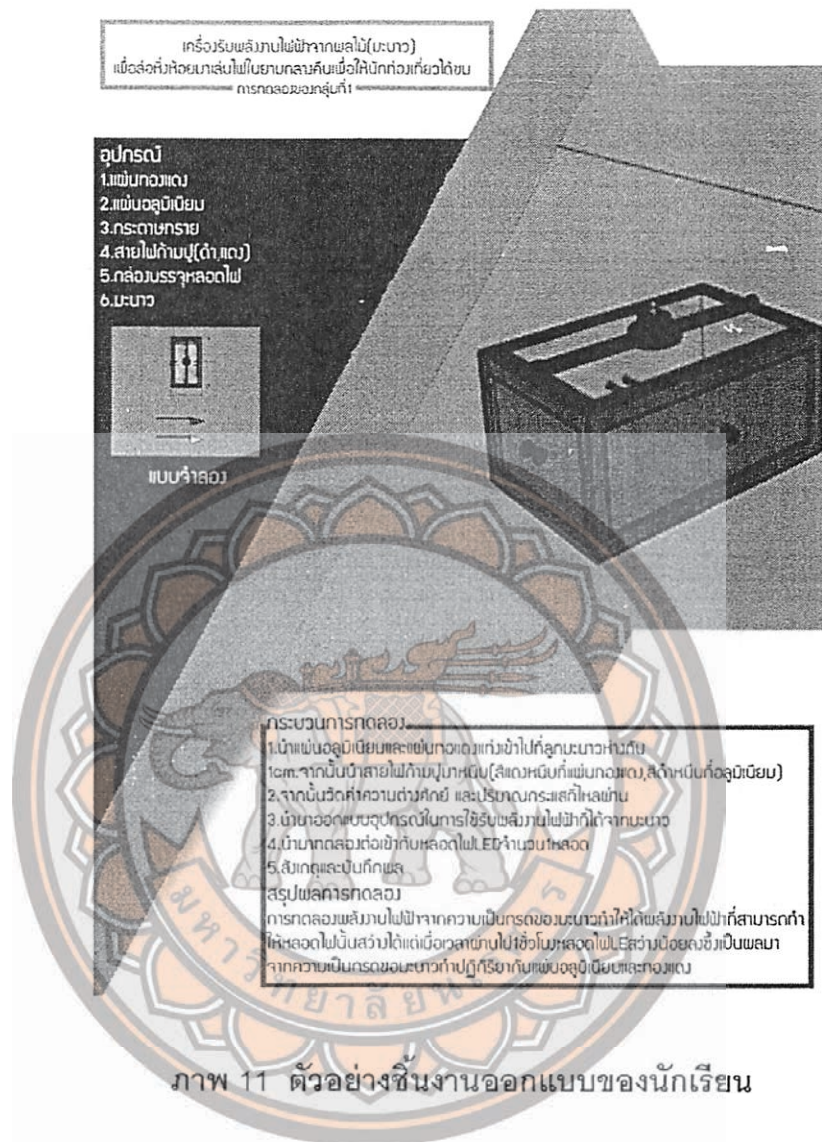
จากภาพ 10 แสดงแนวโน้มในแต่ละวงจรที่มีคะแนนในทุกพฤติกรรมเพิ่มขึ้นตามวงจร ปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนการประเมินชิ้นงานหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพบว่า

นอกจากแหล่งข้อมูลที่ได้มาจากการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากใบกิจกรรมระดับพฤติกรรมในระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินชิ้นงาน ต้นแบบหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการ ด้วยการใช้แบบประเมินชิ้นงาน และเมื่อพิจารณาผลการประเมินชิ้นงานที่สอดคล้องกับพฤติกรรมทั้ง 6 ที่แสดงถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า

1. การประเมินชิ้นงานด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการสร้างความคิด พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังไม่คำนึงถึงการนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาใช้ และนำมาใช้ได้ถูกต้องเพียง 1-2 องค์ความรู้เท่านั้นในการออกแบบ เมื่อมีการเน้นย้ำและมีการกำหนดให้นักเรียนออกแบบการทดลองให้ชัดเจนขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนจึงคำนึงถึงการใช้องค์ความรู้เคมีไฟฟ้ามากขึ้นในสร้างความคิดมีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ มีการระบุนั่นใจ และสามารถทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิด

2. การประเมินชิ้นงานด้านผลงาน ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการออกแบบและการปรับแต่งความคิด พบว่า นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการได้เป็นส่วนใหญ่ และพัฒนาได้ครบถ้วน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานออกแบบของนักเรียนที่มีการพัฒนาต่อ ดังภาพ 11





3. การประเมินชิ้นงานด้านความคิดสร้างสรรค์ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเปิดกว้าง และความกล้าในการสำรวจ พบว่า ในการสร้างต้นแบบนักเรียนยังมีการสร้างจากตัวอย่างที่นักเรียนสนใจ นักเรียนยังไม่กล้าที่จะสร้างหรือทำให้แตกต่างมากนัก

4. การประเมินชิ้นงานด้านการทำงานเป็นทีม ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์พบว่าเนื่องจากในทุกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม มีการระดมสมอง การสร้างความคิด ออกแบบและร่วมกันสร้างต้นแบบ นักเรียนทุกคนมีความคุ้นเคยกัน ทำให้ช่วยเหลือกันและรับความคิดเห็นของทุกคน ดังภาพ 12



ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการทำงานร่วมกันของนักเรียน

5. การประเมินชิ้นงานด้านการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรม การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์พบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ในทุกขั้นของ การจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนจะยังค้างงถึงการสร้างต้นแบบให้ได้มากกว่าการที่จะสะท้อนการ ประยุกต์ใช้ความรู้และชิ้นงานยังไม่ได้แสดงถึงการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคล ตามบริบทของปัญหามากนัก

6. การประเมินชิ้นงานด้านการนำเสนอ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการควบคุมและการ สะท้อนตนเองพบว่า ในขั้นนี้นักเรียนได้พัฒนาขึ้นตามลำดับเนื่องจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น ได้ปรึกษาจนได้ข้อสรุป และเกิดความมั่นใจในการออกแบบและสร้าง ต้นแบบ จึงกล้านำเสนอแนวคิดของตนเองมากขึ้น ดังภาพ 13



