



การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อ  
ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



วรรณิภา เวทการ

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อ  
ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
ปีการศึกษา 2565  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4"

ที่ 4"

ของ วรณิภา เวทการ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



<b>ชื่อเรื่อง</b>	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
<b>ผู้วิจัย</b>	วรรณิภา เวทการ
<b>ประธานที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร
<b>ประเภทสารนิพนธ์</b>	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
<b>คำสำคัญ</b>	การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม, สมดุลกล

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 24 คน ซึ่งได้จากการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบประเมินชิ้นงาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะดังนี้ คือ ครูควรสร้างความตระหนัก ความสำคัญของสถานการณ์ ที่สำคัญสถานการณ์ต้องมีเงื่อนไขสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน นักเรียนได้วิเคราะห์บริบทของสถานการณ์ผ่านการระดมสมอง ออกแบบชิ้นงานหลากหลาย วางแผนขั้นตอนการดำเนินการ เลือกวิธีการทดสอบชิ้นงานที่มีความเหมาะสม ทำการประเมินผลชิ้นงาน ปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น นำเสนอชิ้นงาน และแก้ไขชิ้นงานของตนเอง ส่วนผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม

ตามพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากที่สุด  
ตลอดการจัดการเรียนรู้ และพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาได้น้อยที่สุดคือ การเปิดกว้างและความ  
กล้าในการสำรวจ



<b>Title</b>	STEM EDUCATION BASED ON ENGINEERING DESIGN PROCESS ON MECHANICAL EQUILIBRIUM TO ENHANCE OF CREATIVITY AND INNOVATION OF THE 10 <sup>TH</sup> GRADE STUDENTS
<b>Author</b>	WANNIPA WETHAKAN
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D.
<b>Academic Paper</b>	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2022
<b>Keywords</b>	STEM Approach based on Engineering Design Process, Creativity and Innovation, Mechanical Equilibrium

### ABSTRACT

This research aimed to study the learning processes of STEM Education Based on Engineering Design Process and production of Mechanical Equilibrium topic to enhance of Creativity and Innovation of the Grade Students. The research methodology was classroom action research consisting of 3 cycles. The participants were 24 students in the Grade in a Chainat province school, in the second semester, 2021. They were selected by purposive sampling. The research instruments included STEM Education Based on Engineering Design Process lesson plans, student artifact, reflection form, evaluation form of creativity and innovation, evaluation form of student artifact. The data analysis consisted of content analysis and statistics.

The results showed that the learning processes of STEM Education Based on Engineering Design Process have the processes of the following: the teacher should realise the significant situation which it should be the conditions for the students. Students must analyse the disadvantages of the situation through brainstorming. Students will have to design various projects. Students have to plan projects. Students have to choose the appropriate project and present the project by themselves. The result of learning process of STEM showed that students develop the project continuously and students also have better scores. Nevertheless, the

working creatively with others should be showed all through the learning process and the behavior that the students showed the least was Openness and courage to explore.



## ประกาศคุณูปการ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการค้นคว้าอิสระสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ่ม และนางสาวอรุณี ทองมาก ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า จนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างยิ่ง ในการเก็บข้อมูลวิจัย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ ผู้วิจัยขออุทิศแด่บิดามารดา และผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

วรรณิภา เวทการ





## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุณูปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	๗
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	6
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	11
1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์.....	11
1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม.....	12
1.3 สาระฟิสิกส์เพิ่มเติม.....	12
2. หลักสูตรสถานศึกษา.....	14

2.1	วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	14
2.2	สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน.....	14
2.3	คุณลักษณะอันพึงประสงค์.....	15
2.4	คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2.....	16
2.5	โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2.....	16
3.	สะเต็มศึกษา.....	19
3.1	ความเป็นมาของสะเต็มศึกษาในประเทศไทย.....	19
3.2	ความหมายของสะเต็มศึกษา.....	21
3.3	ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา.....	23
3.4	กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	27
3.5	แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	34
3.6	การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	40
4.	ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	43
4.1	ทักษะในศตวรรษที่ 21.....	43
4.2	ความหมายความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	54
4.3	องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	57
4.4	การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	59
5.	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	72
5.1	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ.....	72
5.2	งานวิจัยต่างประเทศ.....	74

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....	76
รูปแบบการวิจัย .....	76
บริบทของการวิจัย .....	78
กลุ่มเป้าหมาย .....	78
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	78
การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย .....	81
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	96
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	98
ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ .....	102
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	103
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล.....	103
1.1 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลกล) .....	104
1.2 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน).....	129
1.3 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ).....	154
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....	179
บทที่ 5 บทสรุป .....	194

สรุปผลการวิจัย.....	195
อภิปรายผล .....	202
ข้อเสนอแนะ .....	205
บรรณานุกรม.....	207
ภาคผนวก.....	213
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	214
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	215
ประวัติผู้วิจัย .....	261



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ .....	13
ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 .....	17
ตาราง 3 แสดงรายละเอียดกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) .....	29
ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) .....	63
ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ของการวิจัย และเครื่องมือการวิจัย ....	80
ตาราง 6 แสดงการบูรณาการเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม .....	83
ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม .....	91
ตาราง 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานต้นแบบของนักเรียน .....	94
ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายการประเมินชิ้นงานและพฤติกรรมหลักของ ความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม .....	96
ตาราง 10 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 .....	121
ตาราง 11 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 .....	145
ตาราง 12 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 .....	169

ตาราง 13 แสดงสรุปปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริม ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	173
ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความ คิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1..	180
ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความ คิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2..	180
ตาราง 16 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความ คิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3..	181
ตาราง 17 แสดงผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมทั้ง 3 วงจร ปฏิบัติการแบ่งรายกลุ่ม.....	182
ตาราง 18 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะ เต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม.....	255
ตาราง 19 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	259

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรายพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 183	
ภาพ 2 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการสร้างความคิด ของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	185
ภาพ 3 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการออกแบบและ การปรับแต่งความคิดของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)....	186
ภาพ 4 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการ สะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	188
ภาพ 5 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการ สะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	188
ภาพ 6 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการ สะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	189
ภาพ 7 แสดงการเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 .....	189
ภาพ 8 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานย่อยกปลาอ่อนแรง (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565) .....	190
ภาพ 9 แสดงกิจกรรมการระดมสมองของนักเรียนในการออกแบบชิ้นงาน .....	191
ภาพ 10 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานออกแบบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ.....	191
ภาพ 11 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานย่อยกปลาอ่อนแรงที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน .....	192
ภาพ 12 แสดงพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน .....	192
ภาพ 13 แสดงพฤติกรรมด้านการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการสร้างชิ้นงาน ...	193
ภาพ 14 แสดงตัวอย่างภาพโปสเตอร์การนำเสนอผลงานในวงจรปฏิบัติการ 2 และ 3..	193

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาของปัญหา

ในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้คนในยุคนี้จึงตกอยู่ในสภาวะที่ต้องแข่งขันกันตลอดเวลา ผู้คนรุ่นใหม่จึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการประยุกต์และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด (Karnkarunyakul, 2013) โดยหนึ่งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญคือทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่นๆ และเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดก็ตามที่สามารถแสวงหา พัฒนา และนำเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของประเทศชาติออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากเท่าใด ก็ยังมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ในประเทศต่างๆ ที่ประชาชนมีความคิดสร้างสรรค์ จะก่อให้เกิดจินตนาการจนสามารถสร้างนวัตกรรมที่แปลกใหม่เป็นประโยชน์เอื้ออำนวยความสะดวกแก่มวลมนุษยชาติ โดยความคิดสร้างสรรค์นี้เป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวทุกคน และสามารถส่งเสริมคุณลักษณะนี้ให้พัฒนาสูงขึ้นได้ (Phanmanee, 2014) แต่สำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนไทยนั้นยังไม่เป็นไปตามกรอบเป้าหมายของแผนการปฏิรูปการศึกษา ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์หรือทำกิจกรรมในสถานการณ์แปลกใหม่ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเท่าที่ควร

ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่หลายๆ ประเทศให้ความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากศตวรรษที่ 21 นั้นเป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงและเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ทักษะที่จำเป็นสำหรับคนในยุคศตวรรษที่ 21 มีความแตกต่างไปจากยุคศตวรรษที่ 20 คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีได้ขยายขีดความสามารถจนสามารถทำงานแทนที่คนได้ คนยุคใหม่จึงต้องฝึกความคิดสร้างสรรค์ เพราะโลกกำลังเปลี่ยนยุค จากยุคความรู้สู่ยุคนวัตกรรม การฝึกความคิดสร้างสรรค์จึงสำคัญยิ่ง (วิจารณ์ พานิช, 2556) เพราะความคิดสร้างสรรค์เป็นการใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตัวเองในแบบที่แตกต่างไปจากเดิมนำไปสู่การสร้างสรรค์ในสังคมสามารถผลิตต้นแบบที่ไม่เหมือนคนอื่น (จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ, 2556) ความคิดสร้างสรรค์จึงมี



ความจำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนเพราะความคิดสร้างสรรค์จะช่วยสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์,2556)

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความท้าทายที่ดูเหมือนจะเป็นเรื่องยาก สำหรับผู้เรียนที่จะคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆขึ้นมา เพราะผู้เรียนต้องใช้ทักษะการรู้คิดทั้งหมดของตนเองออกมาใช้งาน อย่างไรก็ตามความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาเช่นกัน การจัดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาผู้เรียนให้สอดคล้องกับโลกนวัตกรรมในอนาคต จำเป็นต้องพัฒนาให้มีความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นรากฐานของทักษะการสร้างสรณ์นวัตกรรม (วิชัย วงษ์ใหญ่,2564) โลกอนาคตจึงเป็นพื้นที่สำหรับคนที่มีความสามารถในการสรณ์นวัตกรรม (Creative and Innovation)ทุกสาขาอาชีพมีความต้องการบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถแปลงความคิดสรณ์นั้นไปเป็นนวัตกรรมได้ด้วยเหตุนี้การพัฒนาผู้เรียนจึงจำเป็นต้องเน้นให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และสามารถนำความคิดสรณ์ของตนเองไปพัฒนาให้เกิดนวัตกรรมได้จริง เรียกว่า “ทักษะการสร้างสรณ์นวัตกรรม” (มารุต พัฒผล,2563)

ทักษะความคิดสรณ์นวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถประกอบอาชีพและดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ จัดเป็นทักษะเชิงประยุกต์ (Apply skills) ที่ต้องผสมผสานทักษะต่างๆเข้าด้วยกัน 2 ทักษะ การสรณ์นวัตกรรมเป็นความสามารถในการใช้ความรู้ (Knowledge) จินตนาการ (Imagination) ความคิดสรณ์ (Creative thinking) ความร่วมมือ (Collaborative) ทำให้เกิดนวัตกรรมที่อาจอยู่ในรูปแบบของความคิด วิธีการ หรือสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ โดยอาจเป็นสิ่งใหม่ทั้งหมด หรือใหม่เพียงบางส่วน และอาจใหม่ในบริบทใดบริบทหนึ่ง หรือในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จากผลกระทบของบริบทโลกที่แข่งขันกันด้วยนวัตกรรม ผู้เรียนยุคใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาทักษะการสร้างสรณ์นวัตกรรม เพราะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประกอบอาชีพ การสรณ์สรณ์อาชีพ หรือการเป็นผู้ประกอบการในอนาคต ทำให้ผู้สอนต้องเพิ่มศักยภาพมากขึ้น เพื่อให้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการสร้างสรณ์นวัตกรรมได้ ศักยภาพใหม่ของผู้สอน คือ การชี้แนะให้ผู้เรียนมีการคิดเชิงนวัตกรรม (Innovative Thinking) กระตุ้นให้ผู้เรียนมีการคิดสรณ์ คิดริเริ่มสิ่งใหม่ (วิชัย วงษ์ใหญ่,2564)

ความสำคัญของความคิดสรณ์และนวัตกรรมสำหรับผู้เรียน ปัจจุบันมีการกล่าวถึงความสำคัญของความคิดสรณ์และนวัตกรรมมากมาย ดังบทความของเครือองค์การความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills) ที่ระบุว่าความคิดสรณ์และนวัตกรรม เป็นหนึ่งในทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and

Innovation Skills) โดยที่ทักษะการด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนเข้าสู่โลกของการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน เป็นทักษะพื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ทุกคนต้องเรียน คนที่ขาดทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะไม่สามารถปรับตัวได้เท่าทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ปัญหาการขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่สะท้อนมาจากการประเมินจากผลการจัดอันดับประเทศที่มีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านนวัตกรรม 2021 พบว่าประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านนวัตกรรมอยู่ในอันดับที่ 36 ของโลก (อันดับ 6 ของเอเชีย) ซึ่งเดิมปี พ.ศ.2560 อยู่ในอันดับที่ 40 ของโลกจากทั้งหมด 141 ประเทศ/เขตเศรษฐกิจ (Bloomberg Innovation Index 2021, 2021) โดยคุณูญแจสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถ คือ ผลมาจากความเข้มแข็งในสัดส่วนการลงทุนด้านการวิจัยและการพัฒนา (Research and Development : R&D) ต่อ GDP ของประเทศ รวมถึงจำนวนบุคลากรด้าน R&D ที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อก่อให้เกิดมุมมองที่หลากหลายและสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้นได้ (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2564)

อีกหนึ่งผลการจัดอันดับจากสถาบันที่ได้รับการยอมรับในระดับโลก เรื่อง ความสามารถในการแข่งขัน คือ IMD (International Institute for Management Development) ซึ่งเป็นการประเมินศักยภาพและความพร้อมทางเศรษฐกิจต่อการเติบโตในอนาคตของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งผลการจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันของโลกประจำปี 2021 ประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 28 จากทั้งหมด 64 ประเทศและเขตเศรษฐกิจทั่วโลกที่เข้ารับการประเมิน ในรายงาน IMD ได้สรุปปัจจัยที่กระทบต่อการประเมินในปี 2021 พบว่า นวัตกรรม (Innovation) ถือเป็นหัวใจสำคัญของการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน การสร้างนวัตกรรมก็ยังจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางการศึกษา ซึ่งระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการศึกษาของประเทศไทยได้รับคะแนนค่อนข้างต่ำ อยู่ลำดับที่ 56 จาก 64 ประเทศทั่วโลก (IMD World Competitiveness Ranking 2021 โดยนวัตกรรมยังมีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และคุณภาพในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย (ดนชนก เป็อนน้อย, 2559)

นอกจากปัญหาดังกล่าวข้างต้นแล้วผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จากการบันทึกหลังสอนของครู ซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาคือ นักเรียนสามารถแสดงออกด้านความคิดสร้างสรรค์จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ในระดับหนึ่ง แต่เมื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมและจากการตรวจสอบการออกแบบ และการสร้างชิ้นงานของนักเรียนในเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจก

ไทล์ ที่กำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนสร้างเครื่องยิววัตถุ พบว่า นักเรียนขาดความคิดริเริ่มในการ ออกแบบหรือร่างภาพชิ้นงาน ไม่สามารถเสนอวิธีการทดลองและออกแบบการทดลองหรือสร้าง ชิ้นงานด้วยตนเอง ต้องดูต้นแบบจากการสืบค้นและได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอนจึงจะสามารถสร้าง ชิ้นงานออกมาได้ และใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน อีกทั้งชิ้นงานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบมานั้นมี ลักษณะคล้ายคลึงกัน นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานได้ และยังไม่คำนึงถึง ประเด็นหลักในด้านของความคิดสร้างสรรค์และเงื่อนไขสถานการณ์ที่ครูกำหนด และจากงานวิจัย พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่คิดหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากสิ่งที่มีอยู่แล้ว แต่จะคิดออกแบบ สร้างสรรค์ภายใต้แนวคิดคล้ายๆกัน และยังขาดความคิดริเริ่ม หรือความคิดแปลกใหม่ในการ สร้างสรรค์นวัตกรรม ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบรรยาย และท่องจำ เนื่องมาจากระยะเวลาการสอนมีจำนวนจำกัดแต่เนื้อหาหลักสูตรที่ผู้เรียนต้องเรียนมี จำนวนมาก ผู้สอนจึงต้องจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาสาระวิชาตามหลักสูตรที่ได้ กำหนดไว้ และผู้เรียนส่วนใหญ่ต้องการให้ครูผู้สอนเน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นเนื้อหาที่จะ นำไปสอบวัดความรู้มากกว่าที่จะเน้นด้านทักษะ และกระบวนการ ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้ฝึกฝนการใช้ ทักษะในการค้นคว้าข้อมูล การเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนขาดความสามารถในการคิดเชิงสร้างสรรค์ ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างได้ ขาดการบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหาและ คิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ และขาดทักษะในการนำเอาความรู้ที่ได้เรียนรู้มาแก้ปัญหาในชีวิตจริง

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะมีกิจกรรมหรือรูปแบบการ จัดการเรียนรู้ ในลักษณะบูรณาการมากขึ้น เนื่องจากการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้ และทักษะในสาขาวิชาที่หลากหลาย โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นต้น ควร จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะที่มีมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่สอดคล้อง ต่อบริบทในชีวิตจริง โดยรูปแบบของการแก้ปัญหานั้น ควรมีการส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก ทักษะการคิดในหลายๆแง่มุม มีกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิด สร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมที่มีคุณค่าและแปลกใหม่ อีกทั้งเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับ นักเรียนมีทักษะในการทำงานตลอดจนเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีทั้งในปัจจุบันและอนาคต

สะเต็มศึกษาเป็นนโยบายทางการศึกษาที่รองรับยุทธศาสตร์แห่งชาติ เน้นการขับเคลื่อน เศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (ลือชา ลดาชาติ,2562) ซึ่งสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่ บูรณาการความรู้ใน 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (สิรินภา กิจ เกื้อกุล,2557) โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาลดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน

เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า การพัฒนาสิ่งต่างๆในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน นอกจากนี้ส่งเสริมศึกษา ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Dejamente,2012; Wayne.2012;Breiner,Harkness,Jjonson,& Koehler,2012) สำหรับประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีนโยบายให้เยาวชนไทยที่จะเป็นกำลังในอนาคตที่มีคุณภาพและความสามารถในการแข่งขันระดับสากล โดยเฉพาะทักษะด้านสะเต็ม ซึ่งเน้นทักษะการคิดขั้นสูงและการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2557) โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้และประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างนวัตกรรม หรือเทคโนโลยีที่แก้ปัญหา หรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สุธีระ ประเสริฐ, 2559)

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผนวกแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC,2012) ซึ่งการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาใช้ร่วมในการจัดการเรียนรู้นั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ประสบอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะเป็นการฝึกฝนผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่านการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ ศึกษาค้นคว้า และทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการระดมสมองออกแบบชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร และสามารถใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบชิ้นงาน นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ฝึกเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหา สังเคราะห์ จนนำไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรมของผู้เรียนได้ (สุธิดา การมี, 2560)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหา และมีความสนใจที่จะศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล

### คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ควรมีแนวทางอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ได้หรือไม่ อย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

### ขอบเขตของงานวิจัย

#### 1. ด้านเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลกล ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระฟิสิกส์ ได้แก่ สมดุลกล สมดุลต่อการหมุน เสถียรภาพของวัตถุ

#### 2. ด้านแหล่งข้อมูล

ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้อง จำนวน 24 คน

### 3. สิ่งที่ศึกษา

สิ่งที่ศึกษา ประกอบด้วย

- การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

### 4. ด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 เวลาเรียน 4 ชั่วโมง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 12 ชั่วโมง

### นิยามศัพท์เฉพาะ

**การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม** หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผนวกแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC,2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการนำเสนอแนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

**ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการ เรื่อง สมดุลกล สมดุลต่อการหมุน และเสถียรภาพของวัตถุ ที่จะนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยนักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง
2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง โดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้จะวัดโดยใช้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดตามลำดับต่างๆดังนี้

#### 1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

##### กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- 1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
- 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
- 1.3 สาระพินิจเพิ่มเติม

#### 2. หลักสูตรสถานศึกษา

- 2.1 วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 2.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน
- 2.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 2.4 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2
- 2.5 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2

#### 3. สะเต็มศึกษา

- 3.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษาในประเทศไทย
- 3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
- 3.3 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา
- 3.4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 3.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 3.6 การวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิศวกรรม

วิศวกรรม



#### 4. ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม

- 4.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21
- 4.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 4.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 4.4 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

#### 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 5.1 งานวิจัยในประเทศ
- 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ



## 1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### 1.1 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 5) เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

จากเป้าหมายดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนเรียนในสิ่งที่พื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยง ความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ ๒๑ ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ,2560)

## 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหา ที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560)

## 1.3 สาระฟิสิกส์เพิ่มเติม

1) เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและ การได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้ง นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยุง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิว

และแรงหนีตของของเหลว ของไหลอุดมคติและสมการแบร์นูลลีของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปฏิกิริยาเคมี พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์ อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เนื้อหา เรื่อง สมดุลกล จัดอยู่ในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระฟิสิกส์ ข้อที่ 1 คือ

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุโมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อ การหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุ อธิบายเมื่อวัตถุ อยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลอง และอธิบายสมดุลของแรงสามแรง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ให้คงเดิมคือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว คงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว</li> <li>• วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่คือหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ <math display="block">\sum_{i=0}^n \vec{F}_i = 0</math></li> <li>• วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์เขียนแทนได้ด้วยสมการ <math display="block">\sum_{i=0}^n M_i = 0</math></li> </ul> <p>โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ <math>M = Fl</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุแรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน</li> </ul>

## ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุ อยู่ในสมดุลกล</li> </ul>
9.	สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุวัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน</li> <li>• วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ</li> </ul>

## 2. หลักสูตรสถานศึกษา

## 2.1 วิสัยทัศน์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมุ่งเน้นให้ผู้เรียน มีความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ รวมทั้งพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

## 2.2 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสรรพวิทยวิทยา (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) **ความสามารถในการสื่อสาร** เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล

และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

**2) ความสามารถในการคิด** เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

**3) ความสามารถในการแก้ปัญหา** เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

**4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต** เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่องการทำงาน และการทำงานอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

**5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี** เป็นความสามารถในการเลือก และใช้ เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

### 2.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสรรพวิทยวิทยา (ฉบับปรับปรุงพ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก มี 8 ประการ ได้แก่

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง

6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

## 2.4 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2

ศึกษาหลักการของกลศาสตร์ในเรื่องสมดุลกลและเงื่อนไขที่ทำให้วัตถุหรือระบบอยู่ในสมดุลกล ศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ งาน พลังงาน ความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก แรงแนูรัักษ์ กฎการอนุรักษ์พลังงาน กำลัง เครื่องกลอย่างง่าย ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โมเมนต์ม การชนของวัตถุในหนึ่งมิติ การดล แรงแดล และกฎการอนุรักษ์โมเมนต์ม การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิดแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

## 2.5 โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2

โครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระฟิสิกส์ เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงแงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงแลียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนต์มและกฎการอนุรักษ์โมเมนต์ม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 2 แสดงโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
สมดุกล	<p>1. อธิบายสมดุกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุกลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุกลและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุกลของแรงสามแรง</p> <p>2. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p>	12
งานและพลังงาน	<p>3. วิเคราะห์และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย</p> <p>4. อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก และความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์ และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงจากแรงลัพธ์</p> <p>5. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล</p>	18



## ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล	
โมเมนตัมและการชน	7. อธิบาย และคำนวณโมเมนตัมของวัตถุ และการดลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม 8. ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม	14
การเคลื่อนที่แนวโค้ง	9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 10. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่แบบวงกลม ในการอธิบายการโคจรของดาวเทียม	14

จากคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาฟิสิกส์ 2 ตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนแห่งนี้ ผู้วิจัยเลือกข้อมูลหน่วยการเรียนรู้ สมมูลกล เรื่อง สมมูลกล สมดุลต่อการเคลื่อนที่ และเสถียรภาพของวัตถุ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยและกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้กับผู้เรียน

### 3. สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นนโยบายทางการศึกษาที่รองรับยุทธศาสตร์แห่งชาติ เน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (ลือชา ลดาชาติ,2562) ซึ่งสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล,2557) โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกัน เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า การพัฒนาสิ่งต่างๆในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน นอกจากนี้สะเต็มศึกษา ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 (Dejamette,2012; Wayne.2012;Breiner,Harkness,Jjonson,& Koehler,2012)

#### 3.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษาในประเทศไทย

การพัฒนาประเทศในศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับประเทศทั่วโลก โดยเป้าหมาย คือ การพัฒนาให้เยาวชนมีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามการมีความรู้และทักษะในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อาจยังไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ทั้งหลายมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องใช้ต่างๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต

ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพโดยเฉพาะ อาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazercurian, 2013) ดังนั้น รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่า ต้องพัฒนาให้ ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council (NRC, 2012) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติหันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/ แนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4

สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558)

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาของประเทศไทย พบว่า อัตรากำลังคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มลดลง และนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง อีกทั้งผลการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวัน รวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ทั้งเป็นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 อันเป็นทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อสร้างอาชีพให้แก่เยาวชน และเตรียมพร้อมกำลังคนที่มีคุณภาพเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2559) จึงเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ นอกจากนี้ ในระหว่างการเรียนรู้ดังกล่าว ผู้เรียนยังได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) ทักษะการทำงานเป็นทีม (collaboration skill) ทักษะการสื่อสาร (communication skill) และความคิดสร้างสรรค์ (creativity)

สรุปความเป็นมาของสะเต็มศึกษาในประเทศไทยได้ว่า ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาของประเทศไทยพบว่ามีอัตรากำลังคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ในช่วงศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มลดลง นักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสนใจในการศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งอาจทำให้นักเรียนขาดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งขาดการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ดังกล่าวกับชีวิตประจำวัน รวมถึงการประกอบอาชีพในอนาคต สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ และประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพในอนาคต

### 3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

Oxford Dictionary ได้ให้ ความหมายว่า STEM เป็นคำย่อเชิงวิชาการที่มุ่งเน้นการเรียนการสอนที่ใช้ความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และ คณิตศาสตร์ (Oxford Dictionary, n.d.) เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์จะมีคำอธิบาย และลักษณะ ดังนี้

1) S ย่อ มาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาหลักของหลักสูตรการศึกษาในหลายๆ ประเทศ โดยเฉพาะระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์ยังหมายรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาความเป็นไปของธรรมชาติสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน ควรให้สอดคล้องกับ 5 ลักษณะสำคัญในการสืบเสาะหาความรู้ ได้แก่ (1) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ (2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐาน (3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อมูล (4) ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายของตนกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือคำอธิบายอื่น ๆ และ (5) ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติมากหรือน้อยได้ตามระดับการสืบเสาะหาความรู้เพื่อให้เหมาะสมกับศักยภาพ และพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียน (Olson & Loucks-Horsley. 2000) 2)

2) T ย่อมาจาก Technology หรือเทคโนโลยีหมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ซึ่งมักจะทำให้มนุษย์มีความสะดวกสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น เทคโนโลยีเป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยเทคโนโลยีมีนัย 3 ประการคือ (1) เทคโนโลยีในฐานะศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นความรู้ และแนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ และนำเทคโนโลยีไปใช้ (2) เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาเฉพาะ และ (3) เทคโนโลยีด้านการจัดการเรียนการสอน โดยไม่ว่าจะมองจากนัยใด เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมักจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Technological design หรือ Technological design process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ปัจจุบันการเรียนการสอนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจะเน้นไปที่การพัฒนาความรู้เรื่องเทคโนโลยี

(Technological literacy) ให้กับผู้เรียน โดยมุ่งพัฒนาความสามารถในการใช้จัดการประเมิน และเข้าใจเทคโนโลยี ปรัชญาหนึ่งของเทคโนโลยีศึกษา คือ การสอนให้นักเรียนเกิดการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาถือเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิต และนักเรียนจะได้ใช้ทักษะนี้มากในชีวิตประจำวัน ทักษะการแก้ปัญหาเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาทางออกของปัญหาที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ การมีเหตุผล และประสบการณ์ในอดีตของการเข้าถึง

3) E ย่อมาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ทักษะกระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์เศรษฐกิจ สังคมและการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มจึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการ มากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ (สุธีระ ประเสริฐสรณ์, 2559) โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัด หรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์เป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญ ๆ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์เพื่อนำมาสู่ การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้าง การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือวิธีคิด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น ดึก สะพาน เชื้อน เป็นต้น ในการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ถือว่าการเตรียมเยาวชนเพื่อการเป็นวิศวกรหรือการคิดอย่างนักวิศวกรในอนาคต ซึ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ วิศวกรรมศาสตร์ไม่ได้เป็นวิชาหลักที่ปรากฏในหลักสูตรระดับการศึกษาทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย แต่จะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และสามารถใช่วิธีการได้อย่างหลากหลายในการพัฒนานวัตกรรมหรือ วิธีการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ทั้งในการทำงานและชีวิตประจำวัน เป้าหมายของการเรียนรู้ วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือแก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหายังไงในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4) M ย่อมาจากคำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์หมายถึง ภาษาของจำนวน รูปร่าง และปริมาณคณิตศาสตร์เป็นวิชาสำคัญอย่างยิ่งวิชาหนึ่ง ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์วางแผนตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม การเรียนรู้คณิตศาสตร์มี 3 เรื่องหลัก คือ 1) กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical thinking) ได้แก่การเปรียบเทียบ การจำแนก จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ 2) ภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิด

หรือความเข้าใจ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ฯลฯ และ 3) การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ขั้นสูง (higher-level mathematical thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็ก หรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม สะเต็มเป็นมากกว่าประเด็นทางการศึกษาเพราะในชีวิตจริงนั้น สะเต็มมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของมนุษย์โดยเฉพาะการทำงานในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้ให้นิยามของสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) คือ แนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้นสะเต็มศึกษาจึงไม่ใช่เรื่องใหม่ แต่เป็นการต่อยอดหลักสูตรโดยบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต สะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิด สร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ เช่น การเกษตร อุตสาหกรรม การพลังงาน การจัดการสิ่งแวดล้อม การบริการสุขภาพ โลจิสติกส์ อนึ่ง การทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มไม่ได้จำกัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยี แต่สามารถนำความรู้ในวิชาอื่น เช่น ศิลปะ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ สุขศึกษา พลศึกษามาบูรณาการได้อีกด้วย

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

### 3.3 ลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับนิยามของสะเต็ม โดยออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ใช้ฐานแนวคิดที่สอดคล้องและต่อยอดจากตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง วิทยาศาสตร์เป็นหลัก (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา 2551) และอาจจะมีการเชื่อมโยง

ระหว่างมาตรฐานหรือตัวชี้วัดในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หรือต่างกลุ่มสาระหรือต่างวิชา ซึ่งสอดคล้องกับระดับการบูรณาการขั้นสูง คือ ข้ามสาขาวิชา โดยรูปแบบของกิจกรรมจะเน้นการออกแบบกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา (มนตรี จุฬาวัฒนพล, 2556; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้และทักษะไปใช้อย่างมีความหมาย จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยและประสบการณ์วิชาการรับใช้สังคมของผู้เขียนจึงนำเสนอกรอบ ในการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่จำเป็น (Key features) ของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

3.3.1 มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างชัดเจนตามบริบทเนื้อหาและระดับความรู้ในแต่ละชั้นของผู้เรียน (สะเต็มศึกษา ประเทศไทย, 2558 ก.) โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้เรื่องสะเต็ม (STEM Literacy) เป็นเป้าหมายหลัก (สุธีระ ประเสริฐสรุพร, 2558, Zolman, 2012)

3.3.2 การออกแบบกิจกรรม อ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ"ความก้าวหน้าในการเรียนรู้" (learning progression) (ลือชา ลดาชาติ, 2555; 2559; Duschl & Bismack, 2016) ทั้งในมิติเนื้อหาและกระบวนการรวมทั้งใช้หลักการของการจัดหลักสูตรแบบเกลียว (spiral curriculum) โดยผู้เรียนจะเพิ่มพูนความรู้จากระดับพื้นฐานไปสู่ระดับสูงตามลำดับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละช่วงวัย หรือระดับการรู้คิด (Cognitive demand)

3.3.3 การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียน บริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายโดยอาจจะยึดกรอบแนวคิดบริบทตาม PISA OECD รวมทั้งประเด็นที่ผู้สอนต้องการเน้นซึ่งอาจจะเป็นนโยบายของสถานศึกษา หรือเป็นประเด็นเร่งด่วน เช่น นโยบาย ดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ หรือความเข้าใจเรื่องพลังงานในภาพรวมของประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2558)

3.3.4 ผู้เรียนผ่านประสบการณ์การเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2011) ที่เน้นการพัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหา และทักษะของวิชาแกน

3.3.5 กิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหา โดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การรังสรรค์ชิ้นงาน/โครงการตามแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (Project-based Learning) ที่เน้นกระบวนการออกแบบ หรือ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา

3.3.6 เน้นการวัดผลตามสภาพจริง (Authentic assessment) และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน (Formative assessment) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมสะเต็มคือ โครงการหรือชิ้นงาน(Project artifact) หรือการแก้ปัญหาโดยมีรายละเอียดของลักษณะสำคัญ คือ

การบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 อย่างชัดเจน (Explicit integration) ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเปรียบเสมือนแกนหรือกระดูกสันหลังของกิจกรรม เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจะให้นิยามและระบุลักษณะสำคัญของการบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ไว้ (Moore, 2010; Wang et al., 2011; English, 2016) ทั้งนี้อาจจะมีระดับของการบูรณาการที่แตกต่างกัน รวมทั้งการเลือกศาสตร์ที่เป็นจุดเน้นจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Vasquez et al., 2013) การบูรณาการอย่างชัดเจนอาจทำได้โดยการพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ระบุการบูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งใน ส่วน จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียน

อย่างไรก็ตาม การบูรณาการสะเต็มนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องสะเต็ม (Bybee, 2010) กิจกรรมสะเต็มจึงต้องเน้นการบูรณาการที่มุ่งสู่เป้าหมายคือการพัฒนาการรู้เรื่อง สะเต็ม ซึ่งหมายถึง ความสามารถของบุคคลในการทำความเข้าใจและประยุกต์แนวคิด กระบวนการ เจตคติ วิธีคิดและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ร่วมกัน เพื่อสืบเสาะอธิบาย แก้ปัญหา สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถทำได้โดยสาขาความรู้แบบเดี่ยว โดยแนวคิดและกระบวนการสะเต็มจะหมายรวมถึงการให้คุณค่า และตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ผู้ที่มีการรู้เรื่องสะเต็มจะสามารถประยุกต์ใช้ความรู้หรือทำความเข้าใจบทบาทของสะเต็มที่มีต่อการพัฒนาตัวบุคคล สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาในมิติเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งการรู้เรื่องสะเต็มเป็นพื้นฐานสำหรับผู้เรียนในการเรียนสืบเสาะหาความรู้ รวมไปถึงการประกอบอาชีพในอนาคต (U.S. Department of Labor, 2007)

ดังนั้นการรู้เรื่องสะเต็มจะมีความเชื่อมโยงกับทักษะต่าง ๆ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (สุทธิดา จำรัส, 2560) ในส่วนของบริบทประเทศไทย ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเป็นแก่นเรื่องที่เน้นนโยบายด้านเศรษฐกิจ ดิจิทัล และพลังงานของประเทศตามแผนบูรณาการระยะยาวนิยามของเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล (Digital Economy หรือ DE) หมายถึง เศรษฐกิจและสังคมที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information Communication Technology: ICT) หรือ ปัจจุบันเรียกว่าเทคโนโลยีดิจิทัล เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการปฏิรูปกระบวนการผลิตการดำเนินธุรกิจการค้าการบริการการศึกษา การสาธารณสุข การบริหารราชการแผ่นดิน รวมทั้งกิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ อาจจะเน้นไปที่การชูประเด็น ICT ที่นำมาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ โดยช่วยแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงาน เทคโนโลยีเหล่านี้เป็น “เทคโนโลยีที่ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรง (Disruptive technology) ที่จะส่งผลต่อผู้เรียนและส่งผลต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนในอนาคต ซึ่งยืนยันด้วยข้อมูลว่าเทคโนโลยีมือถือที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ที่รวมถึงโทรศัพท์สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต



กล้องมือถือ นาฬิกา ฯลฯ ส่งผลกระทบมากที่สุดเมื่อแสดงเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ เทียบกับเทคโนโลยีอื่น ๆ (Manyika et al., 2013) และคาดการณ์ว่าจากนี้ไปอีกไม่น้อยกว่า 1 ทศวรรษ เทคโนโลยีนี้จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบทางธุรกิจ ลักษณะการจัดการองค์กร รวมไปถึงวิถีการใช้ชีวิตของผู้คน (Geng, 2016)

การมุ่งเน้นที่จะดึงนโยบายนี้เข้ามาเป็นแก่นเรื่องหรือบริบทการเรียนรู้ รวมทั้ง “เทคโนโลยี” ในการบูรณาการเพิ่มเติมจึงเป็นการวางรากฐานอนาคตให้ผู้เรียน เช่น การวางลำดับของ “เทคโนโลยี” ในการทำกิจกรรมเพิ่มเติมอาจจะเริ่มต้นจากการหาเทคโนโลยีมาใช้เพื่อพัฒนาชิ้นงานหรือโครงการให้ดีขึ้นจากนั้นจึงพัฒนาเป็นการฝึกฝนเพื่อให้ใช้เป็นและใช้ให้เป็นประโยชน์ หลังจากนั้นจึงกำหนดจุดประสงค์การใช้เพื่อแก้ปัญหาและนำไปสร้างนวัตกรรม เช่น การใช้แอปพลิเคชันเพื่อการวัดผลที่แม่นยำกว่าวิธีเดิม การสร้างมโนภาพสามมิติเพื่อนำเสนอโครงสร้างโมเลกุลทดแทนภาพสองมิติในหนังสือที่มีข้อจำกัดด้านการมองเห็น เป็นต้น (สุทธิดา จำรัส, 2560) ตัวอย่างที่สองของการเน้นบริบทเพื่อสร้างเป็นแก่นคือการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเรื่องพลังงาน ซึ่งเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์แผนบูรณาการระยะยาวที่กำหนดโดยกระทรวงพลังงาน (กระทรวงพลังงาน, 2558) โดยประเด็นที่สามารถนำมาบูรณาการในหลักสูตรและ กิจกรรม เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้ารวมทั้งการลดการปล่อยมลพิษ การกระตุ้นการอนุรักษ์พลังงานแนวใหม่ที่แตกต่างจากอดีตที่ผ่านมา และเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อลดอัตราสิ้นเปลืองพลังงาน การศึกษาวิธีการและเทคโนโลยีเพื่อนำพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนมาใช้ให้มากขึ้น เทคนิควิธีการเพื่อยืดอายุแหล่งพลังงานภายในประเทศ รวมทั้งยุทธวิธีในการลดอัตราการผลิตแก๊สธรรมชาติภายในประเทศ รวมทั้งความเข้าใจของภาคประชาชนในเรื่องพลังงาน เป็นต้น (โครงการการส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาพลังงานในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560)

สรุปลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ได้ดังนี้

มีการบูรณาการความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีการออกแบบกิจกรรมอ้างอิงตามกรอบการพัฒนาแนวคิดแบบ "ความก้าวหน้า ในการเรียนรู้" (learning progression) การเรียนรู้ต้องเชื่อมโยงกับผู้เรียนบริบทที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน และเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยผู้เรียนได้พัฒนาทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 ควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะของวิชาแกน ซึ่งกิจกรรมเน้นการออกแบบและแก้ปัญหาโดยการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานโครงการที่เน้นกระบวนการออกแบบ เน้นการวัดผลตามสภาพจริง และการประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน

### 3.4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายวิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นระบบ เพราะปัญหาทางวิศวกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริง และมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนและสังคม จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องมีขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมหลากหลายรูปแบบดังนี้

สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (the National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (the American Association for the Advancement of Science; AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา และการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้

สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานสำคัญ คือ การกำหนดปัญหา (Identifying the problem) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมองและการดำเนินการวิจัย เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a solution) การทดสอบ (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหาคารปฏิบัติงาน (Making the item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา การประเมินผล (Evaluating it) ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงานและประเมินว่า สามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ และการนำเสนอผล (Presenting the results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็มของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association's STEM Center for Teaching and Learning) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย

กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิดวางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EIE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือเด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย ค้นหาปัญหาสร้างแนวคิด และเลือกแนวคิด ที่ดีที่สุด วางแผนลงมือปฏิบัติ และตรวจสอบ

กระทรวงทางการศึกษา ประเทศอังกฤษ (Department for Education) กำหนดหลักสูตร การศึกษาแห่งชาติ ตลอดจนหลักสูตรของโรงเรียนนานาชาติที่ใช้ระบบอังกฤษ (UK National Curriculum International GCSE and IB Diploma) และใช้กระบวนการทำงานว่ากระบวนการ ออกแบบ (Design process) ประกอบด้วย กำหนดความต้องการ รวบรวมข้อมูล สร้างแนวคิด พัฒนาแนวคิด ลงมือปฏิบัติ และประเมินผล โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับ ไปทำงานขั้นตอนต่าง ๆ

หน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรม ของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย (NSW Department of education and training, Australia) ซึ่งรับผิดชอบจัดการศึกษาของรัฐได้เรียก กระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technology process) ประกอบด้วยการทำงาน 3 ระยะ คือ การสำรวจและกำหนดงาน การสร้างและพัฒนาแนวคิด การลงมือปฏิบัติ โดยในแต่ละระยะ จะมีการวางแผนการจัดการและประเมินผลด้วยเสมอ

สสวท. โดยสาขาออกแบบและเทคโนโลยี ได้ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการทำงาน ดังกล่าว และสังเคราะห์กระบวนการทำงานที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยไว้ตั้งแต่หลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 จนมาถึงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ใน สารระการออกแบบและเทคโนโลยีกลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และเทคโนโลยีและ เรียกชื่อกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) ซึ่งสามารถ นำไปจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือ วิธีการได้โดยการทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตลอด ขึ้นอยู่กับ สถานการณ์รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงรายละเอียดกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process)

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p><b>ขั้นกำหนดปัญหาหรือความต้องการ</b></p> <p>เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหาหรือความต้องการหรือสถานการณ์ปัญหาหรือความต้องการอย่างละเอียดเพื่อกำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ชัดเจนสามารถนำไปแก้ไขได้จริง</p>	<p>- กำหนดสถานการณ์เทคโนโลยีและความท้าทายเพื่อให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งสถานการณ์ อาจเกิดจากสิ่งที่ประสบในชีวิตประจำวันชุมชนและสังคม</p> <p>- สร้างความตระหนักเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญ</p>	<p>- ทำความเข้าใจและวิเคราะห์สถานการณ์เทคโนโลยี และความท้าทายอย่างละเอียด</p> <p>- กำหนดปัญหา หรือความต้องการที่ต้องการแก้ไข</p>
<p><b>ขั้นรวบรวมข้อมูล</b></p> <p>เป็นขั้นรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลาย จากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ด้วยวิธีการสังเกต สอบถามจากผู้รู้ สืบค้นหรือสำรวจจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการ โดยวิธีการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธี</p>	<p>- จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้ รวมถึงให้คำแนะนำเกี่ยวกับกรรวบรวมข้อมูลเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่หลากหลายจากสื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ อย่างรอบด้าน</p> <p>- ร่วมวิเคราะห์ทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน</p> <p>- กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการให้ได้มากกว่า 1 วิธี</p> <p>- ร่วมสรุปองค์ความรู้และสารสนเทศที่จำเป็นสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ</p>	<p>- วิเคราะห์และสรุปเกี่ยวกับทรัพยากรและข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการทำงาน</p> <p>- กำหนดประเด็นในการรวบรวมข้อมูลที่กลุ่มให้ความสนใจ และสร้างเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล แล้วสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูล สืบเสาะหาความรู้ ศึกษา หรือสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่สนใจ</p> <p>- วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปองค์ความรู้ สารสนเทศและสรุปวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งควรมีมากกว่า 1 วิธี</p> <p>- นำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล</p>

ตาราง 3 (ต่อ)

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p><b>ขั้นออกแบบและปฏิบัติการ</b></p> <p>เป็นขั้นออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการเป็นภาพร่าง 2 มิติ ภาพร่าง 3 มิติ ภาพฉาย ภาพ Quick sketch ผังงานซึ่งอาจใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ จากนั้นวางแผนและปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอนตามแนวทางที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ ผลงานที่ได้อาจเป็นชิ้นงานหรือวิธีการก็ได้</p>	<p>- จัดเตรียมวัสดุที่จำเป็นและอุปกรณ์ เครื่องมือในการปฏิบัติงาน</p> <p>- ให้คำแนะนำและร่วมพิจารณาเลือกภาพร่างความคิดที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการมากที่สุด และสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้จริงตามข้อจำกัด ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่</p> <p>- กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ</p> <p>- ให้คำแนะนำและเน้นย้ำการใช้ อุปกรณ์ เครื่องมือให้ถูกต้อง และปลอดภัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือผู้เรียน ในการใช้งาน อุปกรณ์ เครื่องมือบางอย่างที่มีความซับซ้อน และอันตรายในการปฏิบัติงาน</p>	<p>- ออกแบบโดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการเป็นภาพร่างความคิด หรือผังงาน แล้วพัฒนาความคิดโดยใช้ความคิดสร้างสรรค์ให้ได้ความคิดที่หลากหลาย มีความแปลกใหม่</p> <p>- วิเคราะห์และเลือกภาพร่างความคิดที่เหมาะสมที่สุด</p> <p>นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้</p> <p>- วางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยใช้งานอุปกรณ์ เครื่องมือเหมาะสมกับประเภทของงาน ทำงานถูกต้องและปลอดภัย</p>
<p><b>ขั้นทดสอบ</b></p> <p>เป็นขั้นตรวจสอบ ทดสอบและบันทึกผลว่าชิ้นงานหรือวิธีการมีความสอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้หรือไม่</p>	<p>- ให้คำแนะนำและร่วมตรวจสอบ ทดสอบชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข</p>	<p>- ตรวจสอบการทำงานของชิ้นงานเพื่อหาจุดบกพร่องที่ต้องปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลการตรวจ ทดสอบการทำงานของชิ้นงาน</p>

## ตาราง 3 (ต่อ)

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p>สามารถทำงานหรือใช้งานได้หรือไม่ และมีข้อบกพร่องอย่างไร หากผลการทดสอบพบว่า ชิ้นงานหรือวิธีการไม่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ ทำงานหรือใช้งานไม่ได้ หรือมีข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไขจะต้องปฏิบัติงานในขั้นปรับปรุงแก้ไขต่อไป</p>		
<p><b>ขั้นปรับปรุงแก้ไข</b></p> <p>เป็นขั้นวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบเพื่อหาจุดที่ควรแก้ไข และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนกระทั่งได้ชิ้นงานหรือวิธีการสอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ และสามารถทำงานหรือใช้งานได้ ถ้าหากพบว่า ชิ้นงานหรือวิธีการไม่เป็นไปตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ ยังคงทำงานหรือใช้งานไม่ได้ควรกลับไปออกแบบและปฏิบัติการ หรือกลับไปรวบรวมข้อมูลและเลือกวิธีการที่เหมาะสมใหม่</p>	<p>- จัดเตรียมสื่อและแหล่งเรียนรู้ สำหรับการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน</p> <p>- ให้คำแนะนำและร่วมวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบ ทดสอบการทำงาน ของชิ้นงาน รวมทั้งแนวทางการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง</p> <p>- ให้คำแนะนำหากต้องย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไข ในขั้นตอนต่างๆ เช่น การย้อนกลับไปรวบรวมข้อมูลอีกครั้ง หรือเลือกวิธีการใหม่ หรือออกแบบและปฏิบัติการอีกครั้ง</p>	<p>- วิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบ ทดสอบการทำงาน ของชิ้นงาน</p> <p>- ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามทีออกแบบไว้</p>

ตาราง 3 (ต่อ)

กระบวนการเทคโนโลยี	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
<p><b>ขั้นประเมินผล</b></p> <p>เป็นขั้นนำชิ้นงานหรือวิธีการไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ และประเมินผลว่าชิ้นงานหรือวิธีการสามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ หากการประเมินผลพบว่าชิ้นงานหรือวิธีการไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ควรกลับไปพิจารณาวิธีการต่างๆ ตั้งแต่ขั้นรวบรวมข้อมูลและตัดสินใจเลือกวิธีการเพื่อเข้าสู่กระบวนการเทคโนโลยีใหม่อีกครั้งหนึ่งหรืออาจย้อนกลับไปยังขั้นออกแบบและปฏิบัติการเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการใหม่ ซึ่งการย้อนกลับไปปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการเทคโนโลยีผู้ปฏิบัติสามารถย้อนกลับไปยังขั้นตอนใดขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่ประสบ</p>	<p>- อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนในการนำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือความต้องการ</p> <p>- ร่วมสรุปองค์ความรู้จากการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ</p> <p>- ให้ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาชิ้นงานในอนาคต และกรณีที่ชิ้นงานไม่สามารถแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้</p>	<p>- นำชิ้นงานไปแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ และประเมินผลว่าชิ้นงานที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหา หรือสนองความต้องการภายใต้สถานการณ์เทคโนโลยี ความท้าทาย ข้อจำกัดและทรัพยากรที่มีอยู่หรือไม่อย่างไร พร้อมทั้งบันทึกผล เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาชิ้นงานต่อไป</p> <p>- นำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนเรียนรู้</p>

อภิสิทธิ์ ธงไชย กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมอาจมีหลายรูปแบบที่ใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตาม กระบวนการนี้จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ปัญหา หรือความต้องการ (problem) แนวทางการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ และประเมินผล (Standard for Technology Education by International Technology and

Engineering Educators Association: ITEEA) ทั้งนี้กระบวนการดังกล่าวจะเป็นขั้นตอนการทำงานที่เป็นลักษณะวงจร (cycle) การทำงานที่สามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงได้ตลอดขึ้นกับสถานการณ์ที่ประสบ ดังแผนภาพกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้เป็นเพียงกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนรู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกรที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข การคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการนี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องมีปัญหาคำถามหรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป โดยจุดต่างที่สำคัญของระหว่างกระบวนการทางวิศวกรรมและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ การออกแบบทางเลือกเพื่อแก้ปัญหาที่หลากหลาย แล้ววิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจมีใช้แนวทางที่ถูกต้องที่สุด ("optimum rather than "right") ซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการทางวิศวกรรมนอกจากนั้นกระบวนการทางวิศวกรรมเน้นที่การประยุกต์ใช้ข้อเท็จจริงเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา ในขณะที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มักมุ่งไปที่การได้มาซึ่งคำตอบของข้อสงสัยหรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น อย่างไรก็ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ยังคงต้องใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เช่นเดิม เพียงแต่การเรียนการสอนในชั้นเรียนควรให้มีการลงมือ ปฏิบัติด้วยการสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งอาจเป็นลักษณะของโครงงาน (project-based learning) การใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem based learning) ให้มากขึ้นและเน้นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จะทำให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ทฤษฎีและสามารถนำองค์ความรู้จากศาสตร์ ต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ

จากการนำเสนอกระบวนการทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะพบว่า มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานบางอย่างแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายเดียวกันเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหาใช้ทรัพยากร (Resources) อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด (Constraints) สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดโดยแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนหรือรายละเอียดคล้ายกัน

สรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้จะเริ่มจากการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงทำการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบ หากมีข้อบกพร่องก็ให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ปัญหา



หรือสนองความต้องการได้ ส่วนในตอนสุดท้ายจะดำเนินการประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นจะสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

### 3.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนต้องประยุกต์ใช้ความรู้จากหลายวิชา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนอย่างเป็นระบบ เพราะปัญหาทางวิศวกรรมนั้นเกี่ยวข้องกับโลกความเป็นจริง และมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนและสังคม ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีหลายรูปแบบดังนี้

Morgan, Capraro and Capraro (2013, p. 29) ได้อธิบายขั้นตอนการ ออกแบบวิศวกรรม ซึ่งมี 7 ขั้นตอน สามารถสรุปในบริบทของการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและข้อจำกัดของปัญหา เป็นขั้นในการทำความเข้าใจปัญหา ระบุปัญหา ระบุขอบเขตของปัญหา ระบุข้อจำกัดของปัญหา รวมถึงผลกระทบของปัญหาต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการปฏิบัติงานโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้าน เวลาและทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 2 การค้นคว้าวิจัย เป็นขั้นตอนในการค้นคว้าข้อมูลที่จำเป็นเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ รวมถึงการแก้ปัญหา ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านั้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนรู้ถึงข้อจำกัดและกฎเกณฑ์หรือข้อบังคับต่างๆ รวมถึงมาตรฐานการออกแบบเชิงอุตสาหกรรมที่เหมาะสม อีกทั้งในการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ถึงหน้าที่การใช้งาน ข้อจำกัด และสามารถที่จะเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ในการออกแบบได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือได้ว่ามีความสำคัญสำหรับการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นอย่างมาก สำหรับการแก้ปัญหา การค้นคว้า ข้อมูลที่เพียงพอจะทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกตัดสินใจในการเลือกแนวทางในการแก้ปัญหา สามารถคำนวณผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและสามารถที่จะระทำการวางแผนเพื่อที่จะลดผลกระทบนั้นให้น้อยที่สุดที่เป็นไปได้

ขั้นที่ 3 การระดมความคิด เป็นขั้นตอนในการระดมความคิดซึ่งผู้เรียนจะต้องร่วมกันเสนอความคิด แนวทางในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งการระดมความคิดนั้นถือเป็นการแบ่งปันความรู้ ความเข้าใจของกลุ่มร่วมกัน และทำให้ผู้เรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาในมุมมองที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ความคิด หลังจากที่ทำการระดมความคิดในขั้นตอนที่ 3 แล้วนั้นผู้เรียนจะต้องนำแนวคิดเหล่านั้นมาวิเคราะห์และร่วมกันพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการออกแบบชิ้นงานอย่างเหมาะสมและสร้างสรรค์ โดยนำความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาบูรณาการ ผู้เรียนจะต้องพัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา รวมถึงการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาเลือกอื่นๆ หากแนวทางการแก้ปัญหาที่ใช้นั้นไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องกำหนดวิธีการประเมินและเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาของตนเองและกลุ่มได้อย่างเหมาะสมอย่างเป็นระบบ

ขั้นที่ 5 การสร้างชิ้นงาน หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ความคิดและทำการพัฒนาแนวทางการแก้ปัญหารวมถึงการออกแบบชิ้นงานออกมาอย่างสมบูรณ์ ผู้เรียนจะต้องทำการสร้างชิ้นงานหรือลงมือแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น ชิ้นงานไม่จำเป็นจะต้องเป็นวัตถุเสมอไป สามารถที่จะเป็นโมเดล หรือแผนผังกระบวนการ เช่น กระบวนการผลิตต่างๆ

ขั้นที่ 6 การทดสอบและปรับปรุงแก้ไข หลังจากผู้เรียนได้ทำการสร้างชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะเป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมานั้นมาทำการทดลองใช้หรือทดสอบว่าสามารถทำงานหรือใช้งานได้ตามเป้าหมายที่ออกแบบไว้หรือไม่ ทั้งนี้รวมถึงการประเมินชิ้นงานที่ได้ทำการออกแบบอีกด้วย ผู้เรียนจะต้องมีการบันทึกผลการทดสอบและการประเมินต่างๆ ไว้เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 7 การนำเสนอและการสะท้อนผล หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะต้องทำการรายงานผลจากการปฏิบัติงานทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการในการออกแบบ การสร้างชิ้นงาน การทดสอบและการปรับปรุงชิ้นงานหลังจากการทดสอบ รวมถึงผลจากการแก้ปัญหา ในการสื่อสารผู้เรียนจะต้องสามารถเลือกวิธีการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นการพูดปากเปล่า การใช้วีดิทัศน์ การเขียนรายงาน เป็นต้น ทั้งนี้ผู้สอนเองสามารถที่จะกำหนดวิธีการสื่อสารให้กับผู้เรียนได้ตามความเหมาะสม

Robert (2013) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นฐาน มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้หลัก เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และตัวบ่งชี้ที่บอกถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้สามารถการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักแล้ว ให้นำสามสาขาวิชาที่เหลือเป็นสาระการเรียนรู้รอง

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาชีวิตประจำวัน เป็นการเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้หรือเนื้อหาที่เลือก ในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใดหรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก เมื่อเลือกเนื้อหาในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ผู้สอนจะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้ สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เหลื้อมว่ามีสาระการเรียนรู้รองเรื่องใดที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนบรรลุ จุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 4 จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด ผู้สอนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่ เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็นจุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้ที่ได้ จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รองให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา สามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก

ขั้นที่ 5 สนับสนุนให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิด แก้ปัญหา และลงมือปฏิบัติ ในการลงมือปฏิบัตินั้น ผู้สอนจำเป็นต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อม มีการกำหนดเวลาการทำงาน และมีการตรวจสอบความคิดของผู้เรียน

ขั้นที่ 6 แก้ไขปรับปรุงชิ้นงานการออกแบบ ผู้เรียนนำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นตั้งคำถามและให้ข้อเสนอแนะกับผลงานนั้น และกลุ่มนั้นต้องมีการบันทึก ข้อเสนอแนะของผู้สอนและเพื่อนกลุ่มอื่นไว้เพื่อปรับปรุงแก้ไขผลงาน

ขั้นที่ 7 ประเมินชิ้นงานการออกแบบ หลังจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานแล้ว ผู้สอน และผู้เรียน ตรวจสอบให้คะแนนชิ้นงานตามประเด็นที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 8 นำเสนอผลงานชิ้นที่สมบูรณ์ ผู้เรียนนำเสนอผลงานต่อที่สาธารณะ ซึ่งสามารถจัด ในช่วงท้ายของภาคเรียนหรือปีการศึกษา เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความภูมิใจและ พยายามที่จะ ปรับปรุงผลงานในครั้งต่อไป

Schachter (2012, p. 45) ได้กล่าวถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ชื่อว่า "Engineering Design Process" ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบโดย Engineering is Elementary (EIE) ซึ่งออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยมีขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (identify) เป็นการเริ่มต้นเรื่องที่เรียนโดยการใช้ปัญหา ซึ่งไม่ควรเป็น ปัญหาที่หนักเกินไปสำหรับเด็กที่จะให้เด็กค้นหาปัญหาที่พวกเขาต้องการที่จะแก้ปัญหา ฟังการ สนทนาของนักเรียน ยึดความสนใจของนักเรียนเป็นหลัก

ขั้นที่ 2 จินตนาการวิธีการแก้ปัญหา (Imagine) เมื่อพบปัญหาที่จะตรวจสอบหรือแก้ไข สนับสนุนให้นักเรียนจินตนาการวิธีการแก้ปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ อย่กำหนดขอบเขต ความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขา

ขั้นที่ 3 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนของการวางแผนเพื่อปฏิบัติจริง ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อระดมสมองแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ และจดบันทึกวางแผนขั้นตอนที่จะทำงาน

ขั้นที่ 4 ขั้นสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Create) มีวัสดุจำนวนมากเพื่อให้นักเรียนเลือกใช้ในการทำกิจกรรม ได้แก่ โฟม พลาสติก กระดาษแข็ง ซึ่งเป็นอุปกรณ์ก่อสร้างพื้นฐาน

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบและปรับปรุง (Improve) ถ้าสิ่งที่นักเรียนทำในตอนแรกไม่ประสบความสำเร็จ ให้นักเรียนลองคิดปรับปรุงแก้ไขงานที่ทำอีกครั้ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2560) ลักษณะที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะบูรณาการประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหา หรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหามักพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหามองอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหามองกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามองนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ ระบุปัญหา (Problem Identification) ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว มีความจำเป็นต้องเก็บผักผลไม้ในที่ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อคงความสดใหม่ จึงเกิดคำถามขึ้นว่าทำอย่างไรจึงจะสร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอแม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงก็ตามรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information Search) การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ได้อธิบายว่า (1) สสารโดยทั่วไปมีการคลายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว และมีการดูดความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ และ (2) สสารในสถานะไอสามารถ เปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความดันที่สูงขึ้น และเปลี่ยนกลับเป็นไอได้เมื่อลดความดันลง จึงได้แนวคิดว่าการนำสารที่เปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนได้ดีมาทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอภายในตู้ และเปลี่ยนสถานะกลับเป็นของเหลวภายนอกตู้ ก็จะเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิจากภายในตู้ออกไปนอกตู้ได้ ในที่นี้เทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า (หรือมอเตอร์) สามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องอัดแรงดันให้สารเปลี่ยนสภาพจากไอเป็นของเหลวได้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในการถ่ายเทพลังงานความร้อน ควรมีการนำเอาสารหลายๆ ชนิดมาทดลองเปรียบเทียบอัตราการดูดและคลายความร้อน และพลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้สารนั้นๆ เปลี่ยนสถานะไปมาออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากที่ได้ศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการ

สร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ต่ำเสมอแล้ว ขั้นต่อไป ผู้แก้ปัญหาต้องออกแบบกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ต้นทุนต่ำแต่ได้ประสิทธิภาพที่ต้องการ โดยการเลือกสรรวัสดุและชิ้นส่วนที่เหมาะสม คำนวนปริมาณสารที่ต้องใช้รวมถึงคำนวณขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ทำอุปกรณ์อัดแรงดันด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนเหมาะสมกับขนาดของห้องที่ต้องการทำความเย็น วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงปริมาณสาร และขนาด องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ต้องใช้สร้างผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว ผู้แก้ปัญหาลงมือพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยในการสร้างผลิตภัณฑ์ ให้ชัดเจน ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบที่กักเก็บสารทำความเย็นไว้ในระบบปิด โดยทำให้เกิดการระเหยกลายเป็นไอภายในห้องที่ต้องการทำความเย็นและควบแน่นกลับเป็นของเหลวภายนอกห้อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการใช้งานก่อนนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นำกระบวนการออกแบบที่ได้นำเสนอต่อผู้ที่สนใจหรือผู้ให้ทุนสนับสนุน เพื่อให้เกิดการผลิตในปริมาณมากและใช้งานในวงกว้างต่อไป ตามที่ได้กล่าวไปแล้วกระบวนการทั้งหมดนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเป็นลำดับดังตัวอย่างเสมอไป การทดสอบและประเมินผลสามารถทำได้ในระหว่างการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเช่นกัน หากผลลัพธ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ก็อาจจำเป็นต้องย้อนกลับไปค้นหาแนวคิดอื่นขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

เมื่อนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาผนวกกับการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนนั้น ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประมวลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ประเมินตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้เหล่านั้นเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะช่วยถ่วงถ่วงแนวคิดเบื้องต้นของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ดังกล่าวของผู้เรียนได้ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตามการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะสามารถ แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ ได้

สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท) เนื่องจากมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจน สอดคล้องและเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน และเนื้อหาที่จะสอน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาจาก

สถานการณ์ที่ประสบอย่างเป็นขั้นเป็นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนจะเป็นการฝึกฝนผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผ่านการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ ศึกษา ค้นคว้า และทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการระดมสมองออกแบบชิ้นงานใหม่ที่มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร และสามารถใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบชิ้นงาน นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ฝึกเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหา สังเคราะห์ จนนำไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรมของผู้เรียนได้ โดยประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

### 3.6 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ควบคู่กันกับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่จะได้ข้อมูลสารสนเทศที่แสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน

รวมทั้งได้ข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้ตามศักยภาพ การประเมินผลเป็นกลไกหนึ่งในการประกันคุณภาพการศึกษาทั้งภายในและภายนอก พระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้ระบุถึงวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ไว้ว่า ให้สถานศึกษา จัดการประเมินผลผู้เรียนโดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกต พฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความ เหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติฉบับดังกล่าว ทำให้เห็นแนวทางการวัดผลและประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. การวัดผลและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้จะต้องดำเนินการควบคู่กัน ไปอย่างสอดคล้องและต่อเนื่อง

2. ในการจัดการเรียนรู้มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการและเจตคติ การประเมินพัฒนาการของผู้เรียนจึงต้องประเมินให้ครอบคลุมทุกด้าน

3. เพื่อให้การประเมินครอบคลุมทุกด้านและได้ข้อมูลเพียงพอที่จะประเมินพัฒนาการ ความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียนจะต้องใช้กระบวนการและวิธีการประเมินผลหลากหลายวิธี และต่อเนื่องทั้งการสังเกตพฤติกรรมการเรียน และการเข้าร่วมกิจกรรม การวัดผลและประเมินผลตาม แนวทางสะสมศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำ กิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริงของ ผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน และตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบพัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มี จุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรได้รับการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้ มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องเช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัด และประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตาม ความถนัด และความสนใจ ของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้

3.1 การประเมินจากสภาพจริง (authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถ ที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออกการกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิด ระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมิน จากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้านโดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธี ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มาก พอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้ ลักษณะสำคัญของการประเมิน จากสภาพจริง



3.1.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

3.1.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3.1.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

3.1.4 เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลายๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้ การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตาม ศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

3.1.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ผู้สอน สามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่ เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

3.1.6 เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมมั่น ในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

3.1.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่น ได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

### 3.2 การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)

3.2.1 ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการงาน ต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

3.2.2 การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออกกระบวนการ ทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงาน มากกว่าผลสำเร็จของงาน

3.2.3 ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของ งาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้

คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน

สรุปการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเน้นการประเมินตามสภาพจริง และประเมินการพัฒนาของนักเรียน สามารถประเมินได้จากการแสดงออกการกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ได้

#### 4. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

##### 4.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21

ในศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้คนในยุคนี้จึงตกอยู่ในสภาวะที่ต้องแข่งขันกันตลอดเวลา ผู้คนรุ่นใหม่จึงจำเป็นต้องมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการประยุกต์และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด(Karnkarunyakul, 2013) โดยหนึ่งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่สำคัญคือทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เนื่องจากความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ ซึ่งมีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่นๆ และเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งในการส่งเสริมความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติ ประเทศใดก็ตามที่สามารถแสวงหา พัฒนา และนำเอาศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของประเทศชาติออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากเท่าใด ก็ยังมีโอกาสพัฒนาและเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ในประเทศต่างๆที่ประชาชนมีความคิดสร้างสรรค์ จะก่อให้เกิดจินตนาการจนสามารถสร้างนวัตกรรมที่แปลกใหม่เป็นประโยชน์ เอื้ออำนวยความสะดวกแก่มวลมนุษยชาติ จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีหลายองค์กรที่พัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2009) การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องยึดผลลัพธ์ทั้งแง่ในความรู้ของวิชาแกนและทักษะแห่งศตวรรษใหม่ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่โรงเรียน สถานที่ทำงานและชุมชนต่างเห็นคุณค่าว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อโลกของการทำงานและการศึกษาขั้นสูง ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 คือเครื่องมือที่ต้องใช้เพื่อเป็นบันไดทางเศรษฐกิจและสังคมในระดับสูง ผู้เรียนต้องมีความรู้ในเนื้อหาและทักษะที่จะประยุกต์ใช้และปรับเปลี่ยนความรู้เหล่านั้นให้เข้ากับเป้าหมายที่ยังเป็นประโยชน์และสร้างสรรค์ รวมถึงการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตามเนื้อหาและสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป กรอบความคิดนี้ถูกพัฒนาร่วมกันองค์กรเกือบ 40 องค์กรที่เป็นสมาชิก ซึ่งรวมถึงสมาคมการศึกษาแห่งชาติ (National Education Association) กรอบความคิดนี้ถูกนำเสนอแก่ผู้กำหนดนโยบาย นักการศึกษา นักธุรกิจ

องค์กรชุมชน และผู้ปกครองนักเรียนที่เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่งว่าทักษะใน ศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งจำเป็น ต่อความสำเร็จในปัจจุบัน (Kay, 2010, p.25 อ้างถึงโดย พิชญ์ ทิมี่ 2559) กรอบแนวคิดการเรียนรู้ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย

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

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จในที่ทำงาน และชุมชนแต่ไม่ได้เน้นในโรงเรียนทุกวันนี้ ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และความตระหนักใน สุขภาพและสวัสดิภาพ

3. ทักษะการเรียนรู้และการคิด นอกจากเรียนรู้เนื้อหาทางวิชาการแล้ว นักเรียนจำเป็นต้อง รู้จักวิธีเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต รู้จักใช้สิ่งที่เรียนมาอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ทักษะ การเรียนรู้และการคิด ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์และทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการสร้างสรรค์และการผลิตนวัตกรรม ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการเรียนรู้ตามบริบท และทักษะพื้นฐานด้านข้อมูลและสื่อ

4. ความรู้พื้นฐานไอซีที ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารคือ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในบริบทของการ เรียนรู้วิชาแกน ผู้เรียนต้องใช้เทคโนโลยีให้เป็นเพื่อเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ จะได้รู้จักวิธีเรียนรู้การคิด เชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การใช้ข้อมูลข่าวสาร การสื่อสาร การผลิตนวัตกรรม และการร่วมมือทำงาน

5. ทักษะชีวิต ครูที่ดีย่อมรู้จักสอดแทรกทักษะชีวิตในบทเรียน ความท้าทายในปัจจุบันคือ การผสมผสานทักษะที่จะเป็นเหล่านี้ในโรงเรียนอย่างจริงจัง แยกกาย และรอบด้าน ทักษะชีวิตได้แก่ ความ เป็นผู้นำ ความมีจริยธรรม การรู้จักรับผิดชอบ ความสามารถในการปรับตัว การรู้จักเพิ่มพูน ประสิทธิภาพของตนเอง ความรับผิดชอบต่อตนเอง ทักษะในการเข้าถึงคน ความสามารถในการชี้แนะ ตนเอง และความรับผิดชอบต่อสังคม

6. การประเมินในศตวรรษที่ 21 การประเมินผลที่แท้จริงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษ ในศตวรรษที่ 21 การประเมินนี้ต้องวัดผลลัพธ์สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ วิชาแกน เนื้อหาสำหรับ ศตวรรษที่ 21 ทักษะการเรียนรู้และการคิด ความรู้พื้นฐานไอซีที และทักษะชีวิต การประเมินทักษะ แห่งศตวรรษที่ 21 ควรทำควบคู่ไปกับการประเมินวิชาแกน เพราะการประเมินที่แยกขาดกันจะบั่น ทอนเป้าหมายในการหลอมรวมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ากับวิชาแกน เทคโนโลยีสมัยใหม่จะช่วย ให้การประเมินมีประสิทธิภาพ มีความยั่งยืน และเสียค่าใช้จ่ายน้อยลง แบบทดสอบมาตรฐานเพียง อย่างเดียวใช้วัดทักษะการเรียนรู้ที่เรียนได้ไม่ก็อย่าง การประเมินต้องผสมผสานให้สมดุลระหว่าง

แบบทดสอบมาตรฐานที่มีคุณภาพ กับการประเมินในชั้นเรียนอย่างมี ประสิทธิภาพ จึงจะเกิดเป็น เครื่องมืออันทรงพลังสำหรับครูและนักเรียนในการเรียนรู้เนื้อหา และทักษะที่จำเป็นต่อความสำเร็จ

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 ที่แตกต่างจากอดีต โดยเฉพาะจะต้องใช้ทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การสื่อสาร การร่วมมือในการทำงาน สำหรับการใช้ชีวิตที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น และสิ่งแวดล้อมในการทำงานในโลกปัจจุบัน โดยทักษะที่จำเป็น ได้แก่

1.1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) คือการที่ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำงานอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับผู้อื่นได้ และเกิดนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย

1.1.1 การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) เป็นการใช้ความคิดที่อิสระในการ ออกแบบเทคนิค มาจากหลายวิธีการ เช่นการระดมสมอง (brainstorming) สร้างสิ่งใหม่ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีคุณค่า สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์และประเมินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.1.2 การทำงานกับคนอื่น ๆ อย่างสร้างสรรค์ (work Creativity with Others) เป็นการสร้างและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นทราบอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงออกโดยปฏิบัติอย่าง ริเริ่มสร้างสรรค์และเข้าใจข้อจำกัดที่เป็นจริง มองเห็นว่าแม้จะล้มเหลวแต่ได้มีโอกาสเรียนรู้ และเข้าใจ ว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมต้องใช้เวลายาวนาน

1.1.3 การนำนวัตกรรมไปใช้ (Implement Innovations) คือ การนำความคิดริเริ่ม ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่องาน ทำให้ผลงานนั้นเป็นนวัตกรรม

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

1.2.1 การให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ (Reason Effectively) คือการใช้วิธีหา เหตุผลจากหลากหลายวิธี เช่น การอุปมาอุปมัย

1.2.2 การคิดอย่างเป็นระบบ (Use Systems Thinking) คือการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ส่วนย่อย ๆ และจึงมองเป็นภาพรวม

1.2.3 การพิจารณาและตัดสินใจ (Make Judgments and Decisions) คือการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลแนวความคิดอย่างมีประสิทธิภาพ สังเคราะห์และเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศและข้อถกเถียง ตีความข้อมูลและลงข้อสรุป สะท้อนสิ่งที่เรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ

1.2.4 การแก้ปัญหา (Solve Problem) คือการแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้วิธีปกติและวิธีใหม่ ๆ วิเคราะห์คำถามสำคัญเพื่อให้ความคิดชัดเจนขึ้นและนำไปสู่การลงข้อสรุป

1.3 การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication and Collaboration) คือความสามารถของแต่ละบุคคลที่สื่อสารได้อย่างชัดเจนในการพูด การเขียน และที่ไม่ใช้ภาษา การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพและมีความรับผิดชอบ ประกอบด้วย

1.3.1 การสื่อสารอย่างชัดเจน (Communicate clearly) คือการแยกแยะแนวคิดอย่างมีเหตุผลโดยใช้การสนทนา การเขียนและทักษะการสื่อสารต่าง ๆ ในหลายรูปแบบและในหลายบริบท ฟังอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเข้าใจความหมาย ความรู้ ค่านิยม ทักษะ และ จุดมุ่งหมาย ใช้การสื่อสารหลาย ๆ วิธีที่จะสนองต่อจุดประสงค์ ใช้สื่อและเทคโนโลยีและสามารถประเมินผลกระทบสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพในหลากหลายบรรยากาศ

1.3.2 การร่วมมือทำงาน (Collaboration) หมายถึงแสดงออกถึงความสามารถที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับในทีมที่ทำงานด้วย มีความยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะทุ่มเทในการทำงานให้สำเร็จเพื่อให้สู่เป้าหมายของงาน มีความรับผิดชอบ ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นและเห็นคุณค่าของความคิดที่มาจากสมาชิกในกลุ่ม

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) คือ การแสดงความสามารถได้หลากหลาย และมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการใช้สื่อและเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น การเข้าถึงข้อมูลอย่างอิสระ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเครื่องมือเทคโนโลยีและความสามารถในการช่วยเหลือ คนในยุคนี้จึงควรมีความสามารถหลัก ๆ เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ เข้าถึงข้อมูลอันมหาศาลได้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและเครื่องมือ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและแบ่งปันข้อมูลกับผู้อื่น ซึ่งทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วย

2.1 การรู้สารสนเทศ (Information Literacy) คือ ความสามารถในการจำแนกประเมินและใช้อย่างมีประสิทธิภาพในข้อมูลที่จำเป็น ประกอบด้วย การเข้าถึงและประเมินข้อมูลและการใช้และจัดการสารสนเทศ (Use and manage information)

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

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

3. ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) คือความสามารถในการประเมิน ผู้นำแนวทางการดำรงชีวิตที่ซับซ้อนและการทำงานในโลกที่มีการแข่งขันสูง ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับทีมที่หลากหลาย การเปิดใจยอมรับความคิดที่หลากหลาย แสดงการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและรับผิดชอบทั้งต่อตนเองและสังคม สิ่งแวดล้อมในการทำงาน และชีวิต มีความสามารถในการอยู่ได้ท่ามกลางชีวิตที่สับสนและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่มีการแข่งขันกันในระดับโลก 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) คือความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการตั้งเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้อย่างอิสระ ประกอบด้วย จัดการเรื่องเป้าหมายและวางแผนการทำงาน ทำงานได้อย่างอิสระ และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้

4. ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ด้านวัฒนธรรม (social and Cross-culture skills) คือการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เคารพและยอมรับความแตกต่างทางสังคมและวัฒนธรรม ประกอบด้วย การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และการทำงานกับทีมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 การเพิ่มผลผลิตและการรู้รับผิดชอบ (productivity and accountability) คือการจัดการ และเผชิญเป้าหมาย ความจำเป็นที่มาก่อน การจัดการเวลาทำงาน ประกอบด้วย จัดการกับ โครงการได้ และสร้างผลผลิตได้

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

เพื่อให้เห็นฐานความคิดและแนวทางการพัฒนาหลักสูตรในศตวรรษที่ 21 ที่ชัดเจนจึงได้นำเสนอกรอบความคิดเชิงมโนทัศน์เกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ขององค์กรและบุคคลต่าง ๆ ไว้ดังต่อไปนี้ (วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และ อธิป จิตตฤกษ์, 2554: 118-137)

กรอบความคิดของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2007) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่ถูกนำไปใช้อ้างอิงอย่างกว้างขวาง ดังนี้

1. วิชาแกน (core subject) พระราชบัญญัติการศึกษาพื้นฐานถ่วงหน้า ค.ศ. 2001 (No Child Left Behind Act of 2001) ของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดวิชาแกนที่จำเป็นต้องเรียนรู้ไว้ คือ วิชาภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะ การใช้ภาษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ หน้าที่พลเมือง การปกครอง เศรษฐศาสตร์ ศิลปะ ประวัติศาสตร์ และภูมิศาสตร์

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จในที่ทำงาน และชุมชน แต่โรงเรียนต่าง ๆ 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 ใน บริบทของการเรียนรู้วิชาแกน นักเรียนต้องใช้เทคโนโลยีให้เป็นเพื่อเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ และจะได้เรียนรู้วิธีการเรียนรู้การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ไขปัญหา การใช้ข้อมูลข่าวสาร การสื่อสาร การผลิตนวัตกรรม และการร่วมมือทำงาน

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

กรอบความคิด Engauge ของ NCRELMetiri Group (2003) ห้องวิจัยการศึกษาเขตภาคกลางตอนเหนือ (NCREL) และกลุ่มเมทีริ (Metiri Group) ได้เสนอกรอบความคิดสำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในปี ค.ศ. 2003 ไว้โดยกรอบความคิด Engauge ได้เพิ่ม “ความรู้พื้นฐานเชิงทัศนภาพ” (visual literacy) ลงไปว่าเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางข้อมูลข่าวสารและรวม “ความอยากรู้” “ความกล้าเสี่ยง” และ “การจัดการความซับซ้อน” เข้าไว้ในทักษะหลักด้วย กรอบความคิดนี้เน้น “การจัดลำดับความสำคัญ การวางแผน และการจัดการเพื่อมุ่งผลลัพธ์” และเห็นว่า “ความรู้

พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรม" (multicultural literacy) เป็นองค์ประกอบที่ชัดเจนอีกอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ยังได้เสนอกรอบความคิดที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังต่อไปนี้

1. ความรู้พื้นฐานในยุคดิจิทัล ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และ เทคโนโลยี ความรู้พื้นฐานเชิงทักษะการและข้อมูล ความรู้พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลก

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

3. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การทำงานเป็นทีม ความร่วมมือ ทักษะด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความรับผิดชอบต่อตนเอง ต่อสังคม และความรับผิดชอบต่อชุมชน การสื่อสารแบบโต้ตอบ

4. การเพิ่มผลิตผลระดับสูง ได้แก่ การจัดลำดับความสำคัญ การวางแผน การจัดการเพื่อมุ่งผลลัพธ์ การใช้เครื่องมือจริงอย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพและเหมาะสม

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

1. ความสามารถในการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ รู้จักใช้ภาษา สัญลักษณ์ และเนื้อหา ข้อความอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ความรู้และข้อมูลข่าวสารอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่หลากหลาย โดยมีความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น ให้ความร่วมมือและทำงานเป็นทีม จัดการและแก้ไขความขัดแย้ง

3. ความสามารถในการโต้ตอบโดยอิสระ โดยคำนึงถึงภาพรวม วางแผนชีวิตและดำเนินตาม โครงการส่วนตัวที่วางไว้ ปกป้องและยืนยันสิทธิผลประโยชน์ ข้อจำกัดและความต้องการ

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

1. ความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมมนุษย์และโลกทางกายภาพและโลกธรรมชาติ ได้แก่ในเรื่อง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ภาษา และศิลปะ โดยเน้นการศึกษาเพื่อตอบคำถามสำคัญ ทั้งในยุคนี้อันและที่คงอยู่ทุกยุคทุกสมัย

2. ทักษะทางปัญญาและเชิงปฏิบัติ ได้แก่ การตั้งคำถามและการวิเคราะห์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดเชิงสร้างสรรค์ การสื่อสารด้วยการเขียนและพูด ความรู้พื้นฐานในเรื่องปริมาณ ความรู้



พื้นฐานในข้อมูลข่าวสาร การทำงานเป็นทีมและการแก้ไขปัญหา โดยมีการฝึกปฏิบัติให้ทั่วทุกหลักสูตร ในลักษณะที่มีความท้าทายของปัญหาโครงการและมาตรฐานการปฏิบัติ และประเมินผล

3. ความรับผิดชอบส่วนตัวและต่อสังคม ได้แก่ ความรู้และการมีส่วนร่วมในฐานะพลเมือง ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับโลก

4. การเรียนรู้แบบบูรณาการ ได้แก่ การสังเคราะห์และความสำคัญขั้นสูงในการศึกษาทั่วไป และเฉพาะทาง โดยอาศัยผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และความรับผิดชอบในสภาพแวดล้อมใหม่และปัญหาที่ซับซ้อน

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

1. ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยนักเรียนสามารถแสดงความคิดสร้างสรรค์ผลิตความรู้ และพัฒนานวัตกรรมที่เป็นผลผลิตและกระบวนการโดยใช้เทคโนโลยี ในด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ ผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือกระบวนการใหม่ การสร้างงานที่เป็นต้นแบบ เพื่อสื่อถึงตัวตนหรือกลุ่ม การใช้โมเดลและการจำลองเพื่อสำรวจระบบและปัญหาที่ซับซ้อน การหาแนวโน้ม และคาดการณ์ความเป็นไปได้

2. การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน โดยนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากสื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลเพื่อสื่อสารและทำงานร่วมกัน รวมทั้งเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทางไกลสำหรับตนเองและผู้อื่น การมีปฏิสัมพันธ์ให้ความร่วมมือ และเผยแพร่งานร่วมกับเพื่อน ผู้เชี่ยวชาญ และบุคคลอื่น ๆ โดยใช้สื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลต่าง ๆ การสื่อสารข้อมูลและความคิดไปสู่ผู้รับจำนวนมากอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้สื่อหลากหลายรูปแบบ การพัฒนาความเข้าใจทางวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลกด้วยการคลุกคลีกับผู้เรียนจากวัฒนธรรมอื่น การช่วยเหลือสมาชิกในโครงการให้ผลิตผลงานที่เป็นต้นแบบและช่วยแก้ไขปัญหา

3. ความเชี่ยวชาญในการค้นคว้าหาข้อมูล โดยนักเรียนสามารถใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อรวบรวม ประเมิน และใช้ข้อมูลในด้านการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้น การค้นหา จัดระเบียบ วิเคราะห์ ประเมิน สังเคราะห์ และใช้ข้อมูลอย่างมีจริยธรรมจากแหล่งข้อมูล และสื่อต่าง ๆ การประเมินและคัดเลือกแหล่งข้อมูลและเครื่องมือดิจิทัลตามความเหมาะสมกับภารกิจนั้น ๆ การประมวลข้อมูลและรายงานผล

4. การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจ โดยนักเรียนสามารถแสดงทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ เพื่อวางแผนและวิจัย บริหารโครงการ แก้ปัญหา และตัดสินใจจากข้อมูล โดยใช้เครื่องมือดิจิทัลและแหล่งข้อมูลดิจิทัลที่เหมาะสม ในด้านการกำหนดและนิยามปัญหาที่แท้จริง และกำหนดคำถามสำคัญเพื่อการค้นคว้า การวางแผนและบริหารกิจกรรมเพื่อหาคำตอบหรือทำ

โครงการให้ลู่ทาง การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคำตอบ และ/หรือเพื่อตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูล การใช้กระบวนการต่างๆ และแนวทางที่หลากหลายเพื่อสำรวจทางเลือกอื่นๆ

5. ความเป็นพลเมืองดิจิทัล (digital citizenship) โดยนักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจ ประเด็นทางสังคม วัฒนธรรม และความเป็นมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี และปฏิบัติตนอย่างมีจริยธรรมและตามครรลองกฎหมาย ด้วยการสนับสนุนและฝึกใช้ข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย ถูกกฎหมาย และอย่างรับผิดชอบ การแสดงทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมความร่วมมือ การเรียนรู้ และการเพิ่มผลผลิต การแสดงให้เห็นว่าตนเองรู้จักรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต การแสดงความเป็นผู้นำในฐานะพลเมืองดิจิทัล

6. การใช้งานเทคโนโลยีและแนวคิด โดยนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นว่าเขาเข้าใจแนวคิด ระบบ และการทำงานของเทคโนโลยี ในด้านความเข้าใจและการใช้ระบบเทคโนโลยี การเลือกและใช้โปรแกรมประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ไขปัญหาของระบบและโปรแกรมประยุกต์ได้ การรู้จักใช้ความรู้ที่มีในปัจจุบันเพื่อเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีใหม่ๆ

กรอบความคิด ศูนย์บริการทดสอบการศึกษา (ETS, 2007) ได้เสนอกกรอบความคิดสำหรับความรู้พื้นฐานทางดิจิทัลและไอซีทีไว้ในปี ค.ศ. 2007 เช่นกันดังนี้

1. ความสามารถในการรู้คิด ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวัน ได้แก่ การอ่านออกเขียนได้ การคำนวณพื้นฐาน การแก้ไขปัญหา และความรู้พื้นฐานทางมิติสัมพันธ์ ทักษะการ

2. ความสามารถทางเทคนิค เป็นองค์ประกอบของความรู้พื้นฐานทางดิจิทัล ได้แก่ ความรู้พื้นฐานด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ โปรแกรม เครือข่าย และองค์ประกอบของเทคโนโลยีดิจิทัล

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

กรอบความคิด ของ เฮนรี เจงกินส์ และคณะ (Jenkins et al., 2009) ซึ่งได้เสนอรายการความรู้พื้นฐานทางดิจิทัล ดังนี้

1. การเล่น เป็นความสามารถในการลองสิ่งที่อยู่รอบตัวซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการแก้ปัญหา
2. การแสดงบทบาท เป็นความสามารถในการใช้อัตลักษณ์อื่นเพื่อพลิกแพลงเฉพาะหน้า และเพื่อการค้นพบ

3. การจำลอง เป็นความสามารถในการตีความและสร้างโมเดลที่สะท้อนกระบวนการจริง
4. การหีบฉวย เป็นความสามารถในการเลือกตัวอย่างที่น่าสนใจและผสมเนื้อหาสื่อขึ้นมาใหม่
5. การทำงานหลายอย่าง เป็นความสามารถในการสำรวจสิ่งรอบตัวอย่างรวดเร็ว แล้วเบนความสนใจไปที่รายละเอียดสำคัญได้ตามต้องการ
6. การรู้คิดแบบกระจาย เป็นความสามารถในการใช้เครื่องมือแบบโต้ตอบเพื่อขยายศักยภาพทางความคิด
7. การใช้ปัญญาแบบหมู่คณะ เป็นความสามารถในการรวมพลังความรู้และเปรียบเทียบข้อคิดเห็นกับผู้อื่นเพื่อเป้าหมายร่วมกัน
8. การใช้ดุลพินิจ เป็นความสามารถในการประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน
9. การกำกับทิศทางผ่านสื่อ เป็นความสามารถในการติดตามทิศทางของเรื่องราวและข้อมูลไปมาระหว่างสื่อกลางต่าง ๆ
10. การสร้างเครือข่าย เป็นความสามารถในการค้นหา สังเคราะห์ และกระจายข้อมูลข่าวสาร
11. การเจรจา เป็นความสามารถในการเดินทางไปในหลากหลายพื้นที่ ตระหนักถึงความแตกต่างและเคารพมุมมองอันหลากหลาย รวมถึงทำความเข้าใจและเฝ้าติดตามบรรทัดฐานทางเลือกกรอบความคิด ของ ดีดี (Dede, 2005) ซึ่งได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ในศตวรรษ ที่ 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 ที่เคยจุดประเด็นความสำคัญของทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) จนโด่งดังไปทั่วทั้งวง

การศึกษาในหนังสือ เรื่อง Five minds for the Future นี้ได้ชี้ให้เห็นและเน้นความสำคัญของ "ความฉลาดหรือทักษะ" ซึ่ง Gardner ใช้แทนด้วยคำว่า "จิต" (Mind) ทั้ง 5 ประการ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุกๆด้านในโลกยุคศตวรรษที่ 21 (Gardner 2000.1-20) ซึ่งจิตทั้ง 5 นั้นประกอบไปด้วย

1. จิตแห่งวิทยาการ (Disciplined Mind) เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต คิดเป็น ทำเป็น ปรับปรุงประยุกต์ สิ่งที่เราเรียนมา และพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง
2. จิตแห่งการสังเคราะห์ (Synthesizing Mind) เป็นการสังสม ต่อยอด และสร้างนวัตกรรมความรู้ โดยการเลือกสรรข้อมูลที่สำคัญจากแหล่งข้อมูลที่มาหลายหลากหลาย แล้วจัดกระทำข้อมูลทำความเข้าใจกับข้อมูลและประเมินข้อมูลโดยปราศจากอคติ แล้วผสมผสาน(สังเคราะห์)ข้อมูลนั้นให้เป็นข้อมูลใหม่ที่มีความหมายต่อตนเองและผู้อื่น
3. จิตแห่งการสร้างสรรค์ (Creating Mind) เป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆที่แตกต่างไปจากเดิม
4. จิตแห่งความเคารพ (Respectful Mind) เป็นการเปิดใจกว้างพร้อมรับฟังทุกความคิดเห็น ทั้งของบุคคลและกลุ่มคนที่มีความคิดเห็นที่แตกต่างหลากหลายอย่างเห็นอกเห็นใจ และเป็นไปในทางสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การทำงานร่วมกับคนที่แตกต่างกัน
5. จิตแห่งจริยธรรม (Ethical Mind) เป็นการมีความรู้คู่คุณธรรม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าตอบสนองประโยชน์ส่วนตน

Gardner ได้กล่าวว่า "บุคคลจะสามารถเอาตัวรอดและประสบความสำเร็จทั้งในด้านการทำงาน และการดำเนินชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ได้จะต้องมีจิตทั้ง 5 ประการ ประกอบรวมอยู่ในตัวของคนๆนั้น นอกจากนี้จิตทั้ง 5 ยังจะช่วยจรรโลงให้สังคมโลกในอนาคตเป็นสังคมที่น่าอยู่มากยิ่งขึ้น" แสดงให้เห็นว่า Gardner เน้นว่าจิตทั้ง 5 นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อมนุษย์ในโลกยุคใหม่ โดยที่บุคคลจะต้องมีครบทั้ง 5 จิต จะขาดจิตใดจิตหนึ่งไปเสียไม่ได้ เพราะจิตทั้ง 5 มีผลต่อการพัฒนาตัวบุคคลทั้งในแง่การทำงาน การดำเนินชีวิต และสังคมโดยรวม ซึ่งจิตทั้ง 5 จะกลายเป็นพลังขับเคลื่อนชุมชน สังคม และประเทศชาติให้ก้าวไปสู่จุดหมายของชาติ และยืนหยัดในกระแสของการแข่งขันในโลกยุคใหม่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

กรอบแนวคิดของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 หรือการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อาจจะมี ความแตกต่างไปจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับกรอบแนวคิดของกลุ่มนักวิชาการที่แตกต่างกันตัวอย่างเช่นในกลุ่มของ 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) ผลิตภาพ/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 การกำหนดเป้าหมายหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องนำทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 เข้าไปประกอบด้วย เนื่องจากผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ดังนั้นแนวการจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการและจำเป็นในโลกปัจจุบันและอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเรียนรู้จึงต้องเปลี่ยนจากแบบเดิมที่เรียนในมิติเดียว ที่เน้นแต่เนื้อหา เป็นลักษณะของวัฏจักรมีการประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่โลกสังคมชีวิตจริงให้มากขึ้น จุดเน้นนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกับแนวคิดสะเต็มศึกษา จึงเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สรุปได้ว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนทุกคนจำเป็นต้องมีเพื่อประยุกต์ใช้ในบริบทของสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงไป และเตรียมความพร้อมสู่โลกของการทำงานในอนาคต ควรมียุทธศาสตร์ประกอบดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่น
2. ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วยทักษะในการจัดระบบและมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งหมายความรวมถึงการรู้ข้อมูล (Information literacy) การรู้สื่อ (Media literacy) และการรู้ไอซีที (Information, communications and technology literacy)
3. ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ ประกอบด้วย การยืดหยุ่นและปรับตัว การสร้างสรรค์สิ่งใหม่และการมีเป้าหมายทักษะทางสังคมและความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่าง ความมีประสิทธิภาพและความรับผิดชอบในหน้าที่ ความเป็นผู้นำและรับผิดชอบ

#### 4.2 ความหมายความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะความคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา เพื่อให้สามารถประกอบอาชีพและดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ จัดเป็นทักษะเชิงประยุกต์ (Apply skills) ที่ต้องผสมผสานทักษะต่างๆ เข้าด้วยกัน 2 ทักษะการสร้างสรรค์นวัตกรรม เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ (Knowledge) จินตนาการ (Imagination) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) ความร่วมมือ (Collaborative) ทำให้เกิดนวัตกรรมที่อาจอยู่ใน

รูปแบบของความคิด วิธีการ หรือสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ โดยอาจเป็นสิ่งใหม่ทั้งหมด หรือใหม่เพียงบางส่วน และอาจใหม่ในบริบทใดบริบทหนึ่ง หรือในช่วงเวลาใด เวลาหนึ่ง ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ โดยนักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลากหลายซึ่งมีทั้งแนวคิดที่แตกต่างและคล้ายคลึงกันสรุป ได้ดังนี้

Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) ได้ให้ความหมายความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมว่า ความสามารถของผู้เรียนในการแสดงออกทางด้านความคิดจินตนาการที่จะนำไปสู่การออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมด้วยความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546, หน้า 7) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า หมายถึงความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุมเรียกว่าความคิดแบบอเนกนัยซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิมเป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รวมทั้งตัวเกิดการเรียนรู้เข้าใจจนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์อันจะนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่หรือเพื่อการแก้ไขปัญหาซึ่งจะต้องอาศัยการบูรณาการจากประสบการณ์และความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา

อารี พันธุ์ณี (2543, หน้า 6) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัยอันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแค่วิธีคิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้นหากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือที่เรียกว่าเป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเองจึงทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556, หน้า 4) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม เช่น กระจกน้ำร้อนสำหรับเดินทางที่มีระบบอุ่นในตัวถือเป็นสิ่งใหม่เป็นความริเริ่มใหม่ ๆ ให้ความแปลกใหม่ตื่นตาตื่นใจไม่เคยเห็นจากที่ใดมาก่อนและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมกว่าที่มีอยู่

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544, หน้า 2) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางปัญญาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลาย ๆ อย่างมารวมกันเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้นความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด

กิลฟอร์ด (Gulford, 1950 อ้างอิงในอารี พันธุ์ณี, 2543, หน้า 3) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดนอกเนกนัย (Divergent Thinking) คือความคิดหลากหลาย ทิศทางหลายแง่มุมติดต่อกันได้กว้างไกลซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วย

ชลัช กลิ่นแก่นจันทร์ ( 2560, หน้า 7) ได้ให้ความหมายว่า ความสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นหนึ่งในทักษะในด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานพัฒนาแนวคิดใหม่อยู่เสมอ ๆ เปิดรับมุมมองที่แตกต่าง

วิจารณ์ พานิช (2556, หน้า 5) ได้ให้ความหมายว่า ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation) เป็นหนึ่งในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมโดยมีเป้าหมายและวิธีการดังนี้

1. เกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ชักชวนกันทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์ และ ประเมิน มุมมองของตนเองเพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์

2. เกิดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ พัฒนา ลงมือปฏิบัติ และสื่อสาร มุมมองใหม่กับผู้อื่นอยู่เสมอ เปิดใจรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ ๆ หาทางได้ข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่ม เพื่อนำไปปรับปรุงทำงานด้วยแนวคิดหรือวิธีการใหม่ ๆ และ เข้าใจข้อจำกัดของโลกในการยอมรับมุมมองใหม่ ความล้มเหลวเป็นโอกาสเรียนรู้ เข้าใจว่าความ สร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นเรื่องระยะยาว เข้าใจวัฏจักรของความสำเร็จเล็ก ๆ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อย ๆว่าจะนำไปสู่การสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3. เกิดการประยุกต์สู่นวัตกรรม โดยลงมือปฏิบัติตามความคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่ผลสำเร็จ ที่เป็นรูปธรรม

สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ การแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการที่จะนำไปสู่การออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมด้วยความคิดสร้างสรรค์เพื่อให้ บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดทางสมองผ่านกระบวนการคิดขั้นสูง ที่หลากหลาย ทิศทาง ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการและความเป็นเหตุเป็นผลเพื่อนำไปสู่การคิดค้นประดิษฐ์หรือปรับปรุง งานต่างๆขึ้นมาใหม่โดยผลงานที่คิดขึ้นต้องมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใครและสามารถช่วยกันแก้ปัญหาได้

### 4.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้หลากหลายซึ่งมีทั้งแนวคิดที่แตกต่างและคล้ายคลึงกันสรุป ได้ดังนี้

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์กิลฟอร์ด (Sulford, n.d. อ้างอิงในชาญณรงค์ พร รุ่งโรจน์, 2546, หน้า 19) ได้อธิบายไว้ว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือเรียกว่าลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึงความคิดแปลกใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากความคุ้นเคย ความริเริ่มแปลกใหม่ในที่นี้อาจแสดงออกในรูปลักษณะผลผลิตหรือกระบวนการคิดก็ได้เช่นการตีความการรับรู้เนื้อหาต่าง ๆ ที่ผ่านเข้าสู่ประสาทสัมผัสโดยความคิดริเริ่มต้องเป็นสิ่งใหม่ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อนแต่อาศัยการสะสมและรวบรวมความรู้เดิมมาดัดแปลงหรือประยุกต์ให้ดีขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยสิ่งประดิษฐ์ส่วนใหญ่ล้วนอาศัยแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2. ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (fluency) หมายถึงความสามารถในการผลิตความคิดที่แตกต่างและหลากหลายภายใต้กรอบจำกัดของเวลาเป็นความสามารถเบื้องต้นซึ่งจะนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและการคิดเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพต่อไปโดยแบ่งเป็น

2.1 ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำเป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคล่องแคล่วด้านการโยงสัมพันธ์เป็นความสามารถในการหาถ้อยคำที่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายคลึงกันได้อย่างรวดเร็ว

2.3 ความคล่องแคล่วด้านการแสดงออกเป็นความสามารถในการนำคำมาเรียงกันเป็นวลีและประโยคเพื่อแสดงจุดหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการโดยสามารถผลิตความคิดได้อย่างหลากหลาย

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบไม่ตกอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือความคุ้นเคยความยืดหยุ่นช่วยให้สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่สามารถจัดหมวดหมู่ของความคิดออกได้หลายทิศทางหลายประเภทจึงนับเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดความคล่องแคล่วให้พัฒนาความคิดแตกแขนงในทิศทางที่แตกต่างไม่ซ้ำซ้อนนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและสร้างสรรค์สิ่งใหม่

4. ความละเอียดลออในการคิด (elaboration) เป็นการคิดตกแต่งในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ความละเอียดลออสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกตไม่ละเลยในรายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ ที่ผู้อื่นอาจมองข้ามไปผลสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์หรือองค์ความรู้ต่างๆ ต้อง



อาศัยความคิดในรายละเอียดนอกจากนี้ยังมีความสามารถในการจำแนกแยกแยะอย่างฉับไว และเฉียบคม

Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) ได้เสนอสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องแสดง พฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง โดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

Torrance (1973 อ้างอิงใน ซามาต ดิษฐ์เจริญ. 2556, หน้า 20-21) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนใน 3 องค์ประกอบดังนี้

1. ความคิดคล่องเป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างหลากหลายเพื่อตอบคำถามปลายเปิดและคำถามอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็ความคิดทางภาษาหรือท่าทาง

2. ความคิดยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลากหลายคิดได้หลายแง่มุม และสามารถผสมผสานความรู้และประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดเดิมเป็นความคิดที่แตกต่างจากคนอื่นเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิด หรือการกระทำ

อารี พันธุ์ณี (2546 อ้างอิงใน" ชามาศ ดิษฐ์เจริญ. 2556, หน้า 21) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือเรียกว่าลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจายประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ประการคือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน
2. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะความแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ
3. ความคิดยืดหยุ่นหรือความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด
4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เห็นภาพเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

สรุปจากการศึกษาองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักการศึกษาประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ หรือพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้ คือ การสร้างความคิด, การออกแบบและปรับแต่งความคิด, การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ, การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์, การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และการควบคุมการสะท้อนตนเอง

#### 4.4 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

วิธีการวัดและประเมินทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่ง คือ การประเมินผลจากสิ่งที่คุณเรียนได้ แสดงให้เห็นถึงว่าคุณมีความรู้ ทักษะและความสามารถ ตลอดจนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์อันเป็นผลจากการเรียนรู้ ตามที่คุณสอนได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้ วิธีการประเมินผลที่คุณสอนสามารถเลือกใช้ในการประเมินผลระหว่างเรียน มีดังนี้

##### 4.4.1 การประเมินด้วยการสื่อสารส่วนบุคคล ได้แก่

- 1) การถามตอบระหว่างทำกิจกรรมการเรียน
- 2) การพบปะสนทนาพูดคุยกับผู้เรียน
- 3) การพบปะสนทนาพูดคุยกับผู้เกี่ยวข้องกับผู้เรียน
- 4) การสอบปากเปล่าเพื่อประเมินความรู้ ความเข้าใจ และเจตคติ
- 5) การอ่านบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียน
- 6) การตรวจแบบฝึกหัดและการบ้าน พร้อมให้ข้อมูลป้อนกลับ

4.4.2 การประเมินจากการปฏิบัติ (Performance assessment เป็นวิธีการประเมิน งานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด การประเมินการปฏิบัติผู้สอนต้องเตรียมการในสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ 1) ภาระงานหรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียน ปฏิบัติ (Tasks) และ 2) เกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) ซึ่งลักษณะการประเมินโดยเน้นการปฏิบัติจริง

เกรียงศักดิ์ พลยะเดช และคณะ(2540) มีลักษณะดังนี้

- 1) ประเมินจากสภาพจริงและตลอดเวลากับทุกสถานการณ์ทั้งในและนอกโรงเรียน โดยการ สังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ
- 2) กำหนดปัญหาหรืองานแบบปลายเปิด เพื่อให้ให้นักเรียนสร้างคำตอบเองด้วยการแสดง สร้างสรรค์ ผลิตหรือทำงาน
- 3) ไม่เน้นการประเมินผลเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่ให้นักเรียนผลิต สร้าง หรือ ทำงานบางอย่าง เน้นทักษะการคิดที่ซับซ้อน พิจารณาไตร่ตรองการทำงาน และแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา
- 4) ใช้ข้อมูลหลายอย่างในการประเมิน ต้องพยายามรู้จักนักเรียนทุกแง่ทุกมุม ข้อมูลจึงต้องได้มาจากหลายๆ ทาง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีหลายประเภทด้วยกัน
- 5) เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างนักเรียน ครู และผู้ปกครอง

Catalina Foothills School District CFSD (2018) ได้มีบทความเกี่ยวกับ "การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21" (Teaching for the 21st Century) ที่แนะนำให้โรงเรียนประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นให้ Catalina Foothills School District (CFSD) ใน Tucson, Arizona มลรัฐแอริโซนา 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

โดย CFSD ได้พัฒนาชุดเกณฑ์การให้คะแนนเกรด 9-12 หรือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-6 ซึ่งรูปrikสำหรับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้รับการออกแบบให้เป็นเครื่องมือข้ามสาขาเพื่อสนับสนุนนักการศึกษาในการสอนและการประเมินด้านประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับความสามารถนี้ โดยจะประเมินจากพฤติกรรมที่แสดงออกทั้ง 6 คือ

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข
2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

เครื่องมือนี้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนและการประเมินเป็นหลัก ไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างข้อมูลการประเมินความเสี่ยงสูงที่มีผลทางจิตวิทยาซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบของรัฐและระดับประเทศ CFSD มีเครื่องมือและเทมเพลตที่หลากหลาย เพื่อรองรับการผสมรวมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเข้ากับหน่วย บทเรียน และการประเมิน เมื่อออกแบบหน่วยการเรียนรู้ ครูควรสร้างโอกาสในการประเมินที่แท้จริง ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและความชำนาญในการเรียนรู้เชิงลึกได้ในเวลาเดียวกัน

แนวทางการสอนด้านการปฏิบัติงานในแต่ละรูปกรอกอาจแตกต่างกันไปตามสาขาวิชา เนื่องจากวิธีการใช้อาจแตกต่างกันไปตามสาขาวิชา นักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ นักสังคมศาสตร์ วิศวกร ศิลปิน และนักดนตรี (เช่น) ต่างทำงานร่วมกัน แก้ปัญหา และแบ่งปันสิ่งที่ค้นพบหรือทำงานในชุมชนมืออาชีพ อย่างไรก็ตาม วิธีที่พวกเขาเข้าถึงงาน เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน และรูปแบบในการสื่อสารสิ่งที่ค้นพบอาจแตกต่างกันไปตามอาชีพ นิพจน์เฉพาะสาขาวิชาของ 5Cs + S อาจต้องมีการปรับแต่งในระดับหนึ่งตามหัวข้อ นอกจากนี้ยังสามารถใช้รูปกรอกแต่ละข้อเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสประเมินตนเองเกี่ยวกับคุณภาพของงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน เพื่อติดตามและประเมินความก้าวหน้าของตนเองที่มีต่อกำหนดเป้าหมายสำหรับ แต่ละพื้นที่ประสิทธิภาพ

ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนน 1.0 – คะแนน 4.0 มีความหมาย คือ รูปกรอกนี้มีจุดประสงค์เพื่อสนับสนุนความก้าวหน้าของนักเรียนไปสู่การเรียนรู้ความชำนาญในการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Proficiencies: DLPs) ในแต่ละรูปกรอกจะมีระดับประสิทธิภาพการทำงานสี่ระดับ: คะแนน 1.0 (ขั้นเริ่มต้น) คะแนน 2.0 (ขั้นพื้นฐาน) คะแนน 3.0 (ขั้นเชี่ยวชาญ) และคะแนน 4.0 (ขั้นสูง) คำอธิบายเป็นไปตามรูปแบบการเติบโตเพื่อสนับสนุนนักเรียนในการพัฒนาทักษะของตนเองในแต่ละด้าน คะแนน 1.0 (ขั้นเริ่มต้น) และ 2.0 (ขั้นพื้นฐาน) อธิบายขั้นตอนเชิงบวกที่นักเรียนอาจนำไปใช้เพื่อบรรลุคะแนน 3.0 (ขั้นเชี่ยวชาญ) หรือคะแนน 4.0 (ขั้นสูง)

เมื่อใช้รูปกรอกเพื่อวางแผนการสอนและการประเมิน ครูต้องพิจารณาความรู้และทักษะที่อธิบายไว้ในคอลัมน์คะแนน 2.0 (ขั้นพื้นฐาน) ที่จะฝังอยู่ในประสิทธิภาพคะแนน 3.0 (ขั้น

เชี่ยวชาญ) และ 4.0 (ขั้นสูง) ซึ่งขั้นพื้นฐาน (คะแนน 1.0) ระบุว่านักเรียนยังไม่ได้แสดงทักษะพื้นฐานในพื้นที่การแสดง แต่แสดงทักษะความพร้อมที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นก้าวสำคัญสู่ขั้นความชำนาญที่สูงขึ้น

คำอธิบายในขั้นเริ่มต้นยังรวมถึงความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้นที่นักเรียนอาจแสดงรูปกริบบรรยายได้รับการออกแบบเพื่อแสดงความรู้ ทักษะเชิงลึกของนักเรียนในระดับต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในกระบวนการสอนและการประเมินสำหรับผู้เรียนทุกคน ที่ระดับประสิทธิภาพบางระดับ ตัวชี้วัดอาจยังคงเหมือนเดิม แต่เนื้อหาที่อยู่ระหว่างการศึกษามีความซับซ้อนมากขึ้นหรือขึ้นอยู่กับบนแถบระดับขั้น

คำอธิบายต่อไปนี้อธิบายสี่ระดับในรูปกริบบรรยาย (โดยเกณฑ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-6 ควรมีคะแนนตั้งแต่ 2.5 – 3.5)

- คะแนน 1.0 (ขั้นเริ่มต้น): อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่แสดงให้เห็นถึงทักษะความพร้อมและ/หรือความเข้าใจผิดและต้องการการสนับสนุนที่สำคัญ

- คะแนน 2.0 (ขั้นพื้นฐาน): อธิบายผลการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า แต่แสดงถึงความเชี่ยวชาญในทักษะ/ความรู้พื้นฐาน เช่น ข้อกำหนดและรายละเอียด คำจำกัดความ การอนุมานพื้นฐาน และกระบวนการ

- คะแนน 3.0 (ขั้นเชี่ยวชาญ): อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่เชี่ยวชาญ - ความคาดหวังที่เป็นเป้าหมายสำหรับแต่ละพื้นที่การปฏิบัติงานของ DLP

- คะแนน 4.0 (ขั้นสูง) : อธิบายประสิทธิภาพการทำงานที่เป็นแบบอย่างซึ่งมีความสามารถ

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 + 5 ซึ่ง 5c ประกอบด้วย (1) การเป็นพลเมือง (2) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (3) การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (4) การสื่อสารและ (5) การทำงานร่วมกัน ส่วน S คือ การคิดอย่างเป็นระบบ จากการศึกษาการประเมินความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมจากกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

ความคิด สร้างสรรค์และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
<b>การสร้างความคิด</b>	<b>คำจำกัดความ:</b> ระบุปัญหา หรือ ข้อท้าทายที่ต้องการด้วย วิธีการที่สร้างสรรค์	<b>คำจำกัดความ:</b> อธิบาย ลักษณะของปัญหาหรือความ ท้าทาย (เช่น บริบทลักษณะ พารามิเตอร์ ฯลฯ) ระบุ ข้อมูลที่จำเป็นในการ แก้ปัญหา หรือตอบสนอง ความคิดพื้นฐาน เช่นรายการ หรือ webbing เพื่อสร้าง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	<b>คำจำกัดความ:</b> ระบุ ขอบเขตของปัญหาหรือ ความท้าทายรวมทั้ง โครงสร้างข้อจำกัด ระบุ ปัญหาหรือท้าทายโดยการ ตรวจสอบผ่านมุมมอง ต่างๆ (ตัวอย่างเช่น จริยธรรม วัฒนธรรมสังคม การเมือง เศรษฐกิจ การ คิดเชิงระบบ หรือมุมมอง ของผู้มีส่วนได้เสียที่ แตกต่างกัน ฯลฯ) โดย ระบุหลายแง่มุมของหัวข้อ ตัวอย่างหรือ	<b>คำจำกัดความ:</b> วางแนว ปัญหาใหม่หรือท้าทายโดย ใช้คำอุปมาหรือการ เปรียบเทียบเพื่อให้ชัดเจน ทิศทางเกี่ยวกับวิธีการเข้า ใ้ผลงาน (ตัวอย่างเช่น เครื่องเล่นเพลงส่วนตัวคือ เครื่องประดับ อุปกรณ์ มัย จุดประกายความคิด สร้างสรรค์ในการสร้าง ความคิดที่นำไปสู่ iPod) 4 กำหนดขอบเขตใหม่หรือ
<b>การตรวจสอบความคิด</b>	<b>สร้างสรรค:</b> อธิบายความคิด ของผู้อื่น การแก้ปัญหาหรือ แนวทางในการบรรลุ ความสำเร็จ ดูแนวคิดที่ คลาดเคลื่อนที่เป็นไป	<b>การสร้างแนวความคิดออกมา ให้เป็นรูปร่าง:</b> ใช้การระดม ความคิดพื้นฐาน เช่นรายการ หรือ webbing เพื่อสร้าง ความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	<b>การสร้างแนวความคิด</b> <b>ออกมา ให้เป็นรูปร่าง:</b> สร้าง แนวคิด ใหม่ ๆ หรือแนวทาง ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือทำ ทายโดยใช้กลยุทธ์ที่เพิ่ม	

ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
		การแก้ปัญหาจากปัญหาที่คล้ายคลึงกันจากสาขาวิชาอื่น ๆ	หลากหลายของกลยุทธ์ (ตัวอย่างเช่นการระดมความคิด, การทำความเข้าใจความรู้อื่น ๆ การคิดกิจกรรมการเขียน, การคิดวิเคราะห์ระบบ, การแก้ปัญหาจากปัญหาที่คล้ายคลึงกัน)	การสร้างแนวคิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้การเปรียบเทียบ มีการเปรียบเทียบกับแบบใหม่ ทว่าการเชื่อมต่อที่จะทำให้แปลกไปจากเดิม
	การทดสอบของความคิด ทนาย	ค้นคว้า ผู้อื่น การ แนวทางใน	ค้นคว้า ตัวอย่างหรือแบบอย่างที่มี มาก่อนเพื่อประเมิน ความคิดสร้างสรรค์ที่สร้าง ขึ้นใหม่	การตรวจสอบความคิด สร้างสรรค : ถามคำถามที่ ซับซ้อนและเปิดกว้าง เกี่ยวกับปัญหาหรือ แนวทางอื่น ๆ ที่นำไปสู่ การสร้างความคิดเดิม

ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
การออกแบบและ การปรับแต่ง ความคิด	<p><b>การอธิบายเพิ่มเติม:</b> ระบุรายละเอียดหรือความคิดทั่วไป</p> <p><b>การทำซ้ำ:</b> สร้างการแสดงของแนวคิด เพื่อที่จะแนะนำการผลิตจริง ทำให้สามารถแก้ไขแนวคิด และกระบวนการได้ง่าย</p> <p>ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคำสั่ง (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลงคำสั่ง ในกระบวนการหลังจากที่ได้รับ คำสั่งให้ทำเช่นนั้น)</p>	<p><b>การอธิบายเพิ่มเติม:</b> เฉพาะเจาะจงความคิด และรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง</p> <p><b>การทำซ้ำ:</b> สร้างแนวคิดในการทำงาน เพื่อทดสอบสมมติฐาน และคุณลักษณะ ทำให้การแก้ไขมีประสิทธิภาพ</p> <p>ความคิดและกระบวนการ การขึ้นอยู่กับข้อเสนอแนะที่เฉพาะเจาะจง</p>	<p><b>การอธิบายเพิ่มเติม:</b> แสดงถึงความคิดอย่างชัดเจนในระดับของรายละเอียดที่จำเป็น เพื่อให้ เกิดประสิทธิภาพ</p> <p><b>การทำซ้ำ:</b> สร้างและทดสอบหลายเวอร์ชันในเรื่องของผลิตภัณฑ์หรือวิธีการที่ใช้แก้ไขที่ซับซ้อน หรือการปรับแต่งแบบละเอียดเพื่อตอบสนองต่อข้อเสนอแนะในวงกว้าง</p>	<p><b>การอธิบายเพิ่มเติม:</b> กำหนดความคิดและระบุขอบเขตเฉพาะของความคิด</p> <p>กำหนดหรืออุปสรรคที่เป็นไปได้ (ตัวอย่างเช่น สร้างแผนฉุกเฉิน)</p> <p><b>การทำซ้ำ:</b> วิเคราะห์ตัวแปรและรูปแบบของความสำเร็จล้มเหลว ความไม่ตั้งใจ ผลกระทบที่เกิดขึ้นในการทำซ้ำ แจ็ง การตัดสินใจเกี่ยวกับขั้นตอนถัดไป ค้นหาและรวบรวมข้อเสนอแนะที่กำหนด</p>



ตาราง 4 (ต่อ)

	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม				
ทำงานกับคนอื่น ๆ	บูรณาการความคิด: ระบุความคิดเห็นของผู้อื่น ดีความ	บูรณาการความคิด: รวมความคิดของตัวเองกับ	บูรณาการความคิด: ทำให้เกิดการเชื่อมโยง	บูรณาการความคิด: คิดสังเคราะห์และใช้
อย่างสร้างสรรค์ (ดู	ความคิดของตัวเองไปยังคนอื่น ๆ	ความคิดของผู้อื่น	ระหว่งความคิดของผู้อื่นในการสร้างข้อมูลเชิงลึกใหม่และไม่เหมือนใคร	ประโยชน์จากจุดแข็งที่แตกต่างกัน และมุมมอง
ความร่วมมือ)				ของสมาชิกแต่ละคนในการพัฒนาต้นฉบับเพื่อผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ
การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	กลุ่มเป้าหมาย: ระบุรายละเอียด เกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย รวมถึงความต้องการและความสนใจ ที่จะมีส่วนต่อขั้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ	กลุ่มเป้าหมาย: ปรับความคิด เดิมลงในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	กลุ่มเป้าหมาย: ปรับความคิดเดิมอย่างมีประสิทธิภาพลงในผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความ	กลุ่มเป้าหมาย: ทิศทางของหลายมุมมองของ
				กลุ่มเป้าหมาย ปรับแนวคิด เพื่อให้เหมาะสมกับ
				กลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน
				ซึ่งมีความต้องการและความสนใจที่ หลากหลาย

ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
	<p><b>การใช้ทรัพยากร:</b> ระบุวัสดุทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน</p> <p><b>การวางแผน:</b> อธิบายข้อกำหนดของงาน</p> <p><b>การผลิต:</b> ได้ผลิตภัณฑ์</p>	<p><b>การวางแผน:</b> ให้อะเอียดขั้นตอนทั่วไปเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของงาน</p> <p><b>การผลิต:</b> ทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นตามหลักความต้องการของแผน</p>	<p><b>การใช้ทรัพยากร:</b> ระบุวัสดุทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน</p> <p><b>การวางแผน:</b> ให้อะเอียดขั้นตอนทั่วไปเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของงาน</p> <p><b>การผลิต:</b> ทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นตามหลักความต้องการของแผน</p>	<p><b>การใช้ทรัพยากร:</b> การรวมวัสดุ / ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ</p> <p><b>การวางแผน:</b> วิเคราะห์ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เพื่อระบุข้อมูลที่ชัดเจน รายละเอียดเฉพาะ และรายละเอียดที่แตกต่างกันและข้อมูลในแผน</p> <p><b>การผลิต:</b> จัดทำผลิตภัณฑ์ตามแผนและตรงตามข้อกำหนดทั้งหมด</p>

ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
การควบคุมและการ สะท้อนตนเอง	<p><b>การสะท้อน:</b> ระบุจุดแข็ง และ จุดอ่อนของตัวเองใน ผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการ</p> <p><b>การวางแผน:</b> กำหนด เป้าหมายส่วนบุคคลสำหรับ ประสิทธิภาพ <b>กระบวนการ</b> ประสิทธิภาพ <b>กระบวนการ</b></p> <p><b>ทางความคิด:</b> อธิบายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความ พยายามและความสำเร็จ</p>	<p><b>การสะท้อน:</b> ประเมิน คุณภาพ ของ ประสิทธิภาพ และ ความคิดสร้างสรรค์</p> <p>กระบวนการในการ ตอบสนองต่อ ข้อเสนอแนะหรือ เกณฑ์ที่ จัดตั้งขึ้น</p> <p><b>การวางแผน:</b> ตั้งเป้าหมาย สำหรับ ประสิทธิภาพตาม ข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์ที่ กำหนด</p>	<p><b>การสะท้อน:</b> สะท้อนถึง คุณภาพของงานการใช้งาน การสะท้อนข้อคิดเห็น เพื่อ แก้ไขข้อผิดพลาดหรือ ผลิตภัณฑ์ คำถามและ วิพากษ์วิจารณ์ กระบวนการสร้างสรรค์ของ ตัวเอง (ตัวอย่างเช่นการ ทุ่มเทเวลาและความ พยายามการสำรวจ ความคิดจำนวนมาก สนับสนุนที่จำเป็น) อธิบาย</p>	<p><b>การสะท้อน:</b> วิเคราะห์ รูปแบบและแนวโน้มใน กระบวนการสร้างสรรค์ ของตนเองและผลิตภัณฑ์ ประเมินความคิด สร้างสรรค์ตลอด กระบวนการ ค้นหาและ ทำตามข้อเสนอแนะจาก เพื่อนครูและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อการพัฒนา</p>

ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
	<p><b>กระบวนการทางความคิด:</b></p> <p>แสดงให้เห็นถึงความปรารถนาที่จะปรับปรุง (ตัวอย่างเช่น: มีการปฏิบัติมากขึ้นกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงข้อความช่วยเหลือจากคนในแทนการยอมแพ้)</p>	<p><b>การวางแผน:</b> ค้นหาเลือกและใช้ทรัพยากรและกลยุทธ์เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการสร้างสรรค์</p> <p><b>กระบวนการทางความคิด:</b> แสดงให้เห็นถึงการเติบโตความคิดเพื่อตอบสนองต่อความท้าทาย (ตัวอย่างเช่น: ยอมรับและ ใช้ข้อเสนอแนะ อธิบาย ความล้มเหลว)</p>	<p><b>การวางแผน:</b> วิเคราะห์รูปแบบและการแสดงก่อนหน้าเพื่อตั้งค่าใหม่เป้าหมายในการคิดสร้างสรรค์ที่พบวนเป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อการสะท้อนอย่างต่อเนื่อง</p> <p><b>กระบวนการทางความคิด:</b> ช่วยปรับปรุง จุดอ่อนของตัวเองในเชิงรุก กระบวนการค้นหาและทำตามข้อเสนอแนะจากเพื่อน ครู และผู้เชี่ยวชาญเพื่อการพัฒนา</p>	

#### ตาราง 4 (ต่อ)

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
				<p>ในการคิดสร้างสรรค์ทบทวนเป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อการสะท้อนอย่างต่อเนื่อง</p> <p><b>กระบวนการทางความคิด:</b></p> <p>ช่วยปรับปรุง จุดอ่อนของตัวเองในเชิงรุก โดยใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มการเติบโตทางความคิด เช่น ความเพียรการใช้ความ เสี่ยง, การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ, กระตือรือร้น ข้อเสนอแนะของผู้อื่น การปฏิบัติโดยเจตนา การ ค้นหาและการใช้</p>

จากการวิเคราะห์บุคลิกสำหรับการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ทำการ  
 ปรับบุคลิก โดยปรับภาษาที่ใช้ให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียน ง่ายต่อการ  
 ประเมิน โดยยังคงประเด็นรายการที่พิจารณา 6 ประการ คือ

1. การสร้างความคิด

- มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน
- มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน
- มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด

- มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้ครบ 3 แบบ
- มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาดวัสดุได้ครบถ้วน

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

- มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

- มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน
- มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน
- มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

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

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

- มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและ  
 ครู
- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข
- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะวัดโดยใช้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัย  
 สร้างขึ้นตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018 โดยวัดความสามารถ

ของนักเรียนในการแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการ เรื่อง สมดุลกล สมดุลต่อการหมุน และ เสถียรภาพของวัตถุ ที่จะนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยนักเรียน จะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้ การสร้างความคิด การออกแบบและปรับแต่งความคิด การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และการควบคุมและการสะท้อนตนเอง

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในรายวิชาฟิสิกส์ โดยตรงพบว่าผู้ทำวิจัยไว้น้อย ผู้วิจัยจึงได้ทำการสืบค้นเพิ่มเติมในงานวิจัยที่มีการจัดการเรียนรู้ผ่าน กระบวนการคิดเชิงออกแบบตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนหรือแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ คล้ายคลึงกันในการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในการวิจัย มีดังนี้

### 5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

สุมิตรา จินเมือง (2562) ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษา ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัด พิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการ เรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะดังนี้ คือ ครูควรสร้างความตระหนักความสำคัญของสถานการณ์ ที่ สำคัญ สถานการณ์ต้องมีเงื่อนไข สร้างความท้าทายให้กับนักเรียน นักเรียนได้วิเคราะห์บริบทของ สถานการณ์ผ่านการระดมสมอง ออกแบบชิ้นงานหลากหลาย วางแผนขั้นตอนการดำเนินการ เลือก วิธีการทดสอบชิ้นงานที่มีความเหมาะสม ทำการประเมินผลชิ้นงาน ปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น นำเสนอชิ้นงาน และการแก้ไขชิ้นงานของตนเอง ส่วนผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

หลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในหลายพฤติกรรม โดยพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากที่สุดตลอดการจัดการเรียนรู้

ชนิกานต์ กลิ่นอาจ (2563) ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และ นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการ สร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ) ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่องเคมีไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ใบกิจกรรม 3) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 4) แบบประเมินชิ้นงาน และ 5) แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และ นวัตกรรมของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า จากผลการวิจัยพบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่มีขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา ขั้นที่ 3 สร้างความคิด ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ ขั้นที่ 5 ทดสอบ มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การประยุกต์ใช้ องค์ความรู้ทางเคมีไฟฟ้าในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาการเลือกใช้ ปัญหาการออกแบบใน ชีวิตจริงและการออกแบบชิ้นงานที่ตอบสนองความต้องการในเชิงลึกของบุคคล และ 2) การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน โดยนักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และ นวัตกรรมที่สูงขึ้น