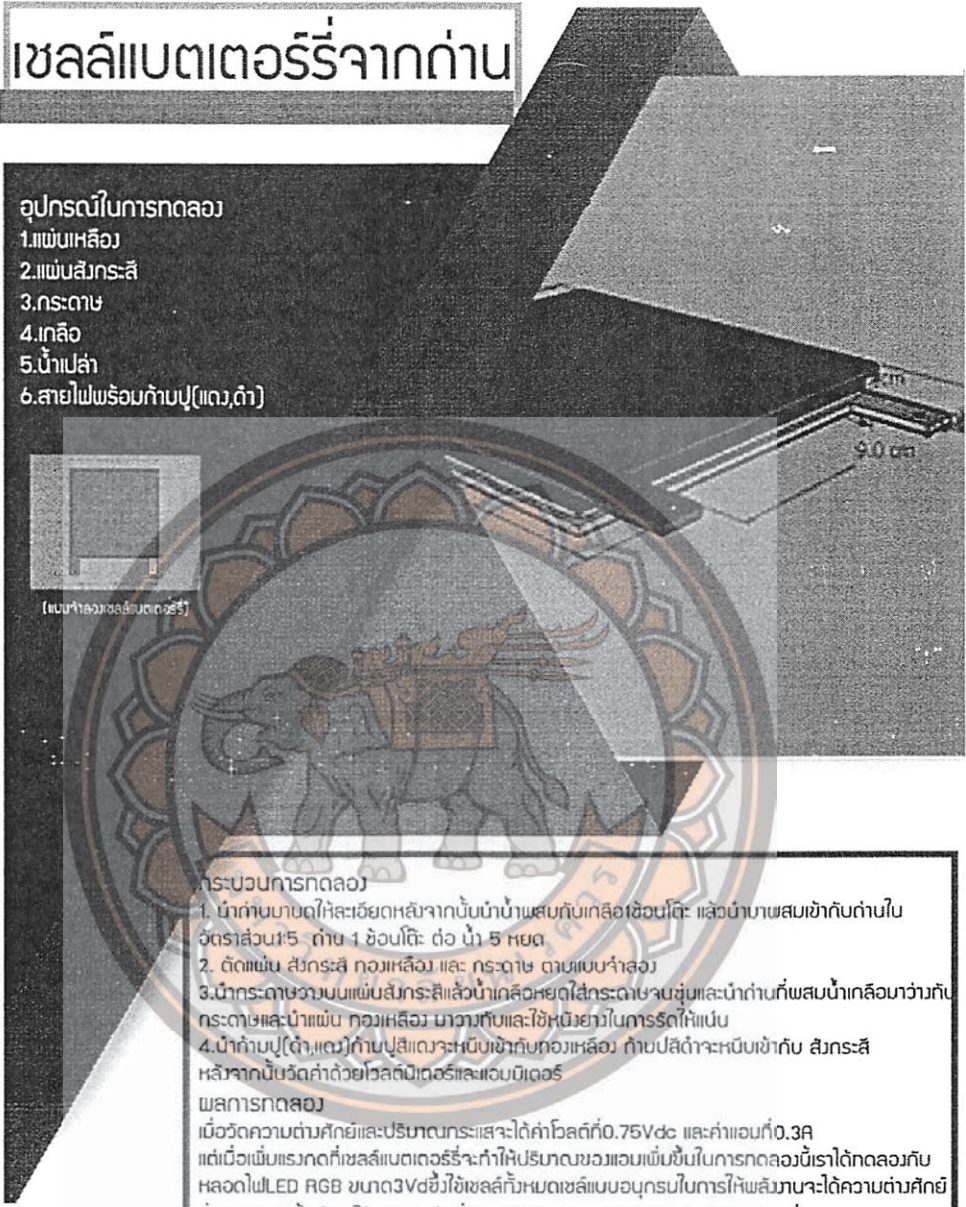
# เซลล์แบตเตอรี่จากถ่าน

## อุปกรณ์ในการทดลอง

- 1.แผ่นเหล็ก
- 2.แผ่นสังกะสี
- 3.กระดาษ
- 4.เกลือ
- 5.น้ำเปล่า
- 6.สายไฟพร้อมก้านปู(แดง,ดำ)



[แบบจำลองของเซลล์แบตเตอรี่]



## กระบวนการทดลอง

1. นำถ่านขนาดให้ละเอียดหั่นจากบับน้ำยาผสมกับเกลือเช็ดให้แห้ง แล้วนำมาผสมเข้ากับถ่านในอัตราส่วน 1:5 ถ่าน 1 ช้อนโต๊ะ ต่อ น้ำ 5 หยด
2. ตัดแผ่น สังกะสี กว้างเกลือ และ กระดาษ ตามแบบจำลอง
3. นำกระดาษวางบนแผ่นสังกะสี แล้วนำเกลือหยดใส่กระดาษขุ่น และนำถ่านที่ผสมน้ำเกลือมาวางกับกระดาษและน้ำเกลือ กว้างเกลือ มาวางทับและใช้หมัวยาวในการรีดให้แผ่น
4. นำก้านปู(ดำ,แดง)ก้านปูสีและจะหนีบเข้ากับกวงเกลือ ก้านปัดดำจะหนีบเข้ากับ สังกะสี

## ผลการทดลอง

เมื่อวัดความต่างศักย์และปริมาณกระแสจะได้ค่าโวลต์ที่ 0.75Vdc และค่าแอมป์ 0.3A แต่เมื่อเพิ่มแรงกดที่เซลล์แบตเตอรี่จะทำให้ปริมาณของแอมป์เพิ่มขึ้นในการทดลองนี้เราได้ทดลองกับหลอดไฟ LED RGB ขนาด 3Vdc ซึ่งใช้เซลล์ทั้งหมดเซลล์แบบอนุกรมในการให้พลังงานจะได้ความต่างศักย์ที่ 3Vdc ดังนั้นถ้าจะให้หลอดของเล่นที่ความต่างศักย์ 4.5Vdc และปริมาณกระแสที่ 3A จะต้องใช้เซลล์ทั้งหมด 60 เซลล์ในการให้พลังงานเพื่อให้หลอดขับเคลื่อน

ภาพ 13 การนำเสนอผลงานในวงจรมหกรรมปีที่ 3



## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

#### สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการการคิดเชิงออกแบบในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่องเคมีไฟฟ้า ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

#### ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา (Empathy)

ในขั้นนี้นักเรียนควรศึกษาปัญหาการออกแบบ (Design challenges) บทสัมภาษณ์และคำชี้แจงที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ให้เกิดความเข้าใจ โดยสมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาและคำชี้แจงให้เข้าใจ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม Empathy Activity ที่ครูแจกให้ในการกำหนดสถานการณ์ ต้องใช้คำที่มีความสั้น กระชับ เข้าใจง่าย นักเรียนทุกคนสามารถอ่านแล้วแปลความหมายได้ตรงกัน มีการกำหนดเงื่อนไขชัดเจนเพื่อสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน โดยที่สถานการณ์ต้องมีความเหมาะสมกับนักเรียน นักเรียนจะได้วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ และต้องสามารถระบุความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ข้อกำหนดและข้อจำกัดต่างๆ ของสถานการณ์ได้สอดคล้องกับ จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2561) ที่กล่าวว่า ในการระบุปัญหาต้องสร้างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียนและสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา ซึ่งสถานการณ์ที่

กำหนดขึ้นนั้นจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหา

### ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)

ในขั้นนี้ครูต้องสร้างความตระหนัก แรงจูงใจ และทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของปัญหาหรือความต้องการที่นักเรียนกำลังจะพบเจอในสถานการณ์ ไม่ว่าจะใช้วิดีโอในการนำเสนอเข้าสู่สถานการณ์ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่ง เพราะสามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดีหรือจะเป็นวิธีอื่นก็ได้ นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลที่ได้ โดยให้นักเรียนเขียนข้อมูลลงบนกระดาษโน้ต (Post-it) หลังจากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแสดงความคิดเห็น เพื่อวิเคราะห์ประเด็นปัญหาที่เลือกมานั้นต้องนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ (สถาบันการศึกษานอกแบบแห่งสแตนฟอร์ด (The Stanford d.school Bootcamp Bootleg, 2010) ที่กล่าวว่า การนิยามปัญหาเป็นการสังเคราะห์ข้อค้นพบในการเข้าใจผู้อื่นอย่างลึกซึ้ง โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกของบุคคล และเพื่อจัดการกับสถานการณ์ปัญหาที่สามารถลงมือปฏิบัติได้

### ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวทางการสร้างชิ้นงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย แล้วช่วยกันจัดกลุ่มความคิดลำดับความสำคัญ และคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด รวมถึงประยุกต์ใช้องค์ความรู้ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ในการสร้างชิ้นงาน หลังจากนั้นครูแจ้งเกณฑ์การประเมินชิ้นงานให้นักเรียนทราบ แล้วให้นักเรียนร่วมกันวางแผนเตรียมอุปกรณ์สำหรับการสร้างต้นแบบในขั้นตอนถัดไป ในขั้นนี้ควรมีการให้นักเรียนศึกษาและหาข้อมูลล่วงหน้า และหลังจากการทำกรทดลอง แล้วนำนักเรียนควรมีเวลาในการนำข้อมูลมาออกแบบที่จะสร้างต้นแบบ สอดคล้องกับ (สถาบันการศึกษานอกแบบแห่งสแตนฟอร์ด (The Stanford d.school Bootcamp Bootleg, 2010) ที่กล่าวว่า เป้าหมายของการสร้างความคิด คือ การสำรวจวิธีการคิดแก้ปัญหาให้ได้จำนวนมากและมีความหลากหลาย ซึ่งการสร้างความคิดนั้นเปรียบเสมือนเชื้อเพลิงสำหรับการสร้างต้นแบบและขับเคลื่อนการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม

### ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)

นักเรียนทำการทดลองและสร้างต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นนี้ต้นแบบที่นำมาสร้างควรเป็นต้นแบบที่ผ่านการคัดเลือกว่าดีที่สุดจากทุกแบบ โดยมีเหตุผลและแนวคิดเรื่องเคมีไฟฟ้า เป็นหลัก เพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ในขั้นนี้ควรเน้นย้ำให้นักเรียนมีการสร้างต้นแบบให้ตรงตามแบบที่เลือกมาก่อน เพื่อให้นักเรียนนำต้นแบบนั้นไปทดสอบแล้วจึงควร

ปรับแก้หลังการทดสอบอีกครั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wen-Haw Chen (2013) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้เรียนวิธีการทำความเข้าใจปัญหาที่ครูกำหนดให้และนำความรู้ที่เรียนไปลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาจะช่วยให้นักเรียนสามารถบูรณาการและประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนได้อย่างดี

#### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)

นักเรียนทำการทดสอบต้นแบบ แล้วนำเสนอผลงาน โดยมีครูและเพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันสะท้อนผล เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงชิ้นงานหรือกระบวนการ จนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ดีและมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกันในขั้นนี้ควรมีการให้คำแนะนำ และนักเรียนต้องบันทึกผลการทดสอบและมีการอภิปรายร่วมกัน เพื่อปรับปรุงต้นแบบต่อ และควรให้นักเรียนมีการสร้างต้นแบบนั้นเป็นโมเดลที่เป็นรูปธรรมที่สุด สอดคล้องกับ Morgan Capraro, 2013 ที่กล่าวว่าในขั้นนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน และสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมิไฟฟ้า**

หลังจากการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน แบบโดยดูทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก คือ 1) การสร้างความคิด 2) การออกแบบและการปรับแต่งความคิด 3) การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ 4) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ 5) การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ 6) การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ผลการวิเคราะห์คะแนน พบว่า มีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกพฤติกรรมที่กำหนด และมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมสอดคล้องกับ วิจารย์ พานิช (2556) ที่กล่าวว่า การจะเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ต้องใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ซึ่งการประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม สอดคล้องกับคะแนนการประเมินชิ้นงานหลังการจัดการเรียนรู้ ที่พบว่า นักเรียนความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังนี้



1. การประเมินชิ้นงานด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการสร้างความคิด พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังไม่คำนึงถึงการนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาใช้ และนำมาใช้ได้ถูกต้องเพียง 1 - 2 องค์ความรู้เท่านั้นในการออกแบบ เมื่อมีการเน้นย้ำและมีการกำหนดให้นักเรียนออกแบบการทดลองให้ชัดเจนขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนจึงคำนึงถึงการใช้องค์ความรู้เคมีไฟฟ้ามากขึ้นในสร้างความคิดมีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ มีการระบุเงื่อนไข และสามารถทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธงชัย พรหมเลิศ และชาญณรงค์ เฮียงราช (2557) ที่กล่าวว่า การใช้เทคนิคและระดมสมองเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนได้ระดมความคิดแสดงความคิดเห็นและให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาให้มากที่สุดโดยนำเสนอได้อย่างเสรีส่งผลให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การประเมินชิ้นงานด้านผลงาน ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการออกแบบและการปรับแต่งความคิด พบว่า นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการได้เป็นส่วนใหญ่ และพัฒนาได้ครบถ้วน สอดคล้องกับ Capraro & Capraro (2013) การที่นักเรียนมีการสร้างชิ้นงานนั้นเปรียบเสมือนการนำหลักการหรือทฤษฎีมาสู่การปฏิบัติจริงส่งเสริมให้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ

3. การประเมินชิ้นงานด้านความคิดสร้างสรรค์ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ พบว่า ในการสร้างต้นแบบนักเรียนยังมีการสร้างจากตัวอย่างที่นักเรียนสนใจ นักเรียนยังไม่กล้าที่จะสร้างหรือทำให้แตกต่างมากนัก ดังที่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวว่า " โดยทั่วไปการสร้างสรรคชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาได้ "

4. การประเมินชิ้นงานด้านการทำงานเป็นทีม ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์พบว่าเนื่องจากในทุกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม มีการระดมสมอง การสร้างความคิด ออกแบบและร่วมกันสร้างต้นแบบ นักเรียนทุกคนมีความคุ้นเคยกัน ทำให้ช่วยเหลือกันและรับความคิดเห็นของทุกคนสอดคล้องกับงานวิจัยของภัสสร ติตมา (2558) ที่พบว่า เมื่อให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อสร้างชิ้นงานที่ยังช่วยส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ได้คือสามารถสื่อสารมุมมองใหม่กับผู้อื่น อยู่เสมอเปิดใจรับและสนองต่อมุมมองใหม่ๆ เพื่อนำไปประยุกต์และเข้าใจข้อจำกัดของโลก การเรียนรู้เข้าใจ วัฏจักรของความล้มเหลวเล็กๆ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อยๆ จะนำไปสู่การสร้างสรรคและนวัตกรรม

5. การประเมินชิ้นงานด้านการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรม การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์พบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ในทุกขั้นของ การจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนจะยังคำนึงถึงการสร้างต้นแบบให้ได้มากกว่าการที่จะสะท้อนการ ประยุกต์ใช้ความรู้และชิ้นงานยังไม่ได้แสดงถึงการออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของบุคคล ตามบริบทของปัญหามากนัก สอดคล้องกับ Flavell (1976) ให้นิยามความต้องการในกระบวนการ หรือความตระหนักในการรู้คิดว่าเป็นความสามารถในการรู้สิ่งที่ตนเองรู้ในกระบวนการคิดเชิง ออกแบบนั้นผู้ปฏิบัติจะต้องทราบถึงกระบวนการและเป้าหมายที่จะเดินต่อไปข้างหน้าความ ตระหนักในกระบวนการไม่เพียงแต่พิจารณาในสิ่งที่ทำอยู่เท่านั้น แต่ยังพิจารณาถึงวิธีการทำงาน รวมถึงการปรับปรุงวิธีการที่ได้นำมาใช้ด้วย

6. การประเมินชิ้นงานด้านการนำเสนอ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการควบคุมและการ สะท้อนตนเองพบว่า ในขั้นนี้นักเรียนได้พัฒนาขึ้นตามลำดับเนื่องจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น ได้ปรึกษาจนได้ข้อสรุป และเกิดความมั่นใจในการออกแบบและสร้าง ต้นแบบ จึงกล้านำเสนอแนวคิดของตนเองมากขึ้นจาก Brophy et al. (2008) ได้กล่าวว่า การให้ นักเรียนได้ทำการตรวจสอบและประเมินการออกแบบและชิ้นงานของตนเองมีการซ่อมแซม ปรับปรุงหรือทำซ้ำจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นรวมถึงประสิทธิภาพของวิธีแก้ปัญหาว่าเป็นไปตามที่วางแผนไว้หรือไม่

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1. ปัญหาการออกแบบที่สร้างขึ้นต้องมีการประยุกต์ใช้ความรู้ มีความท้าทายและ น่าสนใจ เหมาะสมกับระดับของนักเรียน สัมพันธ์ต่อเนื้อหาบทสนทนาของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และมี คำชี้แจงที่ชัดเจนเข้าใจได้
2. ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ต้องการให้นักเรียนออกแบบควรมีขนาดหรือภาระงานที่ เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้
3. ในขั้นสร้างความคิดควรให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องล่วงหน้า เพื่อให้ การระดมสมองมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่นำไปสู่การสร้างชิ้นงานต้นแบบได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

#### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบร่วมกับการ จัดการเรียนรู้อื่นๆ เช่น การให้ปัญหาเป็นฐานหรือการใช้บริบทเป็นฐาน

2. ควรศึกษาการพัฒนาทักษะในด้านอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นต้น







## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551(ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560). กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2554).แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลาง 2551.กรุงเทพฯ:ชุมนุมสหกรณ์เกษตรแห่งประเทศไทย
- จัญญพงษ์ชลสินธุ์.(2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์. วารสารศึกษาศาสตร์.มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(2), 32-46.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). ความคิดสร้างสรรค์.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชวลิต ชูกำแพง. (2551). การประเมินการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เดือนตุลา.
- ชาติรี ฝ่ายคาตาและคณะ. (2559). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.)จำกัด
- ทศนา เขมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 18 ). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุริยาสาส์น.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพะเยาว์วินดีสุข. (2558). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พันธ์ยุทธ น้อยพินิจ. (2559). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ภาคตัดกรวย ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21.วารสารนักบริหาร (Executive Journal), 33(2), 49-56
- วัชรวิ นวลผ่อง. (2553).การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้เรื่องงานประดิษฐ์จากภูมิปัญญาไทยวิชาการประดิษฐ์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,มหาสารคาม