นัตยา หัสมินทร์ (2563) ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกต สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกต การจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือได้ คือ การกำหนดสถานการณ์ที่ทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การกำหนดภาระงานที่ทำภายในชั้นเรียน ได้แก่ การทำการทดลองเพื่อหาคำตอบของการแก้ปัญหา การสร้าง ชิ้นงาน และการทดสอบผลการแก้ปัญหา และการกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดและมี การประเมินความเข้าใจร่วมกัน ผ่านการแลกเปลี่ยนแสดง



ความคิดเห็นร่วมกัน และการพัฒนา สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะใน ระดับสูงและกลางของแต่ละสมรรถนะย่อย แต่เมื่อพิจารณา สมรรถนะที่นักเรียนพัฒนาได้ดีที่สุด คือ สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม รองลงมา คือ สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษา ความเข้าใจที่มีร่วมกัน และลำดับสุดท้าย คือ สมรรถนะการเลือก วิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

## 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Stimel (2014) ได้พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการบูรณา การแบบข้ามสาขาวิชา โดยผู้วิจัยได้นำปัญหาและประเด็นที่กำลังเป็นที่สนใจในปัจจุบันมาใช้ เป็น หัวข้อหลัก สำหรับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษานั้นคือการขุดเจาะก๊าซ ธรรมชาติมี ทั้งหมด 4 เนื้อหาย่อยซึ่งเกี่ยวข้องกับการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติภูมิศาสตร์กระบวนการ เชิงวิศวกรรม ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการขุดเจาะ การแยกแก๊สธรรมชาติ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและ เศรษฐกิจเนื่องจากประเด็นนี้เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจของประเทศและมีอาชีพ หลากหลายสาขาที่มีความ เกี่ยวข้องกับการขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นัก ธรณีวิทยา เป็นต้น และยังถือว่าเป็นปัญหาด้านวิศวกรรมอีกด้วยซึ่งผล จากการการนำประเด็นปัญหา ที่กำลังเป็นที่สนใจและมีความเป็นปัจจุบันทั้งยังมีความเกี่ยวข้องต่อ ผู้เรียนนั้นมาจัดเป็นกิจกรรมการ เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่าสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียน เกิดความสนใจในเนื้อหาวิชาที่ เกี่ยวข้องอีกทั้งยังเป็นการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนเข้ากับชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเห็น ความสำคัญของเนื้อหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือ สถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิต จริงได้มากกว่านั้นยังเป็นการสร้างความสนใจในอาชีพในสาขาวิชาต่าง ๆ ตัวอย่างเช่นวิศวกรซึ่งผู้เรียน จะได้เรียนรู้และแก้ไขปัญหาเชิงวิศวกรรมในบริษัทที่มีความสอดคล้อง ต่อชีวิตจริงและสาขาอาชีพ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือมีการใช้กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมในการ ออกแบบสร้างชิ้นงานตลอดจนการแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี และวิศวกรรมในด้าน องค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษาจะ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้หลากหลายสาขาวิชาเข้าใจ เนื้อหาวิชาในเชิงลึกได้ดี ยิ่งขึ้นทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการที่สำคัญที่มีความ เกี่ยวข้องกับงานอาชีพทางสะเต็ม และส่งเสริมให้เกิดความตระหนักและเห็นความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมสังคมและโลกอีกด้วย

Johansson-Skoldberg, Woodilla, and getinkaya (2013) ได้วิเคราะห์การใช้การคิดเชิง ออกแบบ (Design Thinking) ว่าแนวคิดดังกล่าวเป็นวิธีที่ดีที่สุด ที่นำไปใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยการวิเคราะห์เอกสารหนังสือและวารสารงานวิจัยพบว่าการคิดเชิงออกแบบมาจาก 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือมาจากกลุ่มนักออกแบบและกลุ่มนักธุรกิจ ทั้ง 2 กลุ่มให้ความสำคัญแก่การ ทำงานเป็นกลุ่มซึ่ง

เป็นปัจจัยสำคัญของการคิดเชิงออกแบบและเมื่อทำการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ของทั้งสองกลุ่มมาบูรณาการกันอย่างเหมาะสมจะสามารถสร้างสรรค์งาน ออกแบบได้ดี

Seidel and Fixson (2013) ทำวิจัยเรื่องรูปแบบการสอนการคิดเชิงออกแบบที่ใช้กับกลุ่มผู้เรียนในสาขาวิชาโดยมีจุดประสงค์คือเพื่อช่วยให้ผู้เรียนต่างสาขาวิชาชีพที่มีประสบการณ์ในการออกแบบน้อยสามารถสร้างผลงานออกแบบที่สร้างสรรค์ได้จากการวิจัยค้นพบว่ารูปแบบการ คิดเชิงออกแบบช่วยในการสร้างแนวคิด (Concept) คัดสรรความคิดได้ (Convergent) แต่เมื่อใช้ เป็นเวลานานและซ้ำๆ กันจะไม่สร้างความคิดใหม่ๆ เกิดขึ้นและผลจากการทำงานเป็นทีมงานช่วย สร้างการคิดที่มีประสิทธิภาพที่ดีต่ออย่างไรก็ดีการระดมความคิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของคนใน กลุ่มและผู้เรียนที่มีประสบการณ์การออกแบบน้อยจะประสบความสำเร็จในการออกแบบได้เมื่อ ผู้เรียนได้รับคำแนะนำที่ดีในการที่จะช่วยให้ผู้เรียนหาวิธีผสมผสานความคิดเข้าด้วยกัน

Nowesk et al. (2012) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะในศตวรรษ 21 ที่ใช้การคิดเชิงออกแบบงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบการสอนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ระหว่าง ทฤษฎีของดิวอี้และทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเอง (Constructivism) กับกลุ่มผู้เรียนโดยใช้ กระบวนการคิดเชิงออกแบบประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนผลการวิจัยพบว่าการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) นั้นมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเอง (Constructivism) มากกว่าทฤษฎีของดิวอี้ในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกล โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามรูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ของ Kemmis ,& Schmuck (n.d.อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152)ที่ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกตการณ์ และขั้นสะท้อนผล และใช้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. บริบทของการวิจัย
3. กลุ่มเป้าหมาย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล
8. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัย

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนซึ่งผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis (1988) และ Schmuck (2008) (อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152) ซึ่งมีขั้นตอนกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การวางแผน (plan) เป็นขั้นตอนการสร้างและออกแบบการปฏิบัติว่าจะมีลักษณะใด โดยจะต้องมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะใช้ในการปฏิบัติ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาสิ่งที่จะเกิดขึ้นในห้องเรียนได้ ในการวางแผนผู้วิจัยจะต้องสำรวจปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของตนเองที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนไม่ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ มีการวิเคราะห์ปัญหา และตั้งคำถามของ

การวิจัยเพื่อหาคำตอบ ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหาของผู้วิจัยเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ กล่าวคือ กระบวนการหรือสิ่งที่นำมาใช้แล้วสามารถแก้ไขปัญหการเรียนรู้

2. การลงมือปฏิบัติ (action) เป็นการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยผู้วิจัยได้นำแผนหรือแนวคิดที่ตนคิดว่าสามารถแก้ไขปัญหาลงมือปฏิบัติการสอนจริงในห้องเรียน โดยขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นตอนต่อไป คือ การสังเกต โดยผู้วิจัยจะต้องสังเกตเพื่อรวบรวมข้อมูลหลักฐานที่เกิดขึ้นมาประเมินการปฏิบัติของตนเอง ซึ่งการปฏิบัติอาจไม่ได้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ก่อนหน้านี้ทั้งหมด เพราะสิ่งที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์ เวลา และสถานที่จริงที่อาจไม่เหมือนกับที่คาดการณ์ไว้

3. การสังเกต (observe) เป็นการรายงานสิ่งที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติ ในขั้นนี้ครูผู้วิจัยต้องตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการสอนในขั้นที่ 2 ว่าวิธีการนั้นได้ผลหรือไม่ และผู้วิจัยมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนวิธีนั้นหรือไม่ กล่าวคือ ผู้วิจัยจะต้องคิดหาข้อบกพร่องของการจัดการเรียนรู้ และหาสาเหตุ จากนั้นให้ดำเนินการแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนผลว่ารู้สึกอย่างไร หรือได้เรียนรู้อะไร จากการปฏิบัติการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยบ้าง โดยการสังเกตครอบคลุมไปถึงวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้ การสังเกตจะทำให้ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสะท้อนความคิดที่มีประสิทธิภาพ สิ่งที่จะต้องทำการสังเกต ได้แก่ ความรอบคอบ การเปิดใจให้กว้างเพื่อรับสิ่งใหม่ๆที่จะเกิดขึ้น ความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะต้องพยายามสังเกตและเก็บข้อมูลที่เน้นประเด็นที่ตนสนใจศึกษา จากนั้นให้ผู้วิจัยวิเคราะห์ เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 3 กับเป้าหมายที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 โดยพยายามมองหาหลักฐาน ข้อมูลที่สนับสนุนและคัดค้าน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าวิธีปฏิบัติใดให้ผลดีที่สุด

4. การสะท้อนผล (reflect) เป็นการย้อนคิดถึงการปฏิบัติของตนโดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจกับกระบวนการปัญหาและประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ศึกษา รวมทั้งเป็นการเสนอแนวทางสำหรับการปฏิบัติต่อไป เพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าสิ่งใดช่วยสนับสนุนหรือเป็นอุปสรรคต่อการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย และมีการปรับปรุงและพัฒนาในการสอนครั้งต่อไป การสะท้อนผลนั้นจะเกิดขึ้นเมื่อมีการบันทึกหลังสอนและมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญด้วยเพื่อนำไปเป็นพื้นฐานในการปรับปรุง

โดยภาพรวมแล้ว กระบวนการวิจัยปฏิบัติการจะต้องอาศัยสิ่งสำคัญ คือ การสะท้อนผลต่อการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากการที่ผู้วิจัยสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาของการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมาของตนเองเพื่อวางแผน (ขั้นการวางแผน) ต่อมาจึงเป็นการรับฟังผลสะท้อนจากกลุ่มเป้าหมายขณะจัดการเรียนรู้ (ขั้นการสังเกต) และสุดท้ายเป็นการสะท้อนผลที่ผู้วิจัยและกลุ่มผู้วิจัยแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นโดยภาพรวม (ขั้นสะท้อนผล) โดยการวิจัยปฏิบัติการอาจจำเป็นต้องทำเป็นวงรอบอย่างน้อย 3 วงรอบ เนื่องจากในวงรอบที่ 1 จะช่วยให้ผู้วิจัยทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นใน

ห้องเรียน ในวงรอบที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขการจัดการเรียนรู้และจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 3 เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาในชั้นเรียน หรือจนกว่าจะได้ข้อมูลที่ผู้วิจัยยอมรับ

### บริบทของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ณ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลาง ทำการเรียนการสอนตั้งแต่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีนักเรียนทั้งหมด 560 คน ซึ่งเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน แบ่งเป็น 3 ห้องเรียน โดยมีห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง ห้องเรียนสองภาษา(จีน) จำนวน 1 ห้อง ห้องเรียนปกติ จำนวน 1 ห้อง โดยภาพรวมโรงเรียนแห่งนี้เป็นโรงเรียนที่มีความพร้อมด้านบุคลากรทางการศึกษา สถานที่ในการจัดการเรียนการสอน แต่ด้านอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เพียงพอกับจำนวนนักเรียนมากนัก

### กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 24 คน เป็นชาย 5 คน และหญิง 19 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแบ่งกลุ่มนักเรียนคละความสามารถ โดยดูจากผลการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ 1 ในภาคเรียนที่ผ่านมาของกลุ่มเป้าหมาย แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 4 เครื่องมือได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบประเมินชิ้นงาน ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยแบ่งกลุ่มเครื่องมือตามจุดมุ่งหมายในการใช้เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และข้อที่ 2 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1. เครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ควรมีแนวทางอย่างไร ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาใช้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

##### 1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3

แผน รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน ใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ ประกอบไปด้วย แผนที่ 1 สมดุลกล แผน ที่ 2 สมดุลต่อการหมุน และแผนที่ 3 เสถียรภาพของวัตถุ ทั้งนี้แผนการจัดการเรียนรู้ไม่ได้ใช้ในการ เก็บข้อมูลแต่ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยจะนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบมาวิเคราะห์ผลเพื่อ ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในวงรอบถัดไป

## 1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนที่มีประสบการณ์มากกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน และผู้วิจัยใช้สะท้อนผลการ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมี ลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดให้บรรยายเกี่ยวกับความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละชั้น ซึ่งมีทั้งหมด 6 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีคำถามย่อย คือ สิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรม พฤติกรรมของผู้เรียนและผู้สอน สิ่ง ที่ควรคงไว้และสิ่งที่ควรแก้ไขในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้ บันทึกจากการสังเกตพฤติกรรม การ ดำเนินการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนในแต่ละครั้ง (ผู้วิจัยบันทึก วิดีโอการจัดการเรียนรู้ทุกครั้ง เพื่อนำมาใช้ประกอบการสะท้อนผล)

## 2. เครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ได้หรือไม่ อย่างไร ซึ่งเครื่องมือที่จะนำมาใช้สะท้อนผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ และหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ มีทั้งหมด 2 เครื่องมือได้แก่ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และใบกิจกรรม

### 2.1 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมิน ความสามารถของนักเรียนในการแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการ เรื่อง สมดุลกล สมดุลต่อ การหมุน และเสถียรภาพของวัตถุ ที่จะนำไปสู่การออกแบบชิ้นงานเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยนักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก การสร้างความคิด การออกแบบและปรับแต่งความคิด การเปิดกว้างและความกล้าใน การสำรวจ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และการควบคุมและการสะท้อนตนเอง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะวัดโดยใช้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

## 2.2 ใบบกิจกรรม

ใบบกิจกรรมรายกลุ่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดระดับองค์ประกอบหรือพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลักที่นักเรียนสร้างในแต่ละวงรอบ เป็นใบบกิจกรรมที่นักเรียนสำรวจระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องทำใบบกิจกรรมส่งทุกวงรอบปฏิบัติการซึ่งในงานวิจัยนี้จะสร้างใบบกิจกรรม และข้อคำถามให้สอดคล้องตามรูปรีการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากต่างประเทศตามกรอบ Catalina Foothills School District, CFSD (2018) โดยแบ่งออกเป็น 3 ใบบกิจกรรม ได้แก่ 1) สมดุลกล 2) สมดุลต่ออารมณ์ 3) เสถียรภาพของวัตถุ

## 2.3 แบบประเมินชิ้นงาน

เป็นแบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากชิ้นงาน เป็นชิ้นงานต้นแบบที่ให้นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้น ตามเกณฑ์ Rubric score แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ,2557 ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ของการวิจัย และเครื่องมือการวิจัยแสดงดังตาราง 5

**ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ของการวิจัย และเครื่องมือการวิจัย**

จุดประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือการวิจัย	แหล่งข้อมูล
1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล	ผู้วิจัย
2. เพื่อศึกษามผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล	2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ	1. ผู้วิจัย 2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ใบบกิจกรรมในการวัดระดับองค์ประกอบหรือพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	3. ใบบกิจกรรม	นักเรียน
4. เพื่อศึกษาผลของการใช้ใบบกิจกรรมในการวัดระดับองค์ประกอบหรือพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	4. แบบประเมินชิ้นงาน	ผู้วิจัย

## การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย

การสร้างเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

**1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้**

1.1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนกลุ่มเป้าหมายที่อิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และรายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 1 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิเคราะห์หัวข้อชีวิต/ผลการเรียนรู้ เนื้อหารายวิชา ในเรื่อง สมดุลกล , สมดุลต่อการหมุน , เสถียรภาพของวัตถุ จัดแบ่งเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม

1.3 กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้จัดแบ่งเนื้อหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลกล ไว้จำนวน 3 แผน แผนละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 12 ชั่วโมง ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลกล

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ

1.4 ศึกษาประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับเนื้อหาเรื่อง สมดุลกล ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.5 เลือกสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล และทำการวิเคราะห์เนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ให้สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละแผน

1.6 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.6.1 ขั้นระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา



1.6.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูล และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและ ประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

1.6.3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและ เงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

1.6.4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการ สร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

1.6.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็น การทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและ พัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

1.6.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการนำเสนอ แนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

แสดงการบูรณาการเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการบูรณาการเนื้อหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ตามการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนที่	สถานการณ์/ปัญหา	เนื้อหา			เวลา
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์	
1	กิจกรรมเขียนทรงพลัง “ หากนักเรียนเป็นวิศวกรที่จะต้อง ออกแบบไปโครงสร้างเขื่อนสำหรับกัก เก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาใน จังหวัดชัยนาทเพื่อรับมือกับปัญหา น้ำท่วมหรืออุทกภัยที่เกิดขึ้นพื้นที่ ในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงปัญหาใน การขาดแคลนน้ในการทำ เกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง โดย เขื่อนที่นักเรียนออกแบบจะต้องมี ความยาวไม่เกิน 50เซนติเมตร และ ใช้หลอดกาแฟไม่เกิน 100 อัน หรือ ใช้ใ้หม้อยี่ที่สุด สามารถ	-แรงกิริยาและ แรงปฏิกิริยา -สมดุล	เข้าใจแนวคิดหลัก ของเทคโนโลยี เพื่อการดำรง ชีวิตในสังคมที่มี การเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ใช้ ความรู้และทักษะ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ เพื่อ ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อ แก้ปัญหาหรือ พัฒนางานอย่างมี	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหา 3. ออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	4 ชั่วโมง

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์/ปัญหา	เนื้อหา			เวลา
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์	
1	ใช้เป็นถนนหรือเส้นทางคมนาคมสำหรับรถยนต์ทั่วไป และรถบรรทุกขนาดใหญ่ได้ มีความคงทนแข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักให้ได้มากที่สุดโดยที่เขื่อนไม่แตกชำรุด หรือเสียรูปทรง”	<p>ความคิด</p> <p>สร้างสรรค์ด้วยกระบวนการ</p> <p>ออกแบบเชิงวิศวกรรม</p> <p>เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อม</p>	<p>5. ทดสอบ</p> <p>ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน</p> <p>6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา</p>		

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	เนื้อหา				เวลา	
	สถานการณ์/ปัญหา	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์		คณิตศาสตร์
2	<p><b>กิจกรรมย่อยกปลา</b></p> <p>“จากเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ตำบลหาดอาษา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ทำให้ชาวบ้านขาดแคลนอาหาร ไม่สามารถไปซื้ออาหารได้ ชาวบ้านบางส่วนจึงต้องหาอาหารกินเอง โดยใช้สวิงยกปลา (ยอยกปลา) ในการหาสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำที่ท่วมอยู่ ซึ่งตัวสวิงยกปลามีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ส่งผลทำให้แต่ละครั้งที่ยกยอแล้วได้ปลา ปลา ก็จะมีน้ำหนักมากเช่นกัน ทำให้ต้องใช้แรงมากในการจะยกปลาขึ้นมาในแต่ละรอบ ซึ่ง</p>	<p>สมดุลต่อการหมุน</p> <p>- คาบ</p> <p>- โมเมนต์ของแรง</p> <p>- โมเมนต์ของแรง</p> <p>คู่ควบ</p>	<p>เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์</p> <p>คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน</p>	<p>กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม</p> <p>1. ระบุปัญหา</p> <p>2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</p> <p>3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p> <p>4. วางแผนและดำเนินการ</p> <p>แก้ปัญหา</p>	<p>- การคำนวณต้นทุน</p> <p>- การนำความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละไปใช้ในการแก้ปัญหา</p> <p>- การนำความรู้เกี่ยวกับ การแก้ปัญหาเชิงเส้นตัวแปรเดียวไปใช้ใน ชีวิตจริง</p>	4 ชั่วโมง

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์/ปัญหา	เนื้อหา			เวลา
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	
2	<p>อาจไม่คุ้มกับแรงที่เสียไป เพราะไม่ใช่ทุกครั้งที่ยกขึ้นมาแล้วจะได้อุปลา และชาวบ้านก็ไม่สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์หาปลาได้ เนื่องจากชาวบ้านไม่มีเงิน จึงมอบภารกิจให้นักเรียนช่วยกันออกแบบขอยกปลาที่ใช้แรงในการยกน้อยลง แต่สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ โดยขอยกปลาที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีความแปลกใหม่ มีรูปแบบแตกต่างจากยอทั่วไป ความยาวของคานไม่เกิน 60 เซนติเมตร ราคาประหยัด และทนทานต่อการใช้งาน”</p>	<p>วิทยาศาสตร์</p> <p>อย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อม</p>	<p>เนื้อหา</p> <p>วิศวกรรมศาสตร์</p> <p>5. ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน</p> <p>6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>คณิตศาสตร์</p>	

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์/ปัญหา	เนื้อหา				เวลา
		วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์	
3	<p><b>กิจกรรมตุ๊กตาล้มลุกสุดห่วย</b></p> <p>“หากนักเรียนเป็นช่างในร้านขายของเล่นสำหรับเด็กในห้างสรรพสินค้า โดยในร้านจะขายของเล่นทุกรูปแบบ ในวันที่ 1 มกราคม 2565 มีลูกค้าชาวญี่ปุ่นมาสั่งทำของขวัญวันเกิดให้กับลูกชายของตนเอง ลูกค้าต้องการตุ๊กตาตุ๊กตาตุ๊กตา (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก ซึ่งคนญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าจะทำให้เด็ก ๆ แข็งแรง และปลอดภัยจากเคราะห์ร้าย โดยลูกค้าต้องการให้เป็นของขวัญที่มีชิ้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกมงได้นานๆ และราคาประหยัด”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ศูนย์กลางมวล</li> <li>- จุดศูนย์กลางของวัตถุ</li> <li>- เสถียรภาพของวัตถุ</li> </ul>	<p>เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้อะไรก็ได้ที่เกี่ยวข้องกับทางด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา</p>	<p>กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</p> <p>1. ระบุปัญหา</p> <p>2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</p> <p>3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p> <p>4. วางแผนและดำเนินการ</p> <p>ดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>แก้ปัญหา</p> <p>ประเมินการแก้ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การคำนวณต้นทุน</li> <li>- จุดศูนย์กลางของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ</li> <li>- มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต</li> <li>- ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ</li> <li>- การนำความรู้เกี่ยวกับการสร้าง</li> </ul>	4 ชั่วโมง

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์/ปัญหา	เนื้อหา		เวลา
	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
3	กระบวนการ ออกแบบเชิง วิศวกรรม เลือกใช้ เทคโนโลยีอย่าง เหมาะสมโดย คำนึงถึง ผลกระทบต่อชีวิต สังคม และ สิ่งแวดล้อม	5. ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไข การแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน 6. นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา	ทางเรขาคณิตไป ใช้ในชีวิตจริง	

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และครูที่มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของขั้นตอนกิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเนื้อหาที่ใช้สอน ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยภาพรวมมีคุณภาพความเหมาะสมระดับดี

1.8 ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ และครูที่มีประสบการณ์ในการสอนรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 3 ท่าน พร้อมตรวจพิสูจน์อักษร

1.9 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์ จำนวน 3 แผน และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 24 คน

## 2. ใบกิจกรรม มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษากรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ตัวอย่างรูปวิธีการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากต่างประเทศตามกรอบ Catalina Foothills School District, CFSD (2018)

2.2 กำหนดพฤติกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District, CFSD (2018) ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เกิดกับนักเรียนระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้

2.3 สร้างข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงถึงพฤติกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) ในการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ผู้วิจัยกำหนดให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

2.4 นำใบกิจกรรมทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลกล สมดุลต่อการหมุน เสถียรภาพของวัตถุ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านตรวจสอบความครอบคลุม ความเหมาะสมของข้อคำถาม และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถามในแบบบันทึกการทำกิจกรรม เรื่อง สมดุลกล โดยภาพรวมมีความสอดคล้อง โดยมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่า 0.50 ( IOC = 0.72) ถือว่าเป็นแบบบันทึกกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2.5 จัดพิมพ์ใบกิจกรรมทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ สมดุลกล สมดุลต่อการหมุน เสถียรภาพของวัตถุ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป



### 3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมาย ความสำคัญ คุณลักษณะ กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ตัวอย่างรูปวิธีการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากต่างประเทศตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018)

3.2 สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยปรับตามกรอบ Catalina Foothills School District : CFSD (2018) มีพฤติกรรมหลัก 6 พฤติกรรมที่จะประเมินได้แก่

3.2.1 การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

3.2.2 การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน

3.2.3 การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่ และท้าทายความสามารถของตนเอง

3.2.4 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

3.2.5 การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุ รายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

3.2.6 การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ปรับขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม เพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่ยังบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปตรวจสอบหาคุณภาพโดยให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยภาพรวมมีความสอดคล้อง โดยมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่า 0.50 ( IOC = 0.68) ถือว่าเป็นแบบประเมิน

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้พฤติกรรมการความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.5 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่พิจารณาแล้วมาแก้ไข ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.6 นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์ ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

#### ตาราง 7 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการ	คะแนน
<b>1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b>	
- มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน	1 คะแนน
- มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน	1 คะแนน
- มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง	1 คะแนน
<b>2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)</b>	
- มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้มากกว่า 1 แบบ	1 คะแนน
- มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาดวัสดุได้ครบถ้วน	1 คะแนน
<b>3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)</b>	
- มีการออกแบบที่แปลกใหม่	1 คะแนน
- ทำทายความสามารถของตนเอง	1 คะแนน
<b>4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b>	
- มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน	1 คะแนน
- มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน	1 คะแนน
- มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก	1 คะแนน
<b>5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)</b>	
- มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย	1 คะแนน
- มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก	1 คะแนน
- มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน	1 คะแนน
- มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน	1 คะแนน
- สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	1 คะแนน

## ตาราง 7 (ต่อ)

รายการ	คะแนน
- ขึ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด	1 คะแนน
- มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ	1 คะแนน
<b>6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b>	
- มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู	1 คะแนน
- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข	1 คะแนน
- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด	1 คะแนน

#### 4. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

4.1 ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ และตัวอย่างวิธีการสร้างข้อคำถามที่ใช้

4.2 กำหนดข้อคำถาม และระยะเวลาที่ใช้ในการเขียนแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ

4.3 สร้างแบบแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ

4.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับข้อคำถาม และความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยภาพรวมมีคุณภาพความเหมาะสมระดับมากที่สุด

( $\bar{x}$  = 4.78 และ S.D. = 0.26)

4.5 นำแบบแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ ที่พิจารณาแล้วมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

4.6 จัดพิมพ์แบบแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ ฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้จริงเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนสะเต็มศึกษา และวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนเรื่องสมดุลกล จำนวน 1 ท่าน และครูชำนาญการพิเศษที่มีประสบการณ์การสอนในรายวิชาฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี จำนวน 1 ท่าน

## 5. แบบประเมินชิ้นงาน

คือ แบบบันทึกคะแนนจากการประเมินชิ้นงานต้นแบบของนักเรียนโดยผู้วิจัยและครูประจำการที่สอนในรายวิชาฟิสิกส์ สำหรับใช้วัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่านการสร้างชิ้นงานควบคู่กับการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงานของนักเรียนมีขั้นตอนการสร้างเครื่องมือดังนี้

5.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินชิ้นงานจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและกำหนดแนวทางในการสร้างรายการประเมินของแบบประเมินชิ้นงานเพื่อวัดความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

5.2 สร้างแบบประเมินชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแบบบันทึกคะแนนตามรายการประเมินเป็นรายกลุ่มโดยผู้วิจัยนำรายการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงมาจากเอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มีรายการประเมินชิ้นงาน 6 รายการ ได้แก่ ผลงานความคิดสร้างสรรค์ การนำเสนอ การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ การประยุกต์ใช้ความรู้การทำงานเป็นทีม พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงาน Rubric score แบ่งเป็น 4 ระดับของรายการประเมิน ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี ระดับพอใช้ ระดับปรับปรุง แสดงเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 7

5.3 นำแบบประเมินชิ้นงานที่จัดทำขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม เพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่ยังบกพร่องและนำมาปรับปรุงแก้ไข

5.4 นำแบบประเมินชิ้นงานที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไป ตรวจสอบหาคุณภาพ โดยให้อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและให้คำแนะนำเกี่ยวกับความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้การประเมินชิ้นงานกับแบบ

ประเมินชิ้นงาน โดยภาพรวมมีความสอดคล้อง โดยมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่า 0.50 (IOC = 0.70) ถือว่าเป็นแบบประเมินชิ้นงานที่มีความสอดคล้องกับตัวบ่งชี้การประเมินชิ้นงาน

5.5 นำแบบประเมินชิ้นงานที่พิจารณาแล้วมาแก้ไข ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5.6 นำแบบประเมินชิ้นงานฉบับสมบูรณ์ ไปเก็บข้อมูลกับ กลุ่มเป้าหมายต่อไป

ตาราง 8 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานต้นแบบของนักเรียน

รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การประยุกต์ใช้ ความรู้	นำความรู้ทาง	นำความรู้ทาง	นำความรู้ทาง	ไม่นำความรู้ทาง
	ฟิสิกส์ เรื่อง	ฟิสิกส์ เรื่อง	ฟิสิกส์ เรื่อง	ฟิสิกส์ เรื่อง
	สมดุลกลมา	สมดุลกลมา	สมดุลกลมา	สมดุลกลมา
	ประยุกต์ใช้ใน	ประยุกต์ใช้ใน	ประยุกต์ใช้ใน	ประยุกต์ใช้ใน
	การออกแบบ	การออกแบบ	การออกแบบ	การออกแบบ
	ชิ้นงานได้ชัดเจน	ชิ้นงานได้ชัดเจน	ชิ้นงานได้ชัดเจน	ชิ้นงาน
	และถูกต้องตั้งแต่	และถูกต้องตั้งแต่		
3 องค์ความรู้	2 องค์ความรู้			
ความคิด สร้างสรรค์	สร้างชิ้นงานได้	สร้างชิ้นงานได้	สร้างชิ้นงานได้	ไม่สามารถสร้าง
	สวยงามและมี	สวยงามและมี	สวยงาม แต่ไม่มี	ชิ้นงานได้
	แนวคิดการ	แนวคิดการ	แนวคิดการ	สวยงามตามที่
	ออกแบบที่แปลก	ออกแบบที่แปลก	ออกแบบที่แปลก	ออกแบบได้
	ใหม่ตั้งแต่ 2	ใหม่ได้เพียง	ใหม่	
	แนวคิดขึ้นไป	แนวคิดเดียว		
ผลงาน	ออกแบบชิ้นงาน	ออกแบบชิ้นงาน	ออกแบบชิ้นงาน	ออกแบบชิ้นงาน
	ได้สอดคล้องกับ	ได้สอดคล้องกับ	ได้สอดคล้องกับ	ไม่สอดคล้องกับ
	ปัญหาหรือสนอง	ปัญหาหรือสนอง	ปัญหาหรือสนอง	ปัญหาหรือไม่
	ความต้องการได้	ความต้องการได้	ความต้องการได้	สนองความ
	ครบถ้วน	เป็นส่วนใหญ่	เป็นส่วนน้อย	ต้องการ

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การทำงานเป็น ทีม	สมาชิกกลุ่มทุก คนมีส่วนร่วมใน การปฏิบัติงาน	สมาชิกกลุ่มส่วน ใหญ่มีส่วนร่วมใน การปฏิบัติงาน	สมาชิกกลุ่ม บางส่วนมีส่วน ร่วมในการ	สมาชิกกลุ่มไม่มี ส่วนร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม
	กลุ่มยอมรับฟัง ความคิดเห็นผู้อื่น อย่างมีเหตุผล และสร้างสรรค์	กลุ่มยอมรับฟัง ความคิดเห็นผู้อื่น อย่างมีเหตุผล และสร้างสรรค์	ปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์	ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์
	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบมี การระดมแนวคิด และแสดงถึงการ	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบมี การระดมแนวคิด แต่ไม่ได้นำ	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ แต่ ไม่มีการระดม แนวคิด	ไม่มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ
	ใช้แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ	แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการ ตัดสินใจในการ ออกแบบ		
การนำเสนอ	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจ	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจ	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจแต่	นำเสนอผลงาน ได้น่าสนใจแต่
	อธิบายขั้นตอน	อธิบายขั้นตอน	อธิบายขั้นตอน	อธิบายขั้นตอน
	การออกแบบ	การออกแบบ	การออกแบบ	การออกแบบ
	ชิ้นงานที่เข้าใจ	ชิ้นงานที่เข้าใจ	ชิ้นงานที่เข้าใจ	ชิ้นงานที่เข้าใจ
	ง่ายและตอบ	ง่ายแต่ตอบ	ยาก หรือตอบ	ยาก และตอบ
	คำถามชัดเจน	คำถามชัดเจน	คำถามชัดเจน	คำถามชัดเจน

หมายเหตุ : ปรับปรุงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายการประเมินชิ้นงานและพฤติกรรมหลักของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการประเมินชิ้นงาน	พฤติกรรมของการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
การประยุกต์ใช้ความรู้	การสร้างความคิด
ความคิดสร้างสรรค์	การเปิดกว้าง และความกล้าในการสำรวจ
ผลงาน	การออกแบบและปรับแต่งความคิด
การทำงานเป็นทีม	การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
การใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ	การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์
การนำเสนอ	การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยการเก็บข้อมูลตามระเบียบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดย แบ่งออกเป็น 3 วงจร ซึ่งแต่ละวงจรมี 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน 2) ขั้นปฏิบัติ 3) ขั้นสังเกต และ 4) ขั้นสะท้อนผล ตามแนวคิดของ Kemmis (1988) และ Schmuck (2008) (อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 149-152)

#### วงจรที่ 1

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล

##### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 3 เรื่อง ตามขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลอีก 3 เครื่องมือ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ ใบกิจกรรม และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือแต่ละประเภท

##### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ และขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1 เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง โดยหลังจากการจัดการเรียนรู้ครูและนักเรียนจะต้องเขียนแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะ

เต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในเวลาที่กำหนด และครูจะทำการสังเกตนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ในเรื่องนี้

และในระหว่างการจัดการเรียนรู้ผู้เชี่ยวชาญจะเข้าร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และทำการสะท้อนผลโดยเขียนแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

#### **ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์และประเมินผลการปฏิบัติทั้งหมดจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของตนเอง และผู้เชี่ยวชาญ ทั้งในด้านที่เป็นจุดเด่น หรือเป็นจุดด้อย และสิ่งใดที่ปฏิบัติแล้วเกิดผลหรือปฏิบัติแล้วไม่เกิดผลตามที่ต้องการ เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 2 ต่อไป และนำผลมาวิเคราะห์ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 และวิเคราะห์ผลจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแบบสังเกตความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อให้ทราบถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนในวงจรที่ 1 และตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

#### **วงจรที่ 2**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลต่อการหมุน

#### **ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน**

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 1 และเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 เครื่องมือเช่นเดียวกับขั้นวางแผนในวงจรที่ 1

#### **ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ และขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต**

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลต่อการหมุน และเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติ และขั้นสังเกตในวงจรที่ 1

#### **ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล**

ผู้วิจัยวิเคราะห์และประเมินผลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของตนเอง และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 ต่อไป และวิเคราะห์ผลจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแบบสังเกตความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อให้



ทราบถึงพัฒนาการความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนในวงจรที่ 2 และตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

### วงจรที่ 3

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ

#### ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ตามผลการสะท้อนในวงจรที่ 2 และจัดเตรียมเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 เครื่องมือเช่นเดียวกับขั้นวางแผนในวงจรที่ 1

#### ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ และขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุและเก็บรวบรวมข้อมูลเช่นเดียวกับขั้นปฏิบัติ และขั้นสังเกตในวงจรที่ 1

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์และประเมินผลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของตนเอง และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมและนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ควร มีแนวทางอย่างไร** ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.1 การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของครู และผู้เชี่ยวชาญ ที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1.1 อ่านเนื้อหาจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของครู และผู้เชี่ยวชาญ

1.1.2 จัดกลุ่มข้อความจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของครู และผู้เชี่ยวชาญ ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 6 ชั้น และวิเคราะห์แยกข้อความในแต่ละชั้นออกเป็นข้อดีและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจับประเด็นสำคัญของประโยค และใส่รหัสข้อมูลโดยใช้วลีสั้นๆ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของข้อความนั้น ๆ และเพื่อความเข้าใจง่ายและตรงกันสำหรับผู้อ่าน

1.1.3 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยใส่แหล่งที่มาของข้อมูลว่ามาจากเครื่องมือใด พร้อมลงวัน เวลา และสถานที่ประกอบข้อมูลนั้น ๆ

1.1.4 ทำการลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจร และเมื่อครบวงจรปฏิบัติการทั้งหมดโดยเขียนเป็นความเรียง

1.2 ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation) แหล่งที่มาจากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

**2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุล กล ได้หรือไม่ อย่างไร**

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรมแบบประเมินชิ้นงาน และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการวิเคราะห์แต่ละวงจรปฏิบัติการ และจะวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. ข้อมูลเชิงคุณภาพ

#### 1.1 การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ทำการวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือเก็บข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้

1.1.2 ทำการให้รหัสข้อมูลเพื่อการจัดระเบียบของข้อมูลให้ได้ตามประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์คือข้อมูลที่ได้อาจต้องแสดงให้เห็นถึงความเกี่ยวข้องต่อการเกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องสมดุกล ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นโดยข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จะเป็นข้อมูลความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่เกิดจากพฤติกรรมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.1.3 การนำข้อมูลที่ได้มาจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ และอภิปรายผล

1.1.4 ตีความและสรุปข้อมูลให้ทราบถึงความสามารถในความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนจากการทำกิจกรรมร่วมกันในชั้นเรียน

## 2. ข้อมูลเชิงปริมาณ

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2.1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลไปกิจกรรมนักเรียนโดยวิเคราะห์การเขียนคำตอบเพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น

2.1.2 อ่านข้อความจากใบกิจกรรม โดยพิจารณาพฤติกรรมตามรูปรีคส์การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District, CFSD (2018)

2.1.3 จัดกลุ่มข้อความจากใบกิจกรรม โดยพิจารณาพฤติกรรมตามรูปรีคการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District, CFSD (2018)

2.1.4 ตรวจสอบให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ทำการลงข้อสรุป เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจร

2.1.5 ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ได้จากแบบประเมินซึ่งหากสูงขึ้นตามวงจรที่ 1,2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินชิ้นงาน

2.2.1 ผู้วิจัยทำการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างขึ้น โดยประเมินตามเกณฑ์ Rubric Score

2.2.2 ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ได้จากแบบประเมินชิ้นงาน ซึ่งหากสูงขึ้นตามวงจรที่ 1,2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมและแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม

ศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

2.3 การตรวจสอบข้อมูลผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนและแบบประเมินชิ้นงานแต่ละวงจรมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและทิศทางของข้อมูลในการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการ (Method triangulation)

ผู้วิจัยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนี้

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) (พิสนุ พงศรี, 2549, หน้า 277)

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

เมื่อ X แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า

109)

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

เมื่อ S.D. แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน

N แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

### 2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หรือดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (Rovineli and Hambleton, 1977) อังอิงใน ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 249)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

### ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยืนยันความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัยโดยการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 วิธีคือวิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย (Method Triangulation) อีกทั้งยังใช้ การตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) และการเข้าไปมีส่วนร่วมหรือการฝังตัวในบริบท สถานการณ์ หรือสิ่งที่ศึกษาเป็นระยะเวลายาวนาน (Prolonged Engagement) ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. วิธีการตรวจสอบสามเส้าด้านเครื่องมือวิจัย จากงานวิจัยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือ จำนวน 2 เครื่องมือในการศึกษาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่ แบบประเมินความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบประเมินชิ้นงานจากนั้นวิเคราะห์ และพิจารณาถึงผลสรุปการ ดำเนินงานเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทาง เดียวกันหรือไม่ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ได้หรือไม่ อย่างไร

2. วิธีการตรวจสอบ หรือการตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลกับอาจารย์ที่ปรึกษา การศึกษาค้นคว้าอิสระ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ที่มี ประสบการณ์ ในการสอนมากกว่า 10 ปี ตรวจสอบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล กระบวนการ เก็บข้อมูลและกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินการอย่างถูกต้องตามหลักการหรือไม่ และผลการ วิเคราะห์ที่ได้สามารถตอบคำถามวิจัยทั้งสองข้อได้ครอบคลุมหรือไม่

3. การเข้าไปมีส่วนร่วมหรือการฝังตัวในบริบท สถานการณ์ หรือสิ่งที่ศึกษาเป็น ระยะเวลายาวนาน ตัวผู้วิจัยได้เข้าไปทำการสอนอยู่ในห้องเรียนกลุ่มเป้าหมายตั้งแต่ภาคเรียน ที่หนึ่ง ปีการศึกษา 2563 เพื่อให้มีความคุ้นเคยกับนักเรียน เก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับตัวนักเรียน และบริบท ที่เกี่ยวข้องข้องกับกลุ่มเป้าหมาย และสามารถแปลผลจากพฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียนได้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ และผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพในสองส่วน คือ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล และผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งข้อมูลวิจัยได้จากใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

#### **ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล**

ในการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นวงจรปฏิบัติการทั้งสิ้น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยในส่วนท้ายของแต่ละวงจรปฏิบัติการ จะทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกต ว่าควรมีแนวทางในการพัฒนา หรือปรับปรุงแก้ไขส่วนใด จากนั้นจะทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปเมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 ซึ่งผู้วิจัยได้มีการวิเคราะห์รายละเอียดไว้ดังต่อไปนี้

### 1.1 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลกล)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 ตั้งแต่เวลา 8.30 น.–12.00 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวงจรปฏิบัติการแสดง ดังนี้

#### ขั้นวางแผน (Plan : P)

ผู้วิจัยทำการศึกษาสภาพปัญหา และวิเคราะห์ปัญหาในชั้นเรียนในปีการศึกษาที่ผ่านมา จากเอกสารบันทึกหลังสอน ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 3 แผน ตามขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สมดุลกล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สมดุลต่อการหมุน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เสถียรภาพของวัตถุ จากนั้นวางแผน และสร้างเครื่องมือวิจัยเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือ ได้แก่ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับครู และผู้เชี่ยวชาญ ใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือแต่ละประเภท จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหา รวมถึงความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในใบกิจกรรมกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยมีผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยผลการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา ทั้ง 3 แผน อยู่ในระดับดี

#### ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องสมดุลกล โดยใช้เวลาดังกล่าว 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องร่วมกันทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมที่เคยพบเห็นในชีวิตประจำวันจากบริบทในท้องถิ่น ครูผู้สอนจะร่วมพูดคุยและชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตาม

แนวคิดเพิ่มเติมศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกลของวัตถุ พร้อมชี้แจงการให้คะแนน จากนั้นร่วมสนทนาข่าวสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ใกล้เคียงเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่ได้รับผลกระทบในเขตพื้นที่อำเภอสรรพยา และอำเภออินทร์บุรี ผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter ในประเด็นต่างๆดังนี้ นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้ผนังกันน้ำ หรือเขื่อนพังมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง นักเรียนคิดว่าโครงสร้างส่วนใดของเขื่อน หรือผนังกันน้ำที่มีความสำคัญที่สุด เพราะเหตุใด จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ให้กับนักเรียนดังนี้ “หากนักเรียนเป็นวิศวกรที่จะต้องออกแบบโครงสร้างเขื่อนสำหรับกักเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาในจังหวัดชัยนาทเพื่อรับมือกับปัญหาน้ำท่วมหรืออุทกภัยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ในช่วงฤดูน้ำหลาก รวมถึงปัญหาในการขาดแคลนน้ำในการทำเกษตรกรรมในช่วงฤดูแล้ง โดยเขื่อนที่นักเรียนออกแบบจะต้องมีความยาวไม่เกิน 50 เซนติเมตร และใช้หลอดกาแฟไม่เกิน 100 อัน หรือใช้ให้น้อยที่สุด สามารถใช้เป็นถนนหรือเส้นทางคมนาคมสำหรับรถยนต์ทั่วไป และรถบรรทุกขนาดใหญ่ได้ มีความคงทน แข็งแรง และสามารถรับน้ำหนักให้ได้มากที่สุดโดยที่เขื่อนไม่แตก ชำรุดหรือเสียรูปทรง” ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขื่อนทรงพลัง ให้กับนักเรียนทุกคน ครูชี้แจงอธิบายรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 1 คือให้นักเรียนทุกคนทำการวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไข ข้อจำกัดของกลุ่มเป้าหมายพร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขื่อนทรงพลัง ตอนที่ 1 จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักเรียนเลือกหัวหน้ากลุ่ม ผู้จัดบันทึกใบกิจกรรม และแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เหมาะสมตามความถนัดและความสามารถของสมาชิก โดยจะต้องระบุหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรม

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยข่าวสถานการณ์น้ำท่วมกันน้ำแตกผ่านการร่วมตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter เนื่องจากสถานการณ์ที่ยกตัวอย่างเป็นบริบทที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน และนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อใช้ในการตอบประเด็นคำถามร่วมกับครูผู้สอนได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามในแอปพลิเคชัน Mentimeter สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า



“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามในแอปพลิเคชัน Mentimeter เนื่องจากอาจไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และไม่เข้าใจรูปแบบวิธีของการตอบ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรอธิบายวิธีการใช้งานแอปพลิเคชันก่อนเริ่มกิจกรรม วิธีการพิมพ์คำตอบ รวมถึงกำหนดกรอบเวลาในการพิมพ์คำตอบแต่ละข้อเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดในระยะเวลาที่จำกัด”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำเสนอสถานการณ์เขื่อนทรงพลังให้กับนักเรียน ผู้วิจัยได้มีการชี้แจงการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักเรียนเลือกหัวหน้ากลุ่ม ผู้จัดบันทึกใบกิจกรรม และแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เหมาะสมตามความถนัดและความสามารถของสมาชิก โดยจะต้องระบุหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรม พบว่า ในการแบ่งหน้าที่การทำงานนักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่โดยการจับฉลาก โดยไม่คำนึงถึงความสามารถของสมาชิกแต่ละคน บางกลุ่มแบ่งตามความคิดเห็นของใครคนใดคนหนึ่ง สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่โดยการจับฉลาก โดยไม่คำนึงถึงความสามารถของสมาชิกแต่ละคน บางกลุ่มแบ่งตามความคิดเห็นของใครคนใดคนหนึ่ง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรม โดยคำนึงถึงความสามารถของแต่ละคนตามความเหมาะสม”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยได้มีการอธิบายรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 1 คือให้นักเรียนทุกคนทำการวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไขข้อจำกัดของกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขื่อนทรงพลัง ตอนที่ 1 พบว่า ยังมีนักเรียน

บางกลุ่มไม่เข้าใจรูปแบบการเขียนตอบในใบกิจกรรม สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญ  
ที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจรูปแบบการเขียนตอบในใบกิจกรรม ในตอนที่ 1 การระบุปัญหา  
ความต้องการ เงื่อนไข”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนบางกลุ่มมีการสอบถามเกี่ยวกับการตอบคำถามในใบกิจกรรม ครูควรชี้แจงและ  
อธิบายการเขียนตอบใบกิจกรรม อย่างเป็นลำดับขั้นตอน ให้นักเรียนทุกกลุ่มเข้าใจรูปแบบของการ  
เขียนตอบก่อนเริ่มกิจกรรม”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้มีการนำเสนอสถานการณ์ และอธิบายรายละเอียดภาระงาน ผู้วิจัยได้ให้  
นักเรียนทำการระดมสมองกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไขข้อจำกัด  
ของกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบ  
กิจกรรมที่ 1 เรื่อง เชื้อนทรงพลัง ตอนที่ 1 พบว่า ยังมีนักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจว่าต้องทำอะไรบ้าง  
บางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางกลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือความ  
ต้องการได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่  
กล่าวว่า

“นักเรียนไม่รู้ว่าจะทำการระดมสมองอย่างไร เนื่องจากไม่มีประสบการณ์”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรชี้แจงรายละเอียดและยกตัวอย่างเกี่ยวกับวิธีการระดมสมองให้กับนักเรียน พร้อม  
ตรวจสอบความเข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติจริง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการระบุปัญหา บางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางกลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือความต้องการได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูอาจมีตัวอย่างบทความข่าวสถานการณ์ปัญหา และชวนนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ นักเรียนวิเคราะห์ และรู้จักการกำหนดปัญหา เจาะลึกสถานการณ์ ข้อจำกัดต่างๆจากสถานการณ์ นั้นๆ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้มีการให้คำแนะนำในการระดมสมอง และชี้แนะแนวทางในการระบุปัญหา พบว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมองได้ดียิ่งขึ้น ทุกคนมีโอกาสนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง ร่วมกันคิดและตัดสินใจ มีการวิเคราะห์ร่วมกัน และสังเคราะห์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของ เพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือน หรือแตกต่างกันเพื่อสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม มีการทำงานร่วมกันได้ เป็นอย่างดี สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการระดมสมองนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือน หรือแตกต่างกันเพื่อสรุปความคิดเห็นของกลุ่มได้อย่างชัดเจน มีการทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมอง และแสดงความคิดเห็นร่วมกันได้เป็นอย่างดี”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

## ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัดในการสร้างเขื่อน โดยในขั้นนี้ครูผู้สอนใช้สื่อ power point ในการอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบของเขื่อนกักเก็บน้ำ การใช้ประโยชน์ที่มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละจังหวัด โครงสร้างของเขื่อนที่สำคัญ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง และแบบภาพร่างของเขื่อนแต่ละประเภท

โดยมีคำถามเพื่อการอภิปรายร่วมกันในการกระตุ้นแนวคิดดังนี้ เชื่อนมีประโยชน์อย่างไร ถ้าเราจะจัดจำแนกประเภทของเชื่อน จะแบ่งออกได้ที่ประเภท พื้นที่จังหวัด ที่นักเรียนอาศัยอยู่ใช้ประโยชน์จากเชื่อนใดบ้าง การที่เชื่อนสามารถรับน้ำหนัก แรงดันการไหลของน้ำในแม่น้ำ และยังคงสภาพให้อยู่ในสมดุลกลได้ ต้องมีเงื่อนไขอะไรเกี่ยวข้องบ้าง จากนั้นครูชี้แจงรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 2 โดยให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ และบันทึกผลโดยบรรยายความรู้สึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เชื่อนทรงพลัง ตอนที่ 2 ประกอบด้วยกิจกรรมที่ 1 แรงเธอ แรงฉัน กิจกรรมที่ 2 ฐานดี มีชัยไปกว่าครึ่ง ซึ่งกิจกรรมทั้ง 2 เป็นกิจกรรมการต่อตัวในรูปแบบต่างๆตามข้อความบรรยายท่าทางในใบกิจกรรม เพื่อศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบโครงสร้างฐานที่แข็งแรง การกระจายแรงเพื่อรับน้ำหนักในส่วนต่างๆ และเทคนิคในการยึดข้อต่อเพื่อให้ฐานแข็งแรงมากขึ้น จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรม พร้อมกับตอบคำถามในตอนท้ายของใบกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองมาสรุปเป็นแนวคิดสำคัญที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานต่อไป โดยมีคำถามดังนี้เพราะเหตุใดโครงสร้างของฐานจึงจำเป็นแข็งแรง หากนักเรียนจะสร้างเชื่อนที่สามารถรับน้ำหนัก แรงดันการไหลของน้ำในแม่น้ำ และยังคงสภาพให้อยู่ในสมดุลกลได้ จะต้องออกแบบโครงสร้างอย่างไร และต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง หลังจากนั้นครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหา แนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัดในการสร้างเชื่อน จากนั้นครูตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับการรวบรวมข้อมูลเพื่อดูว่าเพียงพอที่จะไปใช้ในการสร้างเชื่อนหรือไม่

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า ในขั้นนี้ครูผู้สอนใช้สื่อ power point ในการอธิบายเกี่ยวกับรูปแบบของเชื่อนกักเก็บน้ำ การใช้ประโยชน์ที่มีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละจังหวัด โครงสร้างของเชื่อนที่สำคัญ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง และแบบภาพร่างของเชื่อนแต่ละประเภท นักเรียนรู้สึกเบื่อ และไม่มีสมาธิในการฟังบรรยายลักษณะโครงสร้างเชื่อนแบบต่างๆ เนื่องจากมีเนื้อหาค่อนข้างเยอะ และมีความซับซ้อน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนรู้สึกเบื่อ และไม่มีสมาธิในการฟังบรรยายลักษณะโครงสร้างเชื่อนแบบต่างๆจาก power point”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“สื่อ power point ที่ใช้ในการอธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างเขื่อนแบบต่างๆมีเนื้อหาค่อนข้างเยอะ ควรปรับให้มีแค่เนื้อหาหรือใจความสำคัญที่นักเรียนควรรู้และนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงาน หรืออาจจะทำเป็น QR-code แหล่งข้อมูลเพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและตัดสินใจเลือกแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวข้องกับปัญหาด้วยตนเอง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้มีการชี้แจงรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 2 โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ และบันทึกผลโดยบรรยายความรู้สึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เชื้อนทรงพลัง ตอนที่ 2 ประกอบด้วยกิจกรรมที่ 1 แรงเธอ แรงฉัน กิจกรรมที่ 2 ฐานดี มีชัยไปกว่าครึ่ง ซึ่งกิจกรรมทั้ง 2 เป็นกิจกรรมการต่อตัวในรูปแบบต่างๆตามข้อความบรรยายท่าทางในใบกิจกรรม จากการดำเนินกิจกรรมพบว่า ในกิจกรรมการต่อตัวนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการวางแผนการจัดวางสมาชิกในตำแหน่งต่างๆตามความเหมาะสมของรูปร่างและน้ำหนักตัวเพื่อให้เกิดความสมดุล และผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด และมีนักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจคำอธิบายรูปแบบท่าทางการต่อตัวในใบกิจกรรม จึงทำให้ต่อตัวผิดไปจากรูปแบบที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรม สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในกิจกรรมการต่อตัวนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการวางแผนการจัดวางสมาชิกในตำแหน่งต่างๆตามความเหมาะสมของรูปร่างและน้ำหนักตัวเพื่อให้เกิดความสมดุล”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีการเลือกจัดวางสมาชิกแต่ละคนในการต่อตัวตามความเหมาะสมของรูปร่าง ความสูง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในกิจกรรมการต่อตัวพบว่านักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจคำอธิบายรูปแบบท่าทางการต่อตัวในใบกิจกรรม จึงทำให้ต่อตัวผิดไปจากรูปแบบที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรม”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูอาจจะเพิ่มรูปภาพลักษณะการต่อตัวลงในใบกิจกรรมทั้งสอง เพื่อให้นักเรียนมองเห็นภาพและสามารถทำท่าทางได้อย่างถูกต้อง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรม พร้อมกับตอบคำถามในตอนท้ายของใบกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองมาสรุปเป็นแนวคิดสำคัญที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงาน พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับ การสร้างเขื่อนได้ เช่น ลักษณะโครงสร้างฐานของเขื่อนที่แข็งแรง การกระจายแรงเพื่อรับน้ำหนักในส่วนต่างๆ และเทคนิคในการยึดข้อต่อเพื่อให้ฐานแข็งแรงมากขึ้น รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดในการสร้างเขื่อนได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับการสร้างเขื่อนได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในการสร้างแนวคิดจากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการต่อตัว และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเขื่อนได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยครูผู้สอนมีการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนแบบของนักเรียนในรายวิชางานช่าง ว่าเรียนอะไรมาบ้างแล้วเขียนแบบอะไรมาบ้าง ลักษณะเป็นอย่างไร ขั้นตอนการเขียนภาพร่างมีขั้นตอนอย่างไร ครูมีการอธิบายการเขียนแบบที่จะนำไปใช้ให้กับนักเรียนโดยใช้ power point พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการเขียนแบบให้นักเรียนดู และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่าง จากนั้นครูให้นักเรียนลองเขียนแบบร่างโครงสร้างเขื่อนชนิดใดก็ได้ที่ตนเองสนใจมา 1 อย่าง จากนั้นครูอธิบายภาระงานที่ 3 ว่าให้นักเรียนทำการเขียนแบบโครงสร้างเขื่อน จากสถานการณ์ที่กำหนดลงในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง

เขียนทรงพลัง ตอนที่ 3 ข้อที่ 1 อย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเงื่อนไขที่ได้จากการสืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสรุปภายในกลุ่มถึงแบบโครงสร้างเงื่อนไขทั้ง 3 แบบของกลุ่มตนเองออกแบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้างเงื่อนไข พร้อมระบุเหตุผลในการเลือกลงในตอนที่ 3 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขียนทรงพลัง ข้อที่ 2-3

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า หลังจากที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการเขียนแบบภาพร่างโครงสร้างเงื่อนไขอย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มมีการออกแบบที่น่าสนใจ มีความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ส่วนบางกลุ่มมีการดัดแปลงจากรูปแบบเดิมในบางจุดเพื่อให้ได้อีก 2 รูปแบบขึ้นมา แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบภาพร่างชิ้นงานได้แตกต่างกันครบทั้ง 3 รูปแบบ แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการออกแบบภาพร่างชิ้นงานที่มีความแตกต่างกันมากกว่า 1 รูปแบบจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในชิ้นงานนั้นๆ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ในการออกแบบภาพร่างชิ้นงาน ยังพบปัญหาเกี่ยวกับการแสดงความคิดเห็น เนื่องจากมีสมาชิกในกลุ่มบางคนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่มทำให้ยังไม่ได้แนวคิดในการออกแบบชิ้นงานที่หลากหลาย สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนในกลุ่มบางคนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่มทำให้ยังไม่ได้แนวคิดในการออกแบบชิ้นงานที่หลากหลาย”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีการพูดคุยกัน สมาชิกบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในการออกแบบชิ้นงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

จากการที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอแบบร่างโครงสร้างเขื่อน ที่กลุ่มของตนเองเลือกมาจาก 3 แบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้างเขื่อน พบว่านักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุนายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุนายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการเขียนแบบภาพร่าง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ระบุขนาดชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ในภาพร่างที่ตนเองออกแบบ ครูต้องเน้นย้ำและระบุคำสั่งให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรมว่าสิ่งสำคัญในการเขียนแบบคือต้องระบุขนาด และวัสดุอุปกรณ์ในการใช้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

#### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนวางแผนในการสร้างเขื่อน โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้างเขื่อน พร้อมระบุด้วยว่าใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรในการสร้างเขื่อน ลงในตอนที่ 5 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขื่อนทรงพลัง ข้อที่ 1 ครูชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนประเมินชิ้นงานว่ามีประเด็นใดบ้างเพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน นักเรียนทำการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า ลงในตอนที่ 4 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เขื่อนทรงพลัง โดยครูต้องย้ำกับนักเรียนว่าสามารถซื้อของได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นให้ทำการตรวจสอบรายการสินค้าให้ดี และย้ำเรื่องเกณฑ์การให้คะแนนเรื่องจำนวนเงินที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนเริ่มซื้อของตามที่กลุ่มตนเองได้เขียนไว้ในใบสั่งซื้อของ ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ที่สั่งซื้อว่าครบหรือไม่ สภาพพร้อมใช้งาน หลังจากนั้นให้นักเรียนลงมือสร้างเขื่อน ตามขั้นตอนที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบโครงสร้างของเขื่อนไว้

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า ในการเขียนขั้นตอนการดำเนินงานของนักเรียน พบว่าส่วนใหญ่เขียนอธิบายเพียงข้อความสั้นๆ ไม่สื่อสารกับผู้อ่าน ทำให้ไม่เข้าใจใน