- วิจารณ์ พานิช. (2555) **วิธีการสร้างความรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: ตกาพับลิเคชั่น
- ศรายุทธ ชาญนครและคณะ. (2558). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องบรรยากาศด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2557). **ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา**. กรุงเทพฯ:สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.(2557). **เคมีเล่ม 3 (พิมพ์ครั้งที่ 6)**. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริมสวัสดิการ
- สิรินภา กิจเกื้อกูล.(2557).**การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สหสาหรับครูศตวรรษที่ 21**. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). **สะเต็มศึกษา(ตอนที่ 2): การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน**. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร,17(3),154-160
- อารี พันธุ์มณี. (2557). **ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). **สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา**. สมาคมครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 19 (มกราคม-ธันวาคม), 15-18.
- Catalina Foothills School District ; CFSD (2018).**Creativity and Innovation Rubric Grades 9-12**. Retrieved December 14, 2019  
from :[https://www.cfsd16.org/application/files/4715/2989/2859/K-12\\_CREATIVITY-INNOVATION\\_2018.pdf](https://www.cfsd16.org/application/files/4715/2989/2859/K-12_CREATIVITY-INNOVATION_2018.pdf)
- Chen, WH.(2013). **Applying Problem-Based Learning Model and Creative Design to Conic Sections Teaching**. *International Journal of Education and Information Technologies*, 3(3), 73-80
- Householder,D.L. and Hailey,C.E.(2012).**Incorporating engineering design challenges into STEM courses**.Retrieved April 28,2016,  
from : [http://digitalcommons.usu.edu/ncete\\_publication/166](http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publication/166)





### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 4 ( ว30210 )

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เคมีไฟฟ้า เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า

เวลา 4 ชั่วโมง

ชื่อผู้สอน นางสาวชนิกานต์ กลิ่นอาจ

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

#### 1. ผลการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้ที่ 5 ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าและเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีที่แอโนดและแคโทดปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์

ผลการเรียนรู้ที่ 7 อธิบายหลักการทำงาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิ และเซลล์ทุติยภูมิ

#### 2. สาระสำคัญ

เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์โวลตาอิก เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าเกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากันในเซลล์ แล้วเกิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมากขึ้น โดยทั่วไปเซลล์กัลวานิกจะประกอบด้วยครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์มาต่อกัน และเชื่อมให้ครบวงจรด้วยสะพานเกลือที่ต่อไว้ในสารละลายในแต่ละครึ่งเซลล์เช่น ถ่านไฟฉายเซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน แบตเตอรี่

การสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีจะต้องมีบริเวณที่ขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์สัมผัสกันที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 ชนิด เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ง่ายที่สุด จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ขั้ว และอิเล็กโทรไลต์ 1 ชนิด

เซลล์ปฐมภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้หมดแล้วจะไม่สามารถนำมาอัดไฟและนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เซลล์ทุติยภูมิเป็นเซลล์กัลวานิกที่ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์เกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้อีก โดยการอัดไฟเข้าไปใหม่

#### 3. สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

เซลล์เคมีไฟฟ้าประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าและอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งอาจเชื่อมต่อแต่ละครึ่งเซลล์ด้วยสะพานเกลือหรือเยื่อ โดยขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า แอโนด และขั้วไฟฟ้า

ที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันเรียกว่า แคโทด เซลล์เคมีไฟฟ้า สามารถเขียนแสดงได้ด้วยแผนภาพเซลล์

เซลล์เคมีไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในชีวิตประจำวัน เช่น แบตเตอรี่ ซึ่งมีทั้งเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิ โดยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ปฐมภูมิไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟจึงไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ อีก ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ทุติยภูมิสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้โดยการประจุไฟจึงนำกลับมาใช้ได้

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### ด้านความรู้

นักเรียนนำความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนดให้ได้

##### ด้านทักษะและกระบวนการ

นักเรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมในการออกแบบที่ครูกำหนดให้ ผ่านการสร้างชิ้นงานที่ประยุกต์ใช้ ความรู้เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า

##### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้เรื่องเซลล์เคมีไฟฟ้ากับการนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง

#### 5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ( Design Thinking )

##### ➤ ชี้นำเข้าสู่บทเรียน( 20 นาที )

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์ให้นักเรียนทราบว่า จะใช้ความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า ที่ได้เรียนมาในการสร้างชิ้นงาน
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เกี่ยวกับหลักการและองค์ประกอบของ เซลล์เคมีไฟฟ้าจากข่าว คลิปทดลองแดงโมซาร์จโทรศัพพ์ได้ (19 มิ.ค. 58)





คลิปทดลอง : คลิปทดลองแต่งโมบายจวโทรศัพท์ได้ (19 มี.ค. 58)

วันที่ 4/3/2015

ดู 2.1K ครั้ง

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=x46oLbWpfZ4>

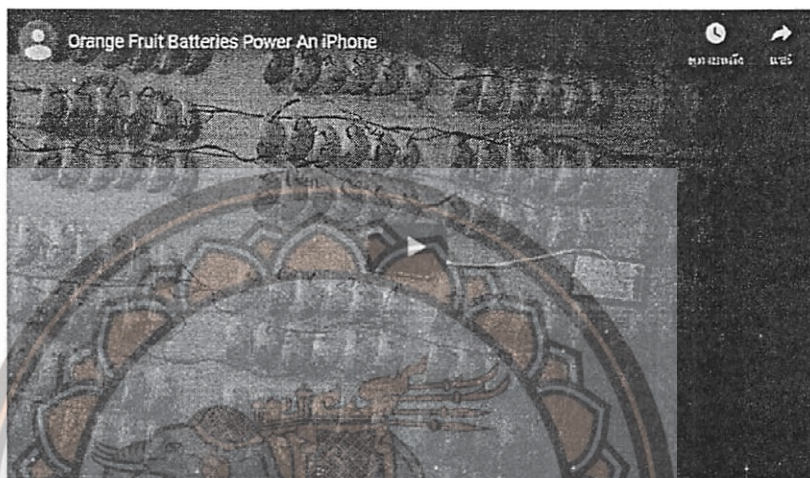


ที่มา : <https://www.thairath.co.th/content/487831>

ผศ.ดร.เจษฎา เด่นดวงบริพันธ์ อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้โพสต์ข้อความผ่านเฟซบุ๊กส่วนตัวชื่อ JessadaDenduangboripant อธิบายถึงคลิปวิดีโอดังกล่าวว่า คลิปชาร์จไอโฟนด้วยแสงโมบายน้ำแข็งเป็นการหลอกลวง การเอาแสงโมบายน้ำแข็งใส่เกล็ดจอนเย็นจัดจนสามารถเอาไอโฟนมาชาร์จไฟในคลิปนี้ไม่น่าเป็นไปได้ โดยมีเหตุผลดังนี้

1. บางคนคิดว่า มันคล้ายกับการทดลองสร้างไฟฟ้าจากผลไม้ เช่นส้มหรือจากหัวมันฝรั่งได้ แต่นั่นจะต้องใช้ขั้วโลหะที่ต่างศักย์กันอย่างแผ่นสังกะสีและทองแดง จึงจะมี

ไฟฟ้าวิ่งผ่านและถึงกระนั้นไฟฟ้ามักมีค่าต่ำมาก เช่น แค่วอลต์เดียว เป็นเวลาแป๊บเดียวถ้าอยากให้ได้ไฟเยอะพอ มีคนทดลองไว้แล้วว่า จะต้องใช้ส้มกว่า 2,380 ขึ้นจึงจะพอชาร์จไอโฟนได้



2. ปลั๊กของที่ชาร์จไอโฟนพวกนี้ ถูกทำมาให้ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ตามที่บ้าน แต่ไฟฟ้าที่ทำจากผลไม้ นั้น ถ้าทำได้จะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

3. ถ้าดูในคลิปดีๆ จะเห็นว่า ตอนที่ลองชาร์จช่วงแรกๆ แล้วไฟไม่เข้านั้นจะเห็นสายไฟทั้งหมดชัดเจนตั้งแต่ที่หัวชาร์จไปจนถึงไอโฟนแต่ตอนที่ชาร์จไฟเข้าในช่วงท้ายคลิปนั้น สายไฟมันออกไปพ้นจอภาพซึ่งผมเชื่อว่ามันชาร์จตรงมาจากปลั๊กไฟต่างหาก

### ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้า

ส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก

1. ประกอบด้วย 2 ครึ่งเซลล์ (Half Cell)
2. สะพานเกลือ (Salt Bridge)
3. ขั้วไฟฟ้า (Electrode)
4. สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Solution)



\*\* จากวิดีโอนี้ นักเรียนจะได้แนวคิดเกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าขึ้นจากผักผลไม้ได้เพื่อจะให้ได้กระแสไฟฟ้าเพียงพอที่จะนำมาชาร์ตไฟได้หรือไม่ อย่างไร

➤ **ชั้นสอน ( 200 นาที )**

**ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ( Empathy ) ( 40 นาที )**

3. คุรยกตัวอย่างคลิปวิดีโอ Lemon battery breaks Guinness World Record - Royal Institution Christmas Lectures 2016 - BBC Four ( มะนาวแบตเตอรี่ทำลายสถิติกินเนสส์เวิลด์ - สถาบันการบรรยายคริสต์มาสปี 2559 - บีบีซีโฟร์ )

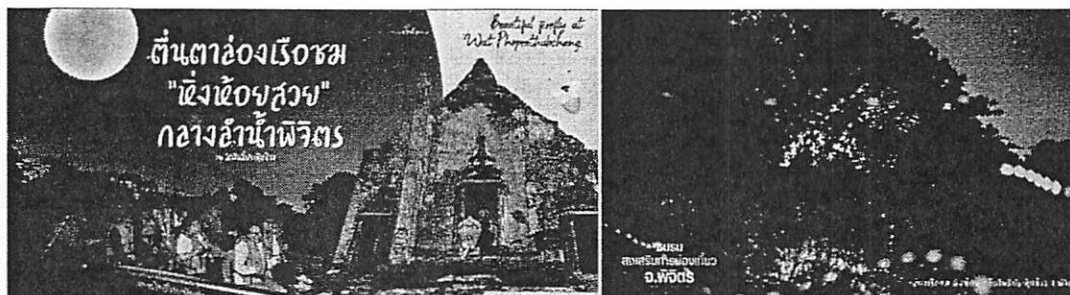


จากคลิปวิดีโอ ครูตั้งคำถาม ดังนี้ “นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร” (ครูให้นักเรียนตอบได้อย่างอิสระ)

**ปัญหาการออกแบบ ( Design Challenge )**

**สถานการณ์ที่ 1 "มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ"**

**ตอนที่ 1 สถานการณ์ปัญหา**





## ชาวบ้านโพธิ์ประทับช้างนำสื่อมวลชนสำรวจเส้นทางท่องเที่ยว

### ชมความงามแสงจากหิ่งห้อยนับหมื่นตัว

คืนวันที่ 8 ตุลาคม 2561 ผู้นำท้องถิ่นบ้านโพธิ์ประทับช้างพร้อมชาวบ้านนำสื่อมวลชนลงพื้นที่แม่น้ำพิจิตรสำรวจหิ่งห้อยโดยก่อนหน้านี้เจ้าหน้าที่ได้ลงเรือเพื่อสำรวจสิ่งกีดขวางทางน้ำและบังเอิญได้ไปเจอกับฝูงหิ่งห้อยเป็นจำนวนมากจึงไปเชิญสื่อมวลชนไปส่องเรือสำรวจอีกครั้งหวังที่จะเปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่

สำหรับเส้นทางที่มีฝูงหิ่งห้อยอยู่นั้นจะอยู่ในแม่น้ำพิจิตรบริเวณหน้าวัดโพธิ์ประทับช้างซึ่งต้องลงเรือบริเวณหน้าวัดและส่องเรือไปตามแม่น้ำประมาณ 800 เมตรก็จะพบกับฝูงหิ่งห้อยนับหมื่นตัว บินไปมาข้ามแม่น้ำให้เห็นได้อย่างชัดเจนซึ่งสถานที่แห่งนี้จะเปิดให้ชมตั้งแต่ 1 ทุ่มไปจนถึง 4 ทุ่มโดยมีเรือท่องเที่ยวคอยให้บริการพร้อมกันนี้ชาวบ้านได้แนะนำไม่ให้ใช้ไฟส่องอีกทั้งห้ามส่งเสียงดังเพราะเกรงว่าจะรบกวนระบบนิเวศของหิ่งห้อย

ด้านตัวแทนชาวบ้านกล่าวว่าหมู่บ้านโพธิ์ประทับช้างแห่งนี้ได้ผ่านการคัดเลือกเป็น 1 ใน 50หมู่บ้านท่องเที่ยวotopนวัตวิถี ระดับประเทศซึ่งแต่เดิมมีแผนการท่องเที่ยวโดยการเข้ากราบสักการะหลวงพ่อโตวัดโพธิ์ประทับช้างขึ้นรถรางชมสวนส้มโอและขณะนี้ได้เพิ่มเส้นทางท่องเที่ยวทางน้ำโดยในช่วงเย็นจะมีตลาดโบราณให้นักท่องเที่ยวได้นั่งชม ชิมซอปและในช่วงค่ำลงเรือส่องไปตามลำน้ำชมความงามฝูงหิ่งห้อยนับหมื่นตัวส่องแสงระยิบระยับบินข้ามคลองไปมาอย่างสวยงาม

แหล่งที่มา : สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิจิตร  
[http://thainews.prd.go.th/th/website\\_th/news/print\\_news/TNOHT6110090010164](http://thainews.prd.go.th/th/website_th/news/print_news/TNOHT6110090010164)

### ตอนที่ 2 บทสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

สื่อมวลชนได้ลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณบ้านโพธิ์ประทับช้าง รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหลาย ซึ่งมีรายละเอียดและข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาแล้วดังต่อไปนี้

- ลุงชวน : ลุงมีบ้านและสวนส้มโออยู่ใกล้ ๆ แม่น้ำพิจิตรนี้แหละ ลุงเพิ่งเกษียณมาอยากจะทำสวนผลไม้ ปลูกผักผลไม้เพิ่มเติม ทำให้กลายเป็นโฮมสเตย์
- ป้าชื่น : ป้าเป็นภรรยาลุงชวนป้าชอบทำอาหาร ก็อยากจะทำอาหารพื้นเมืองเก็บผักในสวนริมรั้วมาทำให้นักท่องเที่ยวที่พักกิน อยากจะเปิดโฮมสเตย์

ผู้ใหญบ้าน : อยากจะทำหมู่บ้านของเราให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวใหม่แต่คงวิถีชีวิตเดิม คือ การเป็นชาวไร่ชาวนา ไม่ปรับเปลี่ยนพื้นที่เดิมมากนัก ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ

นักวิชาการ : แสงไฟที่เราเปิดกันสว่างไสว รบกวนภาษารักของหิ่งห้อยที่จะบอกรักกัน แล้วทุกที่ที่มีคน ทุกที่จะมีแสงเราเลยไม่ได้ แต่ถ้าจะอยู่กับเขาได้ ก็ต้องปรับพฤติกรรมก็ใช้ไฟเฉพาะที่ที่จำเป็นต้องใช้ ส่วนมลพิษอื่น ๆ ก็มีผล ก็พวกน้ำเสีย สารเคมีทางการเกษตร ซึ่งทุกปัจจัยล้วนเกิดจากมนุษย์ทั้งสิ้น

ถ้านักเรียนเป็นทีมเจ้าหน้าที่ที่จะส่งเสริมการท่องเที่ยวชมความงามแสงจากหิ่งห้อยให้กับชาวบ้านโพธิ์ประทับช้าง โดยให้นักเรียนออกแบบหมู่บ้านท่องเที่ยว

คำชี้แจง จากการศึกษาสถานการณ์และบทสัมภาษณ์เบื้องต้น ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มจำลองตนเองเป็นทีมส่งเสริมการท่องเที่ยว 2 ทีมที่จะแบ่งกันออกแบบว่าจะนำความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาช่วยออกแบบสวนของลุงชวนให้มีกระแสไฟฟ้าจากธรรมชาติที่จะช่วยล่อหิ่งห้อย เพื่อให้สวนนี้กลายเป็นโฮมสเตย์ที่สวยงามดึงดูดนักท่องเที่ยวให้มาพักได้

4. นักเรียนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ให้ตัวแทนนักเรียนออกมารับปัญหาการออกแบบ ( Design Challenge ) ชื่อกิจกรรม " แรงแต้นไฟฟ้าสูงสุดจากผลไม้ " ซึ่งเป็นสถานการณ์ และเงื่อนไข

5. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาและคำชี้แจงให้เข้าใจร่วมกันภายในกลุ่มแล้วเขียน บันทึกสรุปข้อมูลที่ได้ลงในใบกิจกรรม Empathy Activity

6. เมื่อนักเรียนเป็นทีมออกแบบและสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าจากผลไม้ ปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้คืออะไร