เนื้อความที่ต้องการสื่อ ไม่มีการเรียงลำดับส่วนประกอบในประโยคที่ถูกต้องตามหลักภาษา ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้จริง ในส่วนการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม ยังไม่มีการวางแผน กำหนดภาระงานให้กับสมาชิกแต่ละคนที่ชัดเจน สมาชิกบางคนไม่มีส่วนร่วมในการสร้างชิ้นงาน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียน พบว่าส่วนใหญ่เขียนอธิบายเพียงข้อความสั้นๆ ไม่สื่อสารกับผู้อ่าน ทำให้ไม่เข้าใจในเนื้อความที่ต้องการสื่อ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่ยังขาดการวางแผนที่เป็นขั้นตอนในการสร้างชิ้น และไม่มีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า มีนักเรียนบางกลุ่มเข้าใจผิดเกี่ยวกับใบสั่งซื้อสินค้า บางกลุ่มไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนของราคาสินค้าที่นำมาสร้าง บางกลุ่มเขียนราคาสินค้าไม่ตรงกับรายการสินค้าที่ต้องการจะซื้อ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเลือกซื้อสินค้า อาจเป็นเพราะครูผู้สอนจัดรายการสินค้าอยู่ในตะกร้าเดียวกัน และไม่มีรายละเอียดตารางแสดงรายการสินค้า และราคาที่ชัดเจนให้กับนักเรียน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนของราคาสินค้าที่นำมาสร้าง บางกลุ่มเขียนราคาสินค้าไม่ตรงกับรายการสินค้าที่ต้องการจะซื้อ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูไม่มีตารางแสดงรายการสินค้าและวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียนดู มีเพียงสินค้าที่วางอยู่ด้านหน้าพร้อมกับป้ายราคา ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่สะดวกต่อการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งานกับสมาชิกแต่ละกลุ่ม เนื่องจากปีนกาามีแค่ 2 เครื่อง และนักเรียนส่วนใหญ่เลือกใช้กาวแท่งในการยึดติดชิ้นงานจึงทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องต่อคิวรอใช้งานอุปกรณ์เป็นเวลานาน จึงอาจทำให้ส่งผลต่อเวลาในการสร้างชิ้นงานไม่เพียงพอสอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานไม่เพียงพอต่อรออุปกรณ์จากกลุ่มอื่น เช่น ปีนกา”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอต่อการใช้งานของสมาชิกแต่ละกลุ่ม เช่น ปีนกา ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเสียเวลาในการต่อคิวรอใช้งานเป็นเวลานาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสร้างชิ้นงานตามแบบภาพร่างที่เขียนไว้ มีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากการสร้างในตอนแรก บางกลุ่มไม่สามารถปรับแก้ชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เนื่องจากเกิดความท้อแท้เพราะไม่รู้จะแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานอย่างไร เนื่องจากอุปกรณ์ที่เหลืออยู่ไม่เพียงพอต่อการสร้างใหม่ทำให้ชิ้นงานไม่บรรลุตามเงื่อนไข บางกลุ่มมีการปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อยแต่ยังคงรูปแบบเดิมเล็กน้อย และเป็นไปตามเงื่อนไขตามเกณฑ์ที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพร่าง และบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“การสร้างชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสร้างตามแบบที่เขียน มีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากสร้างในตอนแรก”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ชิ้นงานของส่วนใหญ่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสร้าง ซึ่งไม่เป็นไปตามรูปแบบที่วางแผนไว้ในตอนแรก”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนนำผลงานไปทดสอบความแข็งแรง ทนทาน ตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสถานการณ์ข้างต้น โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลุ่มของตนเองสร้างขึ้นมา ทดลองวางบนโต๊ะเรียนสองตัวที่มีระยะห่างประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วใช้เทปกาวยึดปลายทั้งสองด้านให้ติดกับโต๊ะ จากนั้นนำถุงทรายมวล 500 กรัม มาวางตรงกลางของชิ้นงานเพื่อทดสอบความแข็งแรง คงทนของชิ้นงาน ทำการเพิ่มน้ำหนักครั้งละ 500 กรัม มาวางตรงกลางของชิ้นงานเพื่อทดสอบความแข็งแรง คงทนของชิ้นงาน โดยพิจารณาจากน้ำหนักหรือแรงที่รองรับได้มากที่สุดที่สามารถรับได้ เมื่อชิ้นงานเกิดการชำรุด หรือเสียรูปทรงให้หยุดเพิ่มมวล และทำการบันทึกน้ำหนักหรือแรงที่รองรับได้มากที่สุดลงในใบกิจกรรม จากนั้นให้นักเรียนทำการประเมินผลงานการสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเอง แล้วให้เพื่อนในห้องสะท้อนผลดังประเด็นต่อไปนี้ การสร้างชิ้นนี้มีจุดเด่นอะไรระบุเป็นข้อ ๆ การสร้างชิ้นนี้มีจุดด้อยอะไรระบุเป็นข้อ ๆ ให้นักเรียนเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นให้นักเรียนนำผลงานของตนเองไปปรับแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดและตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนในห้อง โดยครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน หากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มมีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากการสร้างในตอนแรก บางกลุ่มมีการปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อยแต่ยังคงรูปแบบเดิมเล็กน้อย และเมื่อนำมาทดสอบก็บรรลุเป้าหมายและเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพร่าง และแต่เมื่อนำมาทดสอบพบว่าไม่บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่บรรลุเป้าหมายตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด ต้องกลับไปปรับปรุงชิ้นงานใหม่”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้กับนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จจากการทดสอบ และติดตามการแก้ไข เพื่อให้มีแรงบันดาลใจในการสร้างชิ้นงานต่อไป”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในระหว่างการทดสอบชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆหน้าชั้นเรียน มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจการทดสอบชิ้นงานของเพื่อน เนื่องจากนักเรียนให้ความสนใจในการปรับปรุงชิ้นงานของตนเองหลังจากได้รับคำแนะนำจากเพื่อน และครูผู้สอน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจการทดสอบของเพื่อนกลุ่มอื่น เพราะกำลังปรับปรุงชิ้นงานตนเอง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรให้นักเรียนทุกกลุ่มนำชิ้นงานที่สร้างมาไว้หน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนสังเกตความแตกต่าง และให้ความสนใจกับชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆในระหว่างการทดสอบ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในการประเมินผลชิ้นงานจากการทดสอบของนักเรียน พบว่าบางกลุ่มที่มีผลการทดสอบไม่บรรลุเป้าหมายจากเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด มีการประเมินตนเองและยอมรับข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขจากครู และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ เพื่อดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

นักเรียนมีการขอข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากครู และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ และนำไปดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานกลุ่มของตนเองจนบรรลุตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนที่มีผลการทดสอบไม่เป็นไปตามเงื่อนไข มีการนำคำแนะนำของครูผู้สอนไปปรับใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานจนบรรลุตามเป้าหมายตามเกณฑ์”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

## ขั้นที่ 6 ชื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยครูทำการชี้แจงการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน และทำโปสเตอร์โฆษณาขายผลงานการออกแบบการสร้างเขียนของกลุ่มตนเองผ่านแอปพลิเคชัน Canva โดยมีประเด็นในการนำเสนอดังนี้ ภาพชิ้นงาน แรงบันดาลใจ ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ จุดเด่นของชิ้นงาน ราคาเสนอขาย หลังจากนั้นครูและนักเรียนทำการสรุปร่วมกันถึงผลงานการออกแบบการสร้างเขียนของแต่ละกลุ่ม ครูให้นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดทำการนำเสนอถึงขั้นตอนการปรับแก้ผลงานของตนเอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างเขียน เพื่อสรุปแนวคิดสำคัญร่วมกันหลังจากที่ได้ทำกิจกรรม

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจในการนำเสนอผลงานของเพื่อนหน้าชั้นเรียน มีการพูดคุยประเด็นอื่นนอกเหนือจากกิจกรรมในระหว่างที่เพื่อนกำลังนำเสนอโปสเตอร์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางส่วนไม่สนใจในการนำเสนอของเพื่อนหน้าชั้นเรียน มีการพูดคุยกัน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนพูดคุยกันระหว่างเพื่อนนำเสนอ ครูอาจให้ตัวแทนสมาชิกแต่ละกลุ่มที่เป็นผู้ฟังร่วมกันตั้งประเด็นคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนั้นผู้วิจัยยังพบว่า ในการนำเสนอแนะนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน รวมถึงโปสเตอร์โฆษณาขายสินค้า มีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอ ทำให้เกิดการพูดติดขัดในระหว่างการนำเสนอซึ่งอาจเกิดจากความตื่นเต้น

“นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอ ทำให้เกิดการพูดติดขัดในระหว่างการนำเสนอ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการนำเสนอโปสเตอร์หน้าชั้นเรียนมีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้พูดถึงแนวคิดที่กลุ่มตนเอง ออกแบบและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไข”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการต่อไป โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ จากเครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 10 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. ชั้นระบุปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สถานการณ์ข่าวมีความน่าสนใจ เป็นบริบทในท้องถิ่นที่นักเรียนคุ้นเคย และพบเจอในชีวิตประจำวันทำให้นักเรียนเข้าใจสถานการณ์</li> <li>- กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมอง ร่วมกันสังเคราะห์และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ในการแบ่งกลุ่มก่อนเริ่มทำกิจกรรม เชื่อนทรงพลัง มีนักเรียนบางกลุ่มแบ่งหน้าที่โดยการจับฉลาก โดยไม่คำนึงถึงความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูควรให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรม โดยคำนึงถึงความสามารถของสมาชิกแต่ละคน และต้องมีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้ชัดเจนก่อนเริ่มกิจกรรม</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ร่วมแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามนำเข้าสู่สถานการณ์ข่าวพ้องกันน้ำแตก ในแอปพลิเคชัน Mentimeter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูควรอธิบายวิธีการใช้งาน รวมถึงวิธีการพิมพ์คำตอบในแอปพลิเคชัน Mentimeter ก่อนเริ่มกิจกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูควรอธิบายวิธีการใช้งาน รวมถึงวิธีการพิมพ์คำตอบในแอปพลิเคชัน Mentimeter ก่อนเริ่มกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงฟังก์ชันการใช้งานต่างๆภายในแอปพลิเคชัน</li> </ul>

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
		<p>- ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เซลล์ทรงพลัง มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และนักเรียนบางกลุ่มสามารถระบุประเด็นปัญหาได้บางส่วนแต่ยังไม่ครบถ้วน</p>	<p>- ครูควรมีการอธิบายและยกตัวอย่างวิธีการกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ และรู้จักการกำหนดปัญหา เองไป และข้อจำกัดต่างๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดก่อนเริ่มกิจกรรม</p>
		<p>- นักเรียนไม่เข้าใจขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม และรูปแบบการเขียนตอบใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เซลล์ทรงพลัง ในตอนที่ 1 ซึ่งเกี่ยวกับการระดมความคิดเห็นของสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา</p>	<p>- ครูควรอธิบายขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมที่ชัดเจน รวมถึงอธิบายรูปแบบวิธีการเขียนตอบใบกิจกรรมให้นักเรียนทุกคนกลุ่มเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรม</p>



ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	<p>- ครูมีการอภิปรายกิจกรรมการทดลองการต่อตัวของสมาชิกภายในกลุ่มช่วยเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ร่วมกันเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างเขียนให้มีความคงทนแข็งแรง</p>	<p>- ในการดำเนินกิจกรรมขั้นระบุปัญหาในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง เชื่อนทรงพลัง ครูไม่มีการแสดงตัวเป็นเวลาให้นักเรียนได้วางแผนการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม ทำให้แต่ละกลุ่มใช้เวลาในการระดมสมองนาน</p>	<p>- ครูควรเพิ่มตัวเป็นเวลาภายในสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามกรอบเวลา เช่น การใช้นาฬิกาดิจิทัลนับถอยหลังโดยแสดงหน้าต่างด้านข้างฉายให้นักเรียนเห็น</p>
		<p>- ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่านักเรียนรู้สึกเบื่อ และไม่สนใจในการฟังบรรยาย ลักษณะโครงสร้างเขียนแบบต่างๆจากสื่อ power point เนื่องจากสื่อเนื้อหาค่อนข้างเยอะแยะและมีความหลากหลายจนทำให้นักเรียนสับสน</p>	<p>- ครูอาจนำเสนอเพียงข้อมูลที่สำคัญที่นักเรียนควรรู้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบชิ้นงานเช่น ลักษณะโครงสร้างเขียน ตัวอย่างภาพร่างเขียน อาจจะทำสื่อใบความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างเขียนแบบต่างๆ ในรูปแบบ QR-code</p>

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบบ่อย/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
3. ขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหา	<p>- ครูมีการตรวจสอบและทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับ การเขียนแบบของนักเรียน ในรายวิชาช่าง เช่น เรียนอะไรมาบ้าง ขั้นตอน การเขียนภาพร่างมีขั้นตอน อย่างไร และชี้แจงเกณฑ์ การตรวจให้คะแนนภาพร่าง ที่ชัดเจน</p>	<p>- ในการออกแบบและเขียนแบบภาพร่าง โครงสร้างเขียนในในกลุ่มบางคน ยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง ภายในกลุ่มทำให้ยังไม่ได้ความคิดในการ ออกแบบชิ้นงานที่หลากหลาย</p>	<p>- ครูควรเน้นย้ำและกระตุ้นให้สมาชิกแต่ละคนช่วยกันสืบค้นตัวอย่างโครงสร้างเขียนที่จะสามารถนำมาปรับปรุงยุคที่ใช้ในการเขียนแบบภาพร่างชิ้นงานให้มีความแตกต่างไปจากเดิม และร่วมกันลงความเห็นภายในกลุ่มเพื่อคัดเลือกภาพร่างที่มีความเหมาะสมมากที่สุด</p>
	<p>- ในการเขียนแบบภาพร่างโครงสร้างเขียน มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้รับรายละเอียดของชิ้นงาน วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน</p>	<p>- ครูต้องเน้นย้ำและระบุคำสั่งลงในใบกิจกรรมให้ชัดเจนว่าถึงสำคัญในการเขียนแบบภาพร่าง คือ ต้องระบุขนาด และวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน</p>	

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
4. <sup>ผู้</sup> ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูมีการอธิบาย และยกตัวอย่าง การเขียนขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน ให้ความชัดเจน และสามารถ ปฏิบัติได้จริง โดยการใช้ภาษา หรือข้อความที่สามารถสื่อสารให้ ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ในการเขียนใบสั่งซื้อสินค้าเกี่ยวกับ กิจกรรมการสร้างชิ้นงาน ครูไม่มีตาราง แสดงรายการสินค้าและวัสดุอุปกรณ์ที่ ชัดเจนให้นักเรียนได้ดู มีเพียงสินค้าที่ วางอยู่ในตะกร้าด้านหน้าพร้อมกับป้าย ราคาที่ไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนบาง กลุ่มอาจเกิดความสับสนในราคา จึงทำ ให้เขียนใบสั่งซื้อผิด</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูควรมีตารางแสดงรายการสินค้าที่ ชัดเจนให้นักเรียนดู โดยอาจมีลักษณะ เป็นใบแคตตาล็อกแสดงภาพตัวอย่าง สินค้า และราคาที่ชัดเจน เพื่อให้สะดวก ต่อการเลือกซื้อและเขียนใบสั่งซื้อสินค้า ได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ครูควรเน้นย้ำ ให้นักเรียนมีการตรวจสอบใบสั่งซื้อ สินค้าของตัวเองให้ถี่ถ้วนในใบสั่งซื้อ</li><li>- ครูควรอธิบายและยกตัวอย่างการ เขียนขั้นตอนการสร้างชิ้นงานใหม่มีความ ชัดเจน และสามารถปฏิบัติได้จริง โดย การใช้ภาษาหรือข้อความที่สามารถ สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย</li></ul>

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
		<ul style="list-style-type: none"><li>- ในการสร้างชิ้นงานโครงสร้าง เขียนของนักเรียนบางกลุ่มไม่ สามารถสร้างตามแบบที่เขียนไว้ มี การปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจาก สร้างในตอนแรก เช่นมีการปรับ รูปแบบ และจำนวนวัสดุอุปกรณ์ที่ ใช้ในการสร้างแต่ละส่วนของ โครงสร้าง</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ในการสร้างชิ้นงาน ครูต้องติดตามดูแล เป็นระยะ หากนักเรียนไม่สามารถ ดำเนินการสร้างชิ้นงานให้บรรลุ เป้าหมายได้ จึงคอยให้คำแนะนำเพื่อให้ นักเรียนปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตาม เกณฑ์ที่กำหนด</li></ul>
		<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ใน การสร้างชิ้นงานเพียงพอ เช่น ปืน กาวมีจำนวน 2 อัน แต่นักเรียนมี จำนวน 4 กลุ่ม จึงทำให้อุปกรณ์ รอใช้จากกลุ่มอื่น ทำให้เสียเวลา</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูควรมีการจัดหา และเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานให้ เพียงพอต่อกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนสามารถ ดำเนินงานได้ตามแผนที่วางไว้</li></ul>

ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
<p>5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน</p>	<p>- ครูมีการอธิบายขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานที่ชัดเจน และเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานโครงสร้างชิ้นให้ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด</p>	<p>- ในขั้นของการทดสอบชิ้นงานหรือ โครงสร้างชิ้นงานหน้าชั้นเรียน มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สนใจการทดสอบ ชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ เนื่องจาก นักเรียนให้ความสนใจในการปรับปรุง ชิ้นงานภายในกลุ่มของตนเอง</p>	<p>- ครูควรให้นักเรียนทุกกลุ่มนำชิ้นงาน โครงสร้างชิ้นงานที่นักเรียนสร้างมาไว้หน้าชั้นเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนสังเกตความแตกต่าง และให้ความสนใจกับชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆในระหว่างการทดสอบ</p>
			<p>- ครู และเพื่อนในชั้นเรียนควรให้ โครงสร้างชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายตามเงื่อนไข สถานการณ์ที่กำหนด เช่น ลักษณะ โครงสร้างไม่แข็งแรง และมีวิธีการดู ระหว่างการทดสอบ ทำให้ต้องกลับไป ปรับปรุงชิ้นงาน และนำมาทดสอบใหม่</p>

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
6. <u>ชั้นนำเสนอวิธีการ</u> แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาชิ้นงาน	<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูมีการชี้แจงการนำเสนอวิธีการ</li><li>- ครูมีปัญหาคำอธิบายที่ชัดเจน</li><li>- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่มมีส่วนร่วมในการนำเสนอวิธีการ</li><li>- ครูมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงาน และร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือแนวทางในการดำเนินงานที่ประสบผลสำเร็จ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ในชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานโครงสร้างเขียนมีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจในการนำเสนอของเพื่อนหน้าชั้นเรียน มีการพูดคุยกัน</li><li>- ในชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานโครงสร้างเขียนนักเรียนบางกลุ่มไม่มีการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหา</li><li>- ในชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานโครงสร้างเขียนนักเรียนบางกลุ่มไม่มีการนำเสนอ ทำให้เกิดการพูดซ้ำในระหว่างนำเสนอ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- ครูอาจจะให้ตัวแทนสมาชิกแต่ละกลุ่มที่เป็นผู้ฟังร่วมกันตั้งประเด็นคำถามหรือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวทางในการปรับปรุงต่อยอดผลงานผลงานโครงสร้างเขียน และไปสเตอร์โฆษณาให้ดียิ่งขึ้น</li><li>- ครูอาจจะให้เวลานักเรียนในการเขียนสคริปเพื่อเรียงลำดับหัวข้อในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานโครงสร้างเขียน และปัญหาชิ้นงานโครงสร้างเขียน</li><li>- ครูอาจจะให้เพื่อนในกลุ่มฟังเพื่อลดความตื่นเต้น</li></ul>

## ตาราง 10 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
		<p>- มีนักเรียนบางกลุ่มสามารถนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้ เช่น ครูมีการใช้คำถามเพื่อสะท้อนความเข้าใจว่า เชื้อยีสน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นจะสามารถรับน้ำตาลและแรงดันการไหลของน้ำในแม่น้ำ และยังคงสภาพให้อยู่ในสมดุลได้ จะต้องออกแบบโครงสร้างอย่างไร และต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง นักเรียนตอบได้แต่จะว่า จะต้องออกแบบส่วนฐานใหม่มีความแข็งแรงและกว้าง แต่ไม่สามารถอธิบายได้ต่อว่าเพราะอะไรจึงจำเป็นที่จะต้องทำให้โครงสร้างฐานแข็งแรง</p>	<p>- ครูควรเพิ่มเติมหัวข้อในการเขียนอธิบายแนวคิดสำคัญหลังจากการสร้างชิ้นงานโครงสร้างขึ้นเพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ในการสร้างชิ้นงาน</p>

## 1.2 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2565 ตั้งแต่เวลา 8.30 น.-12.00 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวงจรปฏิบัติการแสดงดังนี้

### ขั้นวางแผน (Plan : P)

จากผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยมีการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน (ย่อยกลาผ่อนแรง) ตามแนวทางแก้ไข ได้แก่ มีการให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรมโดยคำนึงถึงความสามารถของสมาชิกแต่ละคน มีการอธิบายวิธีการใช้งาน รวมถึงวิธีการพิมพ์คำตอบแอปพลิเคชัน Mentimeter ก่อนเริ่มกิจกรรม มีการยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนรู้จักการกำหนดปัญหาเงื่อนไข สถานการณ์ ข้อจำกัดต่างๆ อธิบายรูปแบบการเขียนตอบในใบกิจกรรมให้นักเรียนทุกกลุ่มเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรม เพิ่มตัวนับเวลาภายในสื่อการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามกรอบเวลา ทำสื่อใบความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างย่อยกลา ในรูปแบบ QR-code เพื่อให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง มีการระบุคำสั่งเพิ่มเติมลงในใบกิจกรรมให้ชัดเจนว่าสิ่งสำคัญในการเขียนแบบ คือ ต้องระบุขนาด และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน จัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอต่อกลุ่ม และในขั้นตอนการทดสอบชิ้นงานให้นักเรียนทุกกลุ่มนำชิ้นงานที่สร้างมาไว้หน้าชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนสังเกตความแตกต่างและให้ความสนใจกับชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ในระหว่างการทดสอบ และให้ตัวแทนสมาชิกแต่ละกลุ่มที่เป็นผู้ฟังร่วมกันตั้งประเด็นคำถาม หรือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลงาน ในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ ชื่อนำเสนอผลงานครูมีการให้นักเรียนร่วมประเมินและตัดสินผลงานของเพื่อนโดยการร่วมแสดงความคิดเห็นและโหวตให้คะแนนผลงานโปสเตอร์ รวมถึงครูจะมีการอธิบายแนวคิดสำคัญหลังจากการสร้างชิ้นงานเพื่อให้ตระหนักถึงการประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นๆต่อไป

### ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน โดยใช้เวลาดังสิ้น 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้



## ขั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา

เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องร่วมกันทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้จากประสบการณ์เดิมที่เคยพบเห็นในชีวิตประจำวันจากบริบทในท้องถิ่น ครูผู้สอนจะร่วมพูดคุยและชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลต่อการหมุน พร้อมชี้แจงการให้คะแนน จากนั้นครูชวนนักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับเรื่อง การเกิดน้ำท่วมที่อำเภอสรรพยา พร้อมกับตั้งประเด็นคำถามผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ให้กับนักเรียนดังนี้ “จากเหตุการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ตำบลหาดอาษา อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท ทำให้ชาวบ้านขาดแคลนอาหาร ไม่สามารถไปซื้ออาหารได้ ชาวบ้านบางส่วนจึงต้องหาอาหารกินเอง โดยใช้สวิงยกปลา (ยอยกปลา) ในการหาสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำที่ท่วมอยู่ ซึ่งตัวสวิงยกปลามีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ส่งผลทำให้แต่ละครั้งที่ยกยอแล้วได้ปลา ปลาจะมีน้ำหนักมากเช่นกัน ทำให้ต้องใช้แรงมากในการจะยกปลาขึ้นมาในแต่ละรอบ ซึ่งอาจไม่คุ้มกับแรงที่เสียไป เพราะไม่ใช่ทุกครั้งที่ยกขึ้นมาแล้วจะได้ปลา และชาวบ้านก็ไม่สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์หาปลาได้ เนื่องจากชาวบ้านไม่มีเงิน จึงมอบภารกิจให้นักเรียนช่วยกันออกแบบยอยกปลาที่ใช้แรงในการยกน้อยลง แต่สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ โดยยอยกปลาที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีความแปลกใหม่ มีรูปแบบแตกต่างจากยอยกทั่วไป ความยาวของคานไม่เกิน 40 เซนติเมตร ราคาประหยัด และทนทานต่อการใช้งาน” จากนั้นครูแจกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ยอยกปลา ให้กับนักเรียนทุกคน ครูชี้แจงอธิบายรายละเอียดภาระงาน ลำดับที่ 1 คือให้นักเรียนทุกคนทำการวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไขข้อจำกัดของกลุ่มเป้าหมายพร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ยอยกปลาผ่อนแรง ตอนที่ 1 จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักเรียนเลือกหัวหน้ากลุ่ม ผู้จัดบันทึกใบกิจกรรม และแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เหมาะสมตามความถนัดและความสามารถของสมาชิก โดยจะต้องระบุหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรม

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยข่าวสถานการณ์น้ำท่วมที่อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาทผ่านการร่วมตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter เนื่องจากสถานการณ์ที่ยกตัวอย่างเป็นบริบทท้องถิ่นที่นักเรียนคุ้นเคยเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการสร้างอุปกรณ์จับปลาซึ่งเป็นอาชีพเสริมในช่วงฤดูน้ำหลากของครอบครัวนักเรียน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมเพื่อใช้ในการตอบ

ประเด็นคำถามร่วมกับครูผู้สอนได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานอุปกรณ์จับปลาจากสถานการณ์ที่ครูยกตัวอย่าง จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามในแอปพลิเคชัน Mentimeter ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถตอบคำถามในแอปพลิเคชัน Mentimeter ได้ เนื่องจากไม่มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้งานอุปกรณ์จับปลาจากสถานการณ์ที่ครูยกตัวอย่าง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการนำเสนอสถานการณ์ข่าว ครูควรใช้เป็นสื่อคลิปวิดีโอเคลื่อนไหว เพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์จับปลาได้ชัดเจน และร่วมกันวิเคราะห์หลักการทำงานได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้นำเสนอสถานการณ์ย่อยยกปลาให้กับนักเรียน ผู้วิจัยได้มีการชี้แจงการแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักเรียนเลือกหัวหน้ากลุ่ม ผู้จัดบันทึกใบกิจกรรม และแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้เหมาะสมตามความถนัดและความสามารถของสมาชิก โดยจะต้องระบุหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรม พบว่า ในการแบ่งหน้าที่การทำงาน นักเรียนมีการจัดแบ่งหน้าที่โดยการสอบถามเพื่อนสมาชิกตามความถนัดของแต่ละบุคคล และแบ่งบทบาทหน้าที่การทำงานได้ชัดเจนมากขึ้น สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่มีการจัดแบ่งหน้าที่โดยการสอบถามเพื่อนสมาชิกตามความถนัดของแต่ละบุคคล และแบ่งบทบาทหน้าที่การทำงานได้ชัดเจนมากขึ้น”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรม โดยคำนึงถึงความสามารถของแต่ละคนตามความเหมาะสม”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้มีการนำเสนอสถานการณ์ และอธิบายรายละเอียดภาระงาน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำการระดมสมองกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไขข้อจำกัดของกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้พร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ยอยกปลาอ่อนแรง ตอนที่ 1 พบว่า ในการระดมสมองนักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม จึงทำให้การวิเคราะห์และสรุปความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มใช้เวลานาน และบางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางกลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือความต้องการได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการระดมสมองนักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม จึงทำให้การวิเคราะห์และสรุปความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มใช้เวลานาน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาในการระดมสมองนาน เนื่องจากบางกลุ่มมีแค่ความคิดเห็นของใครคนใดคนหนึ่งเท่านั้น”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการระบุปัญหา บางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางกลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือความต้องการได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูอาจมีตัวอย่างบทความข่าวสถานการณ์ปัญหา และชวนนักเรียนอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ นักเรียนวิเคราะห์ และรู้จักการกำหนดปัญหา เงื่อนไขสถานการณ์ ข้อจำกัดต่างๆจากสถานการณ์นั้นๆ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้มีการให้คำแนะนำในการระดมสมอง และชี้แนะแนวทางในการระบุปัญหา พบว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมองได้ดียิ่งขึ้น ทุกคนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการใช้เหตุผล และมีความแปลกใหม่ที่หลากหลายในการอธิบาย และช่วยกันเติมเต็มในส่วนที่ขาด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการระดมสมองนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกมีการใช้เหตุผล และมีความแปลกใหม่ที่หลากหลายในการอธิบาย และช่วยกันเติมเต็มในส่วนที่ขาดได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมอง และเข้าใจวิธีการระดมสมองเพื่อแสดงความคิดเห็นร่วมกันได้อย่างหลากหลาย และช่วยกันเติมเต็มในส่วนที่ขาดได้ดีกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

## ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัดในการสร้างยอกปลา โดยในขั้นนี้ครูผู้สอนใช้สื่อ power point ในการอธิบายเกี่ยวกับการยกปลา โดยมีคำถามเพื่อการอภิปรายร่วมกันในการกระตุ้นแนวคิดดังนี้ ยกปลาเป็นเครื่องมือผ่อนแรงประเภทใด นักเรียนคิดว่าจะกำหนดจุดหมุนและจุดที่ออกแรงยกบนคานอย่างไร จึงจะช่วยให้ออกแรงน้อยลงในการยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก จากนั้นครูชี้แจงรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 2 โดยให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ และบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ยกปลาผ่อนแรง ตอนที่ 2 ประกอบด้วย ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่อง คาน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีของคาน ส่วนประกอบที่สำคัญของคาน และชนิดของคาน หลังจากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับคาน และโมเมนต์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์ที่มวล แรง และระยะห่างระหว่างจุดหมุนที่แตกต่างต่างกัน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม จากนั้นครูตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการรวบรวมข้อมูลเพื่อดูว่าเพียงพอที่จะไปใช้ในการสร้างยอกปลาหรือไม่

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า ในขั้นนี้ครูผู้สอนใช้สื่อ power point ในการอธิบายเกี่ยวกับการยกยอปลา รวมถึงเปิดคลิปวิดีโอสาธิตการสร้างยอกปลาอย่างง่าย ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจ และมีการจดบันทึกข้อมูลเทคนิคที่สำคัญจากคลิปวิดีโอเพื่อนำไปใช้ประกอบการพิจารณาในการสร้างชิ้นงานต่อไป สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจ และมีการจดบันทึกข้อมูลเทคนิคที่สำคัญจากคลิปวิดีโอเพื่อนำไปใช้ประกอบการพิจารณาในการสร้างชิ้นงาน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีความตั้งใจในการรับฟังครูผู้สอน และมีการจดบันทึกข้อมูลสำคัญที่ได้ศึกษาจากวิดีโอ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากนั้นที่ผู้วิจัยได้มีการชี้แจงรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 2 โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับคาน และโมเมนต์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์ที่มวล แรง และระยะห่างระหว่างจุดหมุนที่แตกต่างต่างกัน พบว่ามีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจทำการทดลอง และไม่ได้ปฏิบัติงานทุกคน บางส่วนสนใจอยู่กับการศึกษารูปแบบร่างการสร้างยอกปลาในโทรศัพท์มือถือ บางส่วนไม่ถนัดในการจัดแจงอุปกรณ์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจทำการทดลอง และไม่ได้ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการทดลอง อาจจะมีสาเหตุมาจากความไม่ถนัดในการจัดแจงอุปกรณ์”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในระหว่างการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์ที่มวล แรง และ ระยะห่างระหว่างจุดหมุนที่แตกต่างกัน พบว่า มีบางนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้จัดคานให้อยู่ในแนวระดับก่อนการทดลองในครั้งถัดไป จึงอาจทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนไปจากทฤษฎี สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้จัดคานให้อยู่ในแนวระดับก่อนการทดลองในครั้งถัดไป จึงอาจทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการทดลองนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้มีการจัดวางคานให้อยู่ในสถานะสมดุล ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรม พร้อมกับตอบคำถามในตอนท้ายของใบกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองมาสรุปเป็นแนวคิดสำคัญที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงาน พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับการสร้างยอยกปลาได้ เช่น กำหนดให้วัตถุที่จะยกอยู่ใกล้กับจุดหมุน และจุดที่ออกแรงยกอยู่ไกลจากจุดหมุนเพื่อผ่อนแรงในการยกปลา รวมถึงข้อดีและข้อจำกัดในการสร้างยอยกปลาได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับการสร้างยอยกปลาได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในการสร้างแนวคิดจากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการทดลอง เรื่อง คาน และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสร้างย่อยกปลาที่ผ่อนแรงได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่าในการตอบคำถามท้ายกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่มีการสืบค้นแนวคิดที่สำคัญทางแหล่งความรู้ต่างๆเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ และสร้างเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผ่อนแรงในชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มใช้โทรศัพท์สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดที่สำคัญทางแหล่งความรู้ต่างๆเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ และสร้างชิ้นงาน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำหลักการของคาน และโมเมนต์ มาประยุกต์ใช้กับการสร้างเครื่องมือผ่อนแรงในชีวิตประจำวัน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยครูผู้สอนมีการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนแบบของนักเรียนในรายวิชางานช่าง ว่าเรียนอะไรมาบ้างแล้วเขียนแบบอะไรมาบ้าง ลักษณะเป็นอย่างไร ขั้นตอนการเขียนภาพร่างมีขั้นตอนอย่างไร ครูมีการอธิบายการเขียนแบบที่จะนำไปใช้ให้กับนักเรียนโดยใช้ power point พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการเขียนแบบให้นักเรียนดู และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่าง จากนั้นครูอธิบายภาระงานที่ 3 ว่าให้นักเรียนทำการเขียนแบบโครงสร้างย่อยกปลา จากสถานการณ์ที่กำหนดลงในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ย่อยกปลาผ่อนแรง ตอนที่ 3 ข้อที่ 1 อย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างย่อยกปลาที่ได้จากการสืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสรุปภายในกลุ่มถึง

แบบย่อยกปลาอ่อนแรงทั้ง 3 แบบของกลุ่มตนเองออกแบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้าง พร้อมระบุเหตุผลในการเลือกลงในตอนที่ 3 ของใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ย่อยกปลาอ่อนแรง ข้อที่ 2-3