หลังจากที่แต่ละกลุ่มทำการระบุปัญหาและเข้าใจเงื่อนไขและข้อจำกัดของปัญหาแล้วครูให้แต่ละกลุ่มทำการศึกษาปัญหาให้ละเอียดมากขึ้นโดยกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนทำการสืบค้นข้อมูล.ครูชี้แนะเพื่อเป็นแนวทางเพิ่มเติมให้กับนักเรียนดังนี้ " นักเรียนลองสืบค้นจากเอกสารบทความหรืองานวิจัยที่มีผู้ศึกษาพัฒนาเครื่องบำบัดน้ำเสียว่ามีการใช้สารเคมีหรือไม่ มีวิธีการสร้างอย่างไร มีข้อจำกัดอย่างไรและหากนักเรียนต้องนำมาใช้แก้ปัญหาจากสถานการณ์นี้ควรทำอย่างไร " หรืออาจจะทำการสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆเช่นเอกสารประกอบการเรียนหนังสือเรียนต่างๆ หรือสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต

## ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define) (30 นาที)

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุนะระเด็นของปัญหาที่นำไปสู่การออกแบบการทดลองเกี่ยวกับการสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดอย่างไร โดยเขียนลงในใบกิจกรรม Empathy Activity

หมายเหตุ : ในกรณีที่มีกลุ่มนักเรียนระบุนะระเด็นปัญหาได้ไม่สอดคล้องกับความต้องการหรือปัญหาที่แท้จริง ครูจะเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวร่วมกันศึกษาข้อมูลจากปัญหาการออกแบบอีกครั้งและพูดคุยกับเพื่อนต่างกลุ่ม และเนื่องจากเป็นกิจกรรมครั้งแรกในการออกแบบ ครูอาจใช้ตัวอย่างของการศึกษาและสร้างชิ้นงาน

## ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate) (90 นาที)

6. เมื่อนักเรียนทั้งสองกลุ่มระบุนะระเด็นปัญหาที่จะศึกษา ระบุนะระเด็นความคิดในการออกแบบชิ้นงานให้มีความหลากหลาย โดยคำนึงถึงความรู้เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาประยุกต์ในการออกแบบและแก้ปัญหาที่ตอบสนองต่อเงื่อนไขสถานการณ์ปัญหา

7. ครูให้นักเรียนศึกษาแนวคิดการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าจากผลไม้ (คลิปวิดีโอผู้ทำรู้ทัน : ผลไม้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ จริงหรือ? นาทีที่ 1:40 ถึง 11:50) (ในคลิปนักเรียนจะได้แนวคิดเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าจากผลไม้



นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบชิ้นงาน โดยวางแผนการทดลองลงในใบกิจกรรมการทดลอง เรื่อง "มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ" ในตอนที่ 1 การออกแบบการทดลองเพื่อสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าจากผลไม้



จากตัวอย่างของกลุ่มตนเอง โดยการจัดกลุ่มความคิด จัดลำดับความสำคัญ และคัดเลือกแนวคิดการออกแบบชิ้นงานที่ดีที่สุด โดยเขียนลงบนกระดาษหรือกระดาษโน้ต

8. นำข้อมูลจากการระดมแนวคิดมาเขียนลงในใบกิจกรรม
9. ครูแจ้งรายการการประเมินชิ้นงานให้นักเรียนทราบ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้
  - ผลงาน
  - ความคิดสร้างสรรค์
  - การนำเสนอ
  - การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ
  - การประยุกต์ใช้ความรู้
  - การทำงานเป็นทีม

โดยครูและนักเรียนจะร่วมกันประเมินเพื่อให้คะแนนชิ้นงาน

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการสร้างชิ้นงาน และเขียนลงในแบบบันทึกรายการวัสดุอุปกรณ์ให้ครบถ้วน รวมทั้งระบุราคา  
 ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype) (60 นาที)

11. ครูกำหนดกรอบเวลาในการสร้างชิ้นงาน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างชิ้นงานตามแนวคิดที่ออกแบบไว้ และเห็นแนวทางการนำความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหา  
 ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test) (20 นาที)

12. นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มนำเสนอชิ้นงานของตนเอง โดยเน้นการนำเสนอผลงานที่น่าสนใจ อธิบายขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานที่เข้าใจง่ายและตอบคำถามครูได้ชัดเจน หลังจากนั้นครูและเพื่อนในชั้นเรียนร่วมกันสะท้อนผล วิพากษ์ ( จุดเด่น จุดด้อย ) และสะท้อนผลงาน

13. มีการประเมินให้ผลงานที่สามารถสร้างเซลล์ไฟฟ้าเคมีได้แรงดันไฟฟ้าสูงสุด มีการการปรับปรุงชิ้นงานหรือกระบวนการ จนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ดีและมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกัน

#### ➤ ขั้นสรุป ( 20 นาที )

14. ครูและนักเรียนร่วมกันเผยแพร่ผลงานลงใน Facebook
15. สรุปกิจกรรม โดยครูและนักเรียนสรุปความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า และแลกเปลี่ยนเรียนรู้สิ่งที่นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้จากการสร้างชิ้นงานในครั้งนี้ และการทำใบกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้เป็นรายบุคคล

.....  
 .....  
 .....  
**ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา (Define)**

(กระตุ้นให้นักเรียนอภิปรายและแสดงความคิดเห็น วิเคราะห์ประเด็นปัญหาและเลือกปัญหาที่ต้องการแก้ไข)

.....  
 .....  
 .....

**ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างความคิด (Ideate)**

(จัดบรรยากาศและสิ่งอำนวยความสะดวกในชั้นเรียนให้เหมาะต่อการระดมสมองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แจกเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน เน้นย้ำการเตรียมวัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างชิ้นงานให้พร้อม)

.....  
 .....  
 .....

**ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)**

(จัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนร่างต้นแบบและสร้างชิ้นงาน ควบคุมกระบวนการสร้างชิ้นงานของนักเรียน)

.....  
 .....  
 .....

**ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)**

( วิพากษ์และสะท้อนผลการประเมินชิ้นงาน รวมถึงให้คำแนะนำและปรับปรุงชิ้นงานแก่นักเรียน )

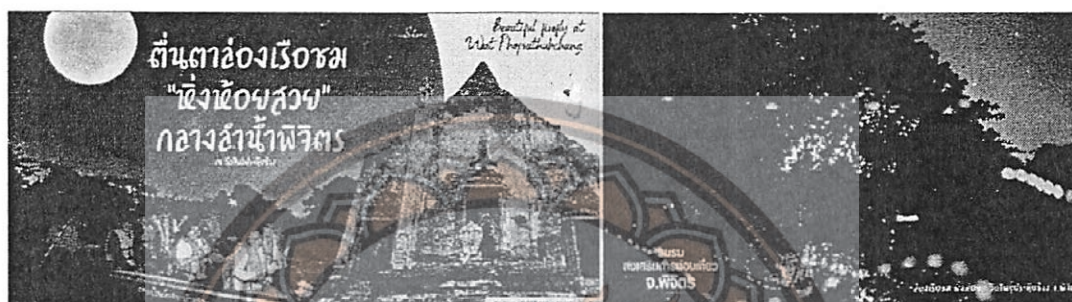
.....  
 .....  
 .....

**สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไข**

.....  
 .....  
 .....

ใบกิจกรรมที่ 1  
สถานการณ์ที่ 1 "มหัศจรรย์แสงจากธรรมชาติ "

ตอนที่ 1 สถานการณ์ปัญหา ( ปัญหาการออกแบบ )



ชาวบ้านโพธิ์ประทับช้างนำสื่อมวลชนสำรวจเส้นทางท่องเที่ยว

ชมความงามแสงจากหิ่งห้อยนับหมื่นตัว

คืนวันที่ 8 ตุลาคม 2561 ผู้นำท้องถิ่นบ้านโพธิ์ประทับช้างพร้อมชาวบ้านนำสื่อมวลชนลงพื้นที่แม่น้ำพิจิตรสำรวจหิ่งห้อยโดยก่อนหน้านั้นเจ้าหน้าที่ได้ส่องเรือเพื่อสำรวจลิ่งกีดขวางทางน้ำและบังเอิญได้ไปเจอกับฝูงหิ่งห้อยเป็นจำนวนมากจึงไปเชิญสื่อมวลชนไปส่องเรือสำรวจอีกครั้งหวังที่จะเปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวแห่งใหม่

สำหรับเส้นทางที่มีฝูงหิ่งห้อยอยู่นั้นจะอยู่ในแม่น้ำพิจิตรบริเวณหน้าวัดโพธิ์ประทับช้างซึ่งต้องลงเรือบริเวณหน้าวัดและส่องเรือไปตามแม่น้ำประมาณ 800 เมตรก็จะพบกับฝูงหิ่งห้อยนับหมื่นตัว บินเข้ามาข้ามแม่น้ำให้เห็นได้อย่างชัดเจนซึ่งสถานที่แห่งนี้จะเปิดให้ชมตั้งแต่ 1 ทุ่มไปจนถึง 4 ทุ่มโดยมีเรือท่องเที่ยวบริการพร้อมกันนี้ชาวบ้านได้แนะนำไม่ให้ใช้ไฟส่องอีกทั้งห้ามส่งเสียงดังเพราะเกรงว่าจะรบกวนระบบนิเวศของหิ่งห้อย

ด้านตัวแทนชาวบ้านกล่าวว่าหมู่บ้านโพธิ์ประทับช้างแห่งนี้ได้ผ่านการคัดเลือกเป็น 1 ใน 50 หมู่บ้านท่องเที่ยว top นวัตกรรม ระดับประเทศซึ่งแต่เดิมมีแผนการท่องเที่ยวโดยการเข้ากราบสักการะหลวงพ่อโตวัดโพธิ์ประทับช้างขึ้นรถรางชมสวนส้มโอและขณะนี้ได้เพิ่มเส้นทางท่องเที่ยวทางน้ำโดยในช่วงเย็นจะมีตลาดโบราณให้นักท่องเที่ยวได้นั่งชม ชิมซอปลและในช่วงค่ำลงเรือส่องไปตามลำน้ำชมความงามฝูงหิ่งห้อยนับหมื่นตัวส่องแสงระยิบระยับบินข้ามคลองไปมาอย่างสวยงาม

แหล่งที่มา : สำนักงานประชาสัมพันธ์จังหวัดพิจิตร

[http://thainews.prd.go.th/th/website\\_th/news/print\\_news/TNOHT6110090010164](http://thainews.prd.go.th/th/website_th/news/print_news/TNOHT6110090010164)



## ตอนที่ 2 บทสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

สื่อมวลชนได้ลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณบ้านโพธิ์ประทับช้าง รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหลาย ซึ่งมีรายละเอียดและข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาแล้ว ดังต่อไปนี้

- ลุงชวน : ลุงมีบ้านและสวนส้มโออยู่ใกล้ ๆ แม่น้ำพิจิตรนี้แหละ ลุงเพิ่งเกษียณมาอยากจะทำสวนผลไม้ ปลูกผักผลไม้เพิ่มเติม ทำให้กลายเป็นโฮมสเตย์
- ป้าชื่น : ป้าเป็นภรรยาลุงชวนป้าชอบทำอาหาร ก็อยากจะทำอาหารพื้นเมืองเก็บผักในสวน ริมรั้วมาทำให้นักท่องเที่ยวที่พักกิน อยากจะเปิดโฮมสเตย์
- ผู้ใหญ่บ้าน : อยากจะทำหมู่บ้านของเราให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวใหม่แต่คงวิถีชีวิตเดิม คือ การเป็นชาวลาวโซ่งสวน ไม่ปรับเปลี่ยนพื้นที่เดิมมากนัก ให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ
- นักวิชาการ : แสงไฟที่เราเปิดกันสว่างไสว รบกวนภาษารักของหิ่งห้อยที่จะบอกรักกัน แล้วทุกที่ที่มีคนทุกที่จะมีแสงเราเลยไม่ได้ แต่ถ้าจะอยู่กับเขาได้ ก็ต้องปรับพฤติกรรมก็ใช้ไฟเฉพาะที่ที่จำเป็นต้องใช้ ส่วนมลพิษอื่น ๆ ก็มีผล ก็พวกน้ำเสีย สารเคมีทางการเกษตร ซึ่งทุกปัจจัยล้วนเกิดจากมนุษย์ทั้งสิ้น

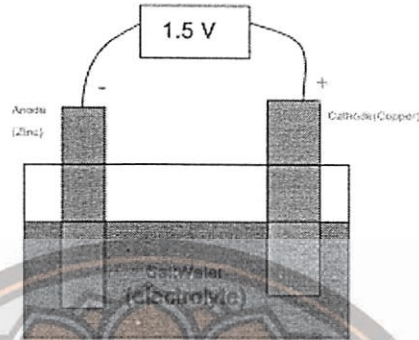
ถ้านักเรียนเป็นทีมเจ้าหน้าที่ที่จะส่งเสริมการท่องเที่ยวชมความงามแสงจากหิ่งห้อยให้กับชาวบ้านโพธิ์ประทับช้าง โดยให้นักเรียนออกแบบหมู่บ้านท่องเที่ยว

### **คำชี้แจง**

จากการศึกษาสถานการณ์และบทสัมภาษณ์เบื้องต้น ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มจำลองตนเองเป็นทีมส่งเสริมการท่องเที่ยว 2 ทีมที่จะแบ่งกันออกแบบว่าจะนำความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า มาช่วยออกแบบสวนของลุงชวนให้มีกระแสไฟฟ้าจากธรรมชาติที่จะช่วยล่อหิ่งห้อย เพื่อให้สวนนี้กลายเป็นโฮมสเตย์ที่สวยงามดึงดูดนักท่องเที่ยวให้มาพักได้

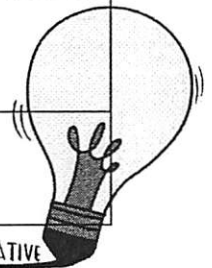
ตอนที่ 1 ทบทวนความรู้ เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า

1) จากภาพให้นักเรียนระบุองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์ไฟฟ้าเคมี



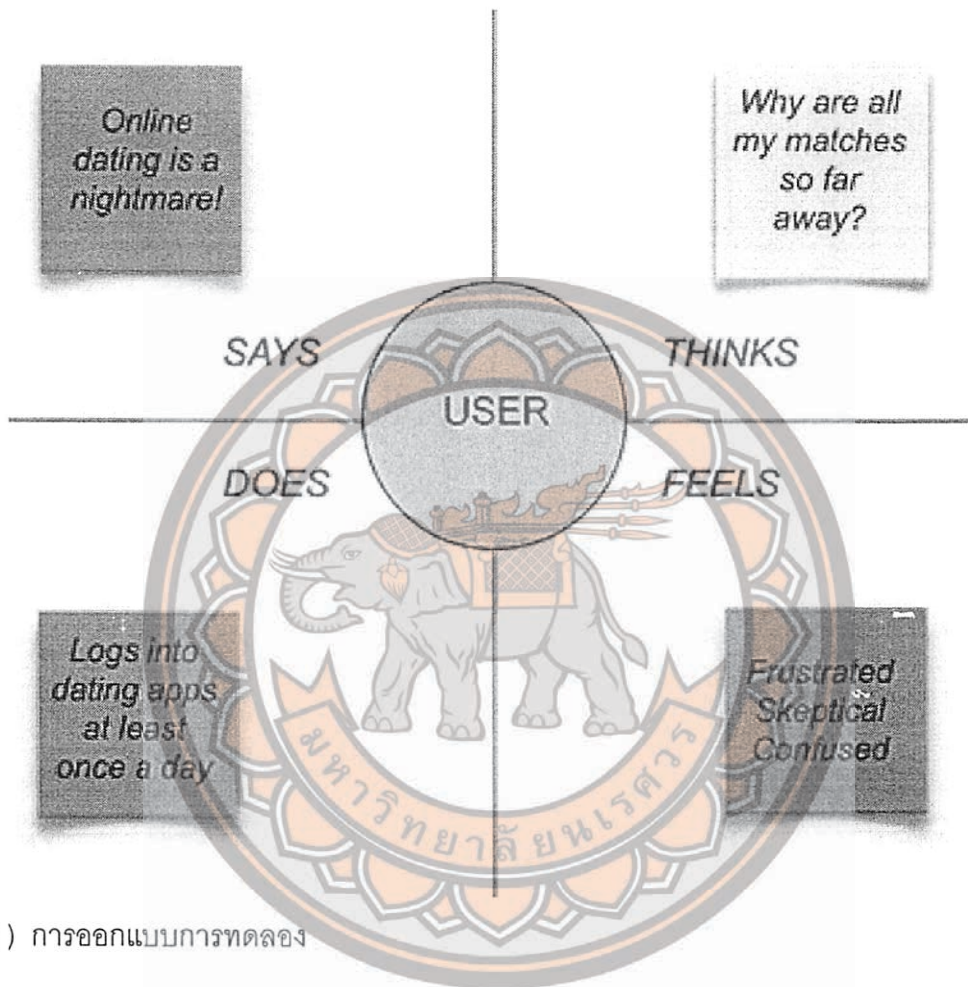
2) ความแตกต่างของเซลล์

เซลล์กัลวานิก	เซลล์อิเล็กโทรไลต์



ตอนที่ 2 ออกแบบการทดลอง

1) จากการศึกษาสถานการณ์ปัญหาและบทสัมภาษณ์ สิ่งที่ได้ คือ



2) การออกแบบการทดลอง



ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา

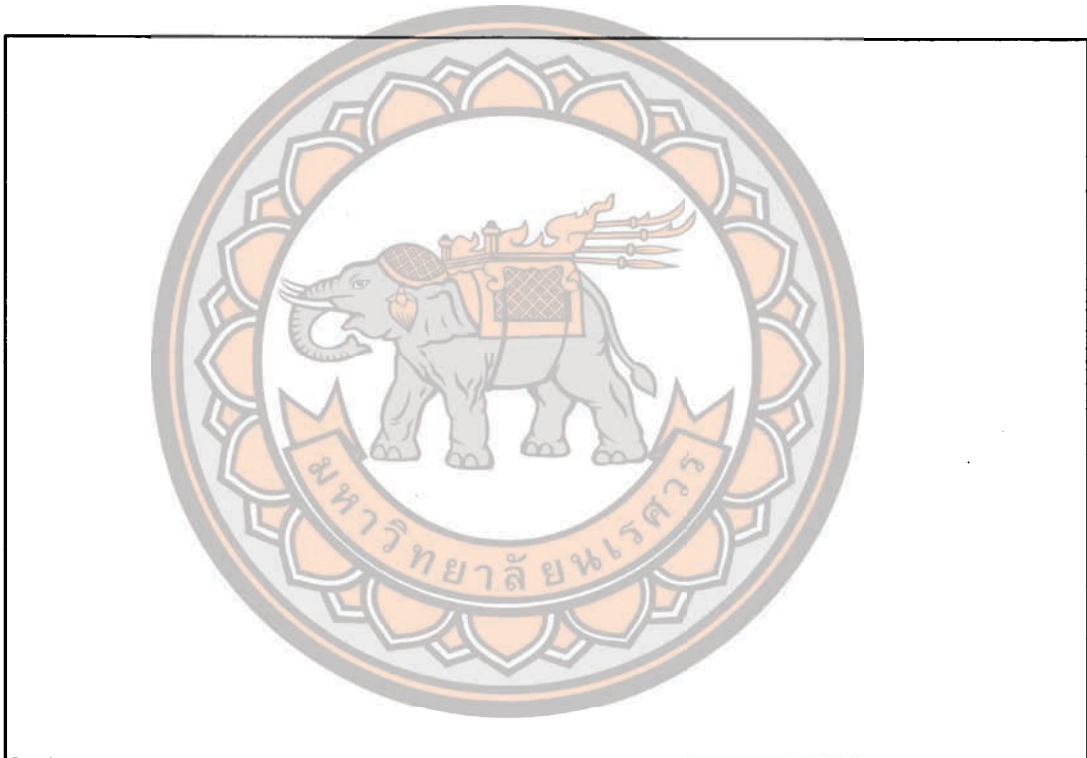
.....

.....

.....

.....

3. แบบร่างการสร้างชิ้นงาน



4. ข้อเสนอแนะในการการปรับปรุงแก้ไข

.....

.....

.....

.....



**ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างต้นแบบ (Prototype)**

(จัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนร่างต้นแบบและสร้างชิ้นงาน ควบคุมกระบวนการสร้างชิ้นงานของนักเรียน)

.....

.....

.....

.....

.....

**ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ (Test)**

(วิพากษ์และสะท้อนผลการประเมินชิ้นงาน รวมถึงให้คำแนะนำและปรับปรุงชิ้นงานแก่นักเรียน)

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปปัญหาและแนวทางการแก้ไข**

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(.....)

วันที่ ...../...../.....



แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง .....

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการ	คะแนน	หมายเหตุ
1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)		..... ..... .....
2. การออกแบบและการปรับแต่ง ความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)		..... ..... .....
3. การเปิดกว้างและความกล้าใน การสำรวจ (คะแนนเต็ม 1 คะแนน)		..... ..... .....
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)		..... ..... .....
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรม อย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)		..... ..... ..... ..... .....
6. การควบคุมและการสะท้อน ตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)		..... ..... .....
รวมคะแนน.....คะแนน		



รายการ	คะแนน
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน) <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู</li> <li>- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข</li> <li>- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ที่กำหนด</li> </ul>	1 คะแนน  1 คะแนน  1 คะแนน

หมายเหตุ นักเรียนแสดงพฤติกรรมตามที่กำหนดให้ 1 คะแนนในแต่ละประเด็น





แบบประเมินชิ้นงาน เรื่อง .....

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการ	กลุ่มที่ 1 (คะแนน)	กลุ่มที่ 2 (คะแนน)
1. การประยุกต์ใช้ความรู้		
2. ความคิดสร้างสรรค์		
3. ผลงาน		
4. การทำงานเป็นทีม		
5. การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ		
6. การนำเสนอ		
รวม		

## เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การประยุกต์ใช้ความรู้	นำความรู้ทางเคมีเรื่องเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานได้ชัดเจนและถูกต้องตั้งแต่ 3 องค์ความรู้ขึ้นไป	นำความรู้ทางเคมีเรื่องเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานได้ชัดเจนและถูกต้องตั้งแต่ 2 องค์ความรู้ขึ้นไป	นำความรู้ทางเคมีเรื่องเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานได้ชัดเจนและถูกต้องเพียงองค์ความรู้เดียว	ไม่นำความรู้ทางเคมีเรื่องเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน
ความคิดสร้างสรรค์	สร้างชิ้นงานได้สวยงามและมีแนวคิดการออกแบบที่แปลกใหม่ตั้งแต่ 2 แนวคิดขึ้นไป	สร้างชิ้นงานได้สวยงามและมีแนวคิดการออกแบบที่แปลกใหม่ได้เพียงแนวคิดเดียว	สร้างชิ้นงานได้สวยงาม แต่ไม่มีแนวคิดการออกแบบที่แปลกใหม่	สร้างชิ้นงานได้สวยงามและมีแนวคิดการออกแบบที่แปลกใหม่ได้เพียงแนวคิดเดียว
ผลงาน	ออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือสนองความต้องการได้ครบถ้วน	ออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือสนองความต้องการได้เป็นส่วนใหญ่	ออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือสนองความต้องการได้เป็นส่วนน้อย	ออกแบบชิ้นงานไม่สอดคล้องกับปัญหาหรือไม่สนองความต้องการ
การทำงานเป็นทีม	สมาชิกกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานกลุ่มยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นอย่างมี	สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานกลุ่มยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่นอย่างมี	สมาชิกกลุ่มบางส่วนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานกลุ่มยอมรับฟังความ	สมาชิกในกลุ่มไม่มีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานกลุ่มและไม่ยอมรับฟังความคิดเห็น

รายการ ประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
	เหตุผลและ สร้างสรรค์	เหตุผลและ สร้างสรรค์	คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์	ผู้อื่นอย่างมี เหตุผลและ สร้างสรรค์
<b>การใช้ กระบวนการ คิดเชิง ออกแบบ</b>	มีการใช้ กระบวนการคิดเชิง ออกแบบมีการ ระดมแนวคิดและ แสดงถึงการใช้ แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ	มีการใช้ กระบวนการคิดเชิง ออกแบบมีการ ระดมแนวคิดแต่ ไม่ได้พบแนวคิด แนวคิดมาใช้เป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ แต่ ไม่มีการระดม แนวคิด	ไม่มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ
<b>การนำเสนอ</b>	นำเสนอผลงานได้ นำเสนออธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงานที่ เข้าใจง่ายและตอบ คำถามชัดเจน	นำเสนอผลงานได้ นำเสนออธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงานที่ เข้าใจง่ายแต่ตอบ คำถามไม่ชัดเจน	นำเสนอผลงาน ได้นำเสนอแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยากหรือตอบ คำถามไม่ชัดเจน	นำเสนอผลงาน ได้นำเสนอแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยาก และตอบ คำถามไม่ชัดเจน