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า หลังจากที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการเขียนแบบภาพร่างโครงสร้างย่อยกปลาอย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มมีการออกแบบที่น่าสนใจ มีการนำความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับการสานผักตบชวามา ออกแบบการถักตาข่ายหรือสวิงสำหรับใส่ปลาได้อย่างสร้างสรรค์ ส่วนบางกลุ่มมีการดัดแปลงจากรูปแบบเดิมในบางจุดเพื่อให้ได้อีก 2 รูปแบบขึ้นมา แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบภาพร่างชิ้นงานได้แตกต่างกันครบทั้ง 3 รูปแบบ มีการนำความรู้ด้านภูมิปัญญาท้องถิ่นเกี่ยวกับการสานผักตบชวามาออกแบบสวิงสำหรับใส่ปลาได้อย่างสร้างสรรค์ แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนบางกลุ่มมีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการจักรสานในการออกแบบสวิงกปลา”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ในการออกแบบภาพร่างชิ้นงาน ยังพบปัญหาเกี่ยวกับการแสดงความคิดเห็น เนื่องจากในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพร่างภายในกลุ่มยังมีลักษณะคล้ายตามกันเนื่องจากมีเวลาที่จำกัดจึงทำให้ยังไม่ได้แนวคิดการออกแบบที่หลากหลาย สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนในกลุ่มบางคนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่มทำให้ยังไม่ได้แนวคิดในการออกแบบชิ้นงานที่หลากหลาย”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)



“นักเรียนมีการพูดคุยกัน สมาชิกบางคนไม่ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในการออกแบบชิ้นงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากการที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอแบบร่างยอกปลา ที่กลุ่มของตนเองเลือกมาจาก 3 แบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้างยอกปลา พบว่านักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุนายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุนายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง เหมือนกับวงจรปฏิบัติการที่ 1”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการเขียนแบบภาพร่าง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ระบุขนาดชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ในภาพร่างที่ตนเองออกแบบ ครูต้องเน้นย้ำและระบุคำสั่งให้ชัดเจนลงในใบกิจกรรมว่าสิ่งสำคัญในการเขียนแบบคือต้องระบุขนาด และวัสดุอุปกรณ์ในการใช้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

#### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนวางแผนในการสร้างยอกปลา โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้างยอกปลา พร้อมระบุว่าใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรในการสร้าง ลงในตอนที่ 5 ของใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ยอกปลาอ่อนแรง ครูชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนประเมินชิ้นงานว่ามีประเด็นใดบ้างเพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน นักเรียนทำการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า ลงในตอนที่ 4 ของใบกิจกรรม โดยครูต้องย้ำกับนักเรียนว่าสามารถซื้อของได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ให้ทำการตรวจสอบรายการสินค้าให้ดี และย้ำเรื่องเกณฑ์การให้คะแนนเรื่องจำนวนเงินที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนเริ่มซื้อของตามที่กลุ่มตนเองได้เขียนไว้ในใบสั่งซื้อของ ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ที่สั่งซื้อว่าครบหรือไม่ สภาพพร้อมใช้งาน หลังจากนั้นให้นักเรียนลงมือสร้างยอกปลาอ่อนแรงตามขั้นตอนที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบโครงร่างของยอกปลาไว้

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า ในการเขียนขั้นตอนการดำเนินงานของนักเรียนบางกลุ่มมีการเขียนอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน เข้าใจง่าย และมีบางกลุ่มที่มีการใช้คำที่อ่านแล้วเข้าใจยากกว่าในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะทำอะไร ในส่วนการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม มีการวางแผนกำหนดภาระงานให้กับสมาชิกแต่ละคนที่ชัดเจน สมาชิกบางคนมีส่วนร่วมในการสร้างชิ้นงาน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มมีการเขียนอธิบายเป็นขั้นตอนชัดเจน เข้าใจง่าย และมีบางกลุ่มที่มีการใช้คำที่อ่านแล้วเข้าใจยาก”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายเพียงข้อความสั้นๆ ไม่สื่อสารกับผู้อ่าน ทำให้ไม่เข้าใจในเนื้อความที่ต้องการสื่อ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการคำนึงถึงต้นทุนการผลิตที่ต้องมีราคาต่ำแต่คุณภาพต้องสูง และสามารถผลิตชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการคำนึงถึงต้นทุนการผลิต”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่มีการคำนวณต้นทุนการผลิต และเลือกซื้อสินค้าเท่าที่จำเป็นในการสร้างชิ้นงานเท่านั้น”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน มีนักเรียนบางกลุ่มนำวัสดุอุปกรณ์ที่กลุ่มตนเองพกติดตัวมาเป็นวัสดุในการสร้าง เช่น เทปใส และปืนกาวซึ่งในระหว่างการใช้งานปืนกาวเกิดการระเบิดเนื่องมาจากการใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน จึงทำให้นักเรียนต้องต่อคิวรอเพื่อใช้อุปกรณ์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“มีนักเรียนบางกลุ่มนำวัสดุอุปกรณ์ที่กลุ่มตนเองพกติดตัวมาเป็นวัสดุในการสร้าง เช่น เทปใส และปืนกาว ซึ่งผิดเงื่อนไขจากที่ครูกำหนดในใบสั่งซื้อสินค้า”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอต่อการใช้งานของสมาชิกแต่ละกลุ่ม เช่น ปืนกาว ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเสียเวลาในการต่อคิวรอใช้งานเป็นเวลานาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เลือกรูปแบบการสร้างชิ้นงานที่เหมือนกัน มีนักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างชิ้นงานตามแบบภาพร่างที่เขียนไว้ บางกลุ่มมีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากการสร้างในตอนแรก บางกลุ่มมีการปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพร่าง และบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“การสร้างชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างได้ตรงตามแบบภาพร่าง และบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ชิ้นงานของส่วนใหญ่มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน นักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างชิ้นงานตามแบบที่เขียนไว้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบหน้าชั้นเรียน ในระหว่างการทดสอบ ให้บันทึกวิถีทัศน์แบบ Real Time เพื่อให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆมองเห็นผลการทดสอบ และนำมาใช้อภิปรายจุดแข็ง จุดอ่อนของชิ้นงานของแต่ละกลุ่มได้ชัดเจน รวมทั้งเพื่อให้การประเมินคะแนนตามเกณฑ์มีความโปร่งใสยุติธรรม โดยนักเรียนนำผลงานไปทดสอบตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสถานการณ์ข้างต้น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการประเมินผลงานการสร้างยอกปลาของกลุ่มตนเอง แล้วให้เพื่อนในห้องสะท้อนผลดังประเด็นต่อไปนี้ การสร้างยอกปลาในครั้งนี้มีจุดเด่น จุดด้อยอะไร และให้นักเรียนเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด หลังจากนั้นนักเรียนนำผลงานของตนเองไปปรับแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด และตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนในห้อง โดยครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน หากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า ในการนำชิ้นงานออกมาทดสอบนั้นตัวแทนกลุ่มจะต้องจัดวางตำแหน่งจุดหมุน จุดแขวนสวิง และจุดที่ออกแรงยกยอกปลา แต่มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้มีการเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น ระยะห่างระหว่างจุดหมุน กับตำแหน่งที่แขวนวัตถุ จึงทำให้ผลการทดสอบอุปกรณ์ไม่บรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

“มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้มีการเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการจัดวางตำแหน่งจุดหมุน จุดแขวนสวิง และจุดที่ออกแรงยกยอกปลา”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการทดสอบนักเรียนบางกลุ่มไม่ได้คำนึงถึงความความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระหว่างจุดหมุน กับตำแหน่งที่แขวนวัตถุ จึงทำให้การทดสอบชิ้นงานไม่บรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนด”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มมีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากการสร้างในตอนแรก บางกลุ่มมีการปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อย และเมื่อนำมาทดสอบก็บรรลุเป้าหมายและเป็นไปตามเงื่อนไขได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพ

ร่าง และแต่เมื่อนำมาทดสอบพบว่าไม่บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่บรรลุเป้าหมายตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนดต้องกลับไปปรับปรุงชิ้นงานใหม่”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้กับนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จจากการทดสอบ และติดตามการแก้ไข เพื่อให้มีแรงบันดาลใจในการสร้างชิ้นงานต่อไป”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในการประเมินผลชิ้นงานจากการทดสอบของนักเรียน พบว่าบางกลุ่มที่มีผลการทดสอบไม่บรรลุเป้าหมายจากเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด มีการประเมินตนเองและยอมรับข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขจากครู และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ เพื่อดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“หลังจากการทดสอบชิ้นงาน นักเรียนทุกกลุ่มสามารถประเมินตนเองได้ว่าบรรลุตามเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงชิ้นงานให้มีคุณภาพ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีการประเมินชิ้นงานกลุ่มตนเองและนำคำแนะนำของครูผู้สอนไปปรับใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานจนบรรลุตามเป้าหมายตามเกณฑ์”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

## ขั้นที่ 6 ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยครูทำการชี้แจงการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการ

แก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน และทำโปสเตอร์โฆษณาขายผลงานการออกแบบการสร้างยอยกปลาของกลุ่มตนเองผ่านแอปพลิเคชัน Canva โดยมีประเด็นในการนำเสนอ ดังนี้ ภาพชิ้นงาน แรงบันดาลใจ ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ จุดเด่นของชิ้นงาน ราคาเสนอขาย หลังจากนั้นครูและนักเรียนทำการสรุปร่วมกันถึงผลงานการออกแบบการสร้างยอยกปลาของแต่ละกลุ่ม และให้สมาชิกกลุ่มอื่นๆ ได้ร่วมแสดงความคิดเห็นและประเมินชิ้นงานเพื่อให้คะแนน จากนั้นครูให้นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดทำการนำเสนอถึงขั้นตอนการปรับแก้ผลงานของตนเอง ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างยอยกปลา เพื่อสรุปแนวคิดสำคัญร่วมกันหลังจากที่ได้ทำกิจกรรม

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า ในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน รวมถึงโปสเตอร์โฆษณาขายสินค้า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอโปสเตอร์ที่น่าสนใจ ชัดเจน ตรงประเด็น ครอบคลุมเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาดการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอ ทำให้เกิดการพุดตืดขัดในระหว่างการนำเสนอซึ่งอาจจะเกิดจากความตื่นเต้นสอคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอโปสเตอร์ที่น่าสนใจ ชัดเจน ตรงประเด็น และครอบคลุมเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาดการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีพัฒนาการทักษะด้านการสื่อสารและการนำเสนอผลงาน สามารถนำเสนอประเด็นต่างๆ ที่สำคัญได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยยังพบว่า ในการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจและประเมินชิ้นงานเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดสำคัญและเทคนิควิธีการของกลุ่มอื่นๆ ที่หลากหลายถึงแนวทางในการสร้างชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุง แก้ไขชิ้นงานของเพื่อน และ มีการรับฟังการสะท้อนผลจากเพื่อนกลุ่มๆอื่น เพื่อนำไปปรับแก้และประยุกต์ใช้ต่อไปสอคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนสามารถให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุง แก้ไขชิ้นงานของเพื่อน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจและประเมินชิ้นงานเพื่อนกลุ่มอื่นๆ มีการรับฟังการสะท้อนผลจากเพื่อนกลุ่มๆอื่น เพื่อนำไปปรับแก้และประยุกต์ใช้ต่อไป”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยยังพบว่า ในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนมีการอภิปรายแนวคิดที่สำคัญ และการนำความรู้ เรื่อง คาน และโมเมนต์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มที่สามารถนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล และไม่คำนึงถึงความรู้และแนวคิดหลักที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนบางกลุ่มสามารถนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายกับครูผู้สอนถึงการออกแบบเครื่องมืออ่อนแรงชนิดอื่นๆ ในชีวิตประจำวัน แต่ยังไม่คำนึงถึงความรู้และแนวคิดหลักที่ใช้ในการออกแบบชิ้นงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการต่อไป โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ จากเครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 11 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1.ขั้นระบุปัญหา	<p>- สถานการณ์มีความน่าสนใจ เป็นบริบทในท้องถิ่นที่นักเรียนคุ้นเคยเกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการสร้างอุปกรณ์จับปลา ซึ่งเป็นอาชีพเสริมในช่วงฤดูน้ำหลากของครอบครัวนักเรียน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจ และตระหนักถึงความสำคัญของสถานการณ์ ปัญหาที่ครูยกตัวอย่าง</p>	<p>- ในกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องสมดุลด ต่อการหมุน มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ สามารถตอบคำถามในแอปพลิเคชัน Mentimeter ได้เนื่องจากไม่มีความรู้เกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ จากสถานการณ์ข่าวที่ครูยกตัวอย่าง</p>	<p>- ในการนำเสนอสถานการณ์ข่าวเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ครูควรใช้เป็นสื่อคลิปวิดีโอเคลื่อนไหว เพื่อให้นักเรียนสามารถมองเห็นลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์ จับปลาได้ชัดเจน และร่วมกันวิเคราะห์หลักการทำงานได้</p>
	<p>- ในการระดมสมองเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้าง ย่อยกปลาที่ผ่องแรง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นในกลุ่ม บางกลุ่มมีแค่ความคิดเห็นของใครคนใดคนหนึ่งเท่านั้นจึงทำให้การวิเคราะห์และสรุปความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มใช้เวลา</p>	<p>- ครูควรชี้แนะแนวทางในการระดมสมองและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มกล้าแสดงความคิดเห็น เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียน พร้อมให้คำเสนอแนะเมื่อพบเจอปัญหา และควรเน้นย้ำในเรื่องของกรอบเวลาเพื่อให้นักเรียนดำเนินการได้บรรลุเป้าหมาย</p>	<p>- ครูควรชี้แนะแนวทางในการระดมสมองและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มกล้าแสดงความคิดเห็น เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียน พร้อมให้คำเสนอแนะเมื่อพบเจอปัญหา และควรเน้นย้ำในเรื่องของกรอบเวลาเพื่อให้นักเรียนดำเนินการได้บรรลุเป้าหมาย</p>



## ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ครูมีการใช้คำถามนำอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบย่อยกลา รวมถึงมีกิจกรรมทดลองเกี่ยวกับคาน และโมเมนต์	- ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดไว้ในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ย่อยกลาอ่อนแรง มีนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางกลุ่มสามารถระบุปัญหาหรือความต้องการได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่กำหนด	- ครูอาจมีการยกตัวอย่างบทความข่าว สถานการณ์ปัญหา และให้นักเรียนช่วยกันอ่านข้อความจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ร่วมกันวิเคราะห์ถึงปัญหาโดยอาจใช้เทคนิคการขีดเส้นใต้ ไฮไลต์ข้อความที่แสดงถึงปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด รวมถึงวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดต่างๆ
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- ครูมีการใช้คำถามนำอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน เพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบย่อยกลา รวมถึงมีกิจกรรมทดลองเกี่ยวกับคาน และโมเมนต์	- ในการทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ อุปกรณ์ไม่พร้อมต่อการใช้งาน มีการชำรุด เช่น เครื่องชั่งสปริง ทำให้บางกลุ่มต้องรอใช้ อุปกรณ์ต่อจากกลุ่มอื่นๆ จึงทำให้เสียเวลาในการดำเนินกิจกรรม	- ครูควรตรวจเช็คอุปกรณ์ และจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองให้พร้อมใช้งาน และเพียงพอต่อนักเรียนแต่ละกลุ่ม และควรมีอุปกรณ์สำรองไว้อย่างน้อย 1 ชุด เพื่อทดแทนอุปกรณ์ที่ชำรุด และใช้งานได้

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
<p>ที่ส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์จับปลาที่ช่วยผ่อนแรงให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด</p>	<p>- ในระหว่างการทำทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ มีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจทำการทดลอง และไม่ปฏิบัติตามที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม</p>	<p>- ครูควรเน้นย้ำนักเรียนทุกคนให้ปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม เพื่อประหยัดเวลาในการทำงานและการดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี</p>	<p>- ครูควรเน้นย้ำในเรื่องของการทำให้ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ รวมถึงข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแขวนคานให้สมดุลในแนวระดับทุกครั้งก่อนทดลองในครั้งถัดไป</p>
<p></p>	<p>- ในระหว่างการทำทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้จัดคานให้อยู่ในแนวระดับก่อนการทำผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อน</p>	<p>- ครูควรเน้นย้ำในเรื่องของการทำให้ความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ รวมถึงข้อแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแขวนคานให้สมดุลในแนวระดับทุกครั้งก่อนทดลองในครั้งถัดไป</p>	<p></p>

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
		<p>- ในการอภิปรายแนวความคิดสำคัญที่ได้จากการทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ มีนักเรียนบางกลุ่มอภิปรายแนวความคิดสำคัญไม่สอดคล้องกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานย่อยยกปลาอ่อนแรง เช่น การอภิปรายถึงการกำหนดระยะเวลาห่างระหว่างจุดหมุน และจุดเขี้ยววัตถุที่ไม่สัมพันธ์กันในการออกแบบชิ้นงาน</p>	<p>-ในการอภิปรายแนวความคิดสำคัญที่ได้จากการทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ ครูควรใช้คำถามเพื่อสรุปแนวคิดที่ได้จากการทดลอง เพื่อให้ให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ถึงแนวความคิดสำคัญหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานย่อยยกปลาอ่อนแรง เช่น ให้นักเรียนจะสร้างยกปลาที่ช่วยผ่อนแรง และสามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ จะต้องออกแบบอย่างไร และต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง</p>

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
<p>3. ขึ้นอกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>- ครูมีการตรวจสอบและทบทวนความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเขียนแบบภาพร่างโดยเน้นไปที่การเขียนแบบภาพร่างแบบ 2 มิติ 3 มิติ รวมถึงการระบุขนาดภาพร่างชิ้นงาน วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่างที่ชัดเจน</p>	<p>- ในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ การออกแบบภาพร่างย่อยกลา มีนักเรียนในกลุ่มบางคนยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเองภายในกลุ่ม และบางกลุ่มมีลักษณะความคิดเห็น คล้อยตามกัน และยึดตามความคิดเห็นของคนหนึ่งทำให้อย่างไม่เด็ดขาดในการออกแบบชิ้นงานย่อยกลาที่ หลากหลาย</p>	<p>- ครูควรกระตุ้นให้สมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันสืบค้น และช่วยกันออกแบบภาพร่าง ชิ้นงานย่อยกลา และร่วมกันวิเคราะห์ถึง ข้อดี-ข้อเสียของแบบร่างเพื่อร่วมกัน ตัดสินใจเลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการ นำมาสร้างย่อยกลาแผ่นแรง</p>
			<p>- ครูจะต้องมีการเน้นย้ำระบุคำสั่งลงในใบกิจกรรมให้ชัดเจนว่าองค์ประกอบที่สำคัญ ของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างลงในภาพร่างที่ตนเอง ออกแบบ เหมือนกับวงจรปฏิบัติการที่ 1”</p>
			<p>แบบภาพร่างก่อนให้นักเรียนดำเนินการ สร้างชิ้นงานจริง</p>

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
<p>4. ขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</p>	<p>- ครูมีการอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเขียนลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานที่ชัดเจน โดยมีตัวอย่างลักษณะข้อความที่แสดงถึงขั้นตอนการสร้างโคมไฟ ซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจ และสามารถนำไปปรับใช้ได้อย่างเหมาะสม</p>	<p>- ในระหว่างการสร้างชิ้นงานย่อยปลา มีนักเรียนบางกลุ่มนำวัสดุอุปกรณ์ที่กลุ่มตนเองพกติดตัวอุปกรณ์ที่กลุ่มตนเองพกติดมาเป็นวัสดุในการสร้างชิ้นงาน เช่น เทปใสและปืนกาว ซึ่งผิดเงื่อนไขจากที่ครูกำหนด</p>	<p>- ครูควรชี้แจงและเน้นย้ำกับนักเรียนทุกกลุ่มว่าให้เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้เท่านั้น โดยนักเรียนจะต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้าระบุรายการสินค้า จำนวนที่ต้องการจะซื้อ และราคาให้ชัดเจน นอกจากนี้ครูควรจัดเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอต่อการใช้งานของสมาชิกแต่ละกลุ่ม</p>
	<p>- ในการดำเนินการสร้างย่อยปลา นักเรียนแต่ละกลุ่มส่วนใหญ่เลือกรูปแบบการสร้างย่อยปลาแอนแรงที่เหมือนกัน จึงทำให้ชิ้นงานไม่มีความหลากหลาย</p>	<p>- ในการสร้างย่อยปลาของนักเรียนทุกคนมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ครูควรควรให้นักเรียนตกแต่งชิ้นงานเพิ่มเติม หรือเพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงานให้มีจุดเด่นที่แตกต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่นๆได้อย่างชัดเจน และสร้างสรรค์</p>	

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
<p>5. <u>ขั้นทดสอบประเมินผล</u> และปรับปรุงแก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน</p>	<p>- ในระหว่างการทดสอบ ครูมีการ ให้นักเรียนบันทึกวิธีคิดแบบ Real Time เพื่อให้ให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ มองเห็นผลการทำงานทดสอบ และ สามารถนำมาใช้อภิปรายจุดแข็ง จุดอ่อนของชิ้นงานแต่ละกลุ่มได้ ชัดเจน รวมทั้งเพื่อให้การประเมิน โปร่งใสยุติธรรมมากที่สุด</p>	<p>- ในการสร้างชิ้นงานย่อยกบลาของ นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสร้างตาม แบบที่เขียนไว้ มีการปรับเปลี่ยน ชิ้นงานหลังจากสร้างในตอนแรก เช่นมี การปรับรูปแบบ และจำนวนวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแต่ละส่วนของ โครงสร้าง</p>	<p>- ในการสร้างชิ้นงานย่อยกบลา ครูต้อง คอยติดตามดูแลเป็นระยะหากไม่บรรลุ เป้าหมาย จึงคอยให้คำแนะนำเพื่อให้ นักเรียนปรับปรุงแก้ไขให้เป็นที่ตาม เกณฑ์ที่กำหนด</p>
<p>5. <u>ขั้นทดสอบประเมินผล</u> และปรับปรุงแก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน</p>	<p>- ในระหว่างการทดสอบ ครูมีการ ให้นักเรียนบันทึกวิธีคิดแบบ Real Time เพื่อให้ให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ มองเห็นผลการทำงานทดสอบ และ สามารถนำมาใช้อภิปรายจุดแข็ง จุดอ่อนของชิ้นงานแต่ละกลุ่มได้ ชัดเจน รวมทั้งเพื่อให้การประเมิน โปร่งใสยุติธรรมมากที่สุด</p>	<p>- ในการทดสอบชิ้นงานย่อยกบลา มี นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้มีการเชื่อมโยง แนวคิดที่ได้จากการทดลองเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการจัด ความสัมพัทธ์ระหว่างจุดหมุน จุดแขวนสวิง วางตำแหน่งจุดหมุน จุดแขวนสวิง และจุดที่ออกแรงยกยอปลา จึงทำให้</p>	<p>- ครูชี้แนะแนวทางในการทดสอบโดย ใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้มี การเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการ ทดลองเรื่อง คาน นำมาประยุกต์ใช้ใน ขั้นของการทดสอบชิ้นงาน เช่น นักเรียนคิดว่าจะต้องกำหนดจุดแขวน วัตถุ และจุดที่ออกแรงบนคานอย่างไร จึงจะช่วยให้ออกแรงน้อยลงในการยก วัตถุที่มีน้ำหนักมาก</p>

ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
6. ผู้นำเสนอวิธีการ		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ในระหว่างการทดสอบชิ้นงานย่อยกปลาของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด เช่น ลักษณะโครงสร้างไม่แข็งแรง มีการชำรุดระหว่างการทำทดสอบ ไม่สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ ทำให้ต้องกลับไปปรับปรุงชิ้นงาน และนำมาทดสอบใหม่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครู และเพื่อนในชั้นเรียนควรให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้กับนักเรียนที่ไม่ประสบความสำเร็จจากการทดสอบย่อยกปลา และติดตามการแก้ไข เพื่อให้ นักเรียนมีแรงบันดาลใจในการสร้างชิ้นงานต่อไป</li> </ul>
6. ผู้นำเสนอวิธีการ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูมีการชี้แจงการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา รวมถึงมีการกำหนดประเด็นหัวข้อในการทำใบเสนอราคาขายสินค้าที่ชัดเจน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ในข้มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ชิ้นงานย่อยกปลา มีนักเรียนบางคนไม่สนใจเรียน และให้เวลาในการนำเสนอที่สั้นเกินไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูควรชี้แจงและกำหนดหัวข้อประเด็นสำคัญในการนำเสนอให้นักเรียน และให้เวลานักเรียนในการเขียนสคริปเพื่อเรียงลำดับหัวข้อในการนำเสนอประเด็นสำคัญเพื่อ</li> </ul>
แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกกลุ่มมีส่วนร่วมในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- นักเรียนบางคนยังไม่สนใจเรียน และให้เวลาในการนำเสนอที่สั้นเกินไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ครูควรชี้แจงและกำหนดหัวข้อประเด็นสำคัญในการนำเสนอให้นักเรียน และให้เวลานักเรียนในการเขียนสคริปเพื่อเรียงลำดับหัวข้อในการนำเสนอประเด็นสำคัญเพื่อ</li> </ul>

## ตาราง 11 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	<p>การแก้ปัญหาชิ้นงานย่อยก ปลา และร่วมกันแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นแนวทางการ ดำเนินงานที่ประสบ ผลสำเร็จ รวมทั้งตัดสิน ผลงานโปรเจกต์เฉพาะราย สินค้าของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ</p>	<p>- ในชิ้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาชิ้นงานย่อยกปลา มี นักเรียนบางกลุ่มที่สามารถนำเสนอ แนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้ แต่ ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจในการ ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการรวบรวม ข้อมูล และไม่คำนึงถึงความรู้และ แนวคิดหลักที่ใช้ในการออกแบบ ชิ้นงาน เช่น การจัดวางตำแหน่งจุด หมุน จุดแขวนสวิง และจุดที่ออกแรง ยกยอปลา จึงทำให้การทดสอบชิ้นงาน ไม่บรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนด</p>	<p>- ครูควรเพิ่มเติมในการเขียนอธิบายแนวคิด สำคัญหลังจากการสร้างชิ้นงานเพื่อให้ นักเรียนตระหนักถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ใน บริบทอื่นๆต่อไป รวมถึงอาจใช้คำถามกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้ จากการทดลองเรื่อง คาน นำมาประยุกต์ใช้ ตัวอย่างคำถาม เช่น นักเรียนคิดว่าจะต้อง กำหนดจุดแขวนวัตถุ และจุดที่ออกแรงบน คานอย่างไร จึงจะช่วยให้ออกแรงน้อยลงใน การยกวัตถุที่มีน้ำหนักมาก และทำให้การ ทดสอบชิ้นงานบรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนด</p>



### 1.3 ผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ)

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2565 ตั้งแต่เวลา 8.30 น.-12.00 น. ผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นของวงจรปฏิบัติการแสดงดังนี้

#### ขั้นวางแผน (Plan : P)

จากผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยมีการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ (ตุ๊กตาล้มลูกสนุกสุดเหวี่ยง) ตามแนวทางแก้ไข ได้แก่ ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนมีการเลือกใช้สื่อคลิปวิดีโอสั้นๆเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของตุ๊กตาดารุมะ มีการยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนรู้จักการกำหนดปัญหาเงื่อนไข สถานการณ์ ข้อจำกัดต่างๆ ชี้แนะแนวทาง และเป้าหมายในการระดมสมองให้กับนักเรียนว่าทุกคนจะต้องร่วมกันแสดงความคิดเห็น และวิเคราะห์ความเหมือน หรือแตกต่าง และสรุปเป็นความคิดเห็นภายในกลุ่มของตนเอง มีการตรวจเช็คอุปกรณ์ และจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลองให้พร้อมใช้งานและเพียงพอต่อนักเรียนแต่ละกลุ่ม มีการเน้นย้ำถึงองค์ประกอบที่สำคัญในการเขียนแบบภาพร่าง คือ การระบุขนาดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างให้ชัดเจนครบถ้วน และมีการตรวจแบบภาพร่างก่อนให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงาน ชี้แจงและเน้นย้ำกับนักเรียนทุกกลุ่มว่าให้เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมให้เท่านั้น โดยนักเรียนจะต้องเขียนใบสั่งซื้อสินค้ารายการสินค้า จำนวนที่ต้องการจะซื้อ และราคาให้ชัดเจน และในขั้นนำเสนอรูปร่างจะให้เวลานักเรียนในการเขียนสคริปเพื่อเรียงลำดับหัวข้อในการนำเสนอประเด็นสำคัญ และฝึกซ้อมนำเสนอให้เพื่อนในกลุ่มฟังเพื่อลดความตื่นเต้น จากนั้นให้นักเรียนนำไปสเตอร์ที่นำเสนอไปโพสต์ในแอปพลิเคชัน Padlet เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ร่วมกันสะท้อนแสดงความคิดเห็นให้ข้อเสนอแนะต่อผลงาน พร้อมกับตัดสินใจโหวตให้คะแนนกลุ่มที่มีผลงานดีเด่น

#### ขั้นปฏิบัติการ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ โดยใช้เวลาดังกล่าว 4 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา

ในขั้นนี้ครูผู้สอนจะร่วมพูดคุยและชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ พร้อมชี้แจงการให้คะแนน จากนั้นครูชวนนักเรียนสนทนาในหัวข้อ “เรขาคณิตที่อยู่รอบตัว” โดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับเสถียรภาพของวัตถุรูปทรงต่างๆ จากนั้นครูเปิดคลิปวิดีโอตุ๊กตาของชาวญี่ปุ่นที่เรียกว่า “ตุ๊กตาดารุมะ (Daruma)” ซึ่งมีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับประวัติตุ๊กตา ความเชื่อของชาวญี่ปุ่น และลักษณะทั่วไปของตุ๊กตา และใช้คำถามเพื่อการอภิปรายกับนักเรียนว่า ตุ๊กตาดารุมะกับตุ๊กตาทั่วไปแตกต่างกันอย่างไร ลักษณะเด่นหรือลักษณะที่สังเกตเห็นชัดจนรู้ว่าตุ๊กตานั้นเป็นตุ๊กตาล้มลุกเป็นอย่างไร จากนั้นครูนำเสนอสถานการณ์ให้กับนักเรียน ดังนี้ “หากนักเรียนเป็นช่างในร้านขายของเล่นสำหรับเด็กในห้างสรรพสินค้า โดยในร้านจะขายของเล่นทุกรูปแบบ ในวันที่ 1 มกราคม 2565 มีลูกค้าชาวญี่ปุ่นมาสั่งทำของขวัญวันเกิดให้กับลูกชายของตนเอง ลูกค้าต้องการตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก ซึ่งคนญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าจะทำให้เด็กๆ แข็งแรง และปลอดภัยจากเคราะห์ร้าย โดยลูกค้าต้องการให้เป็นของขวัญที่มีชิ้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด” หลังจากนั้นครูแจกใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง พร้อมชี้แจงรายละเอียดและเป้าหมายในการระดมสมองโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหา ความต้องการ และเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยในพิจารณาจากความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มเป็นหลัก

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า ในการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสนทนาในหัวข้อ “เรขาคณิตที่อยู่รอบตัว” นักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เรื่องของศูนย์ถ่วง และศูนย์กลางมวลของรูปทรงเรขาคณิตที่แตกต่างกันได้เป็นอย่างดี เนื่องจากนักเรียนมีความรู้ประสบการณ์เดิมมาจากการเรียนในรายวิชาของเล่นเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สวาน้อยนักกายกรรม และวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริมาตรและรูปทรงเรขาคณิต สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนมีการเชื่อมโยงและอภิปรายความรู้เรื่อง จุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงเรขาคณิตที่มีลักษณะแตกต่างกันได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนสามารถอธิบาย และบอกลักษณะจุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงเรขาคณิต 3 มิติได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) เนื่องจากสถานการณ์ที่ยกตัวอย่างเป็นบริบทใหม่ที่นักเรียนไม่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน และนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับหลักการของตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก และมีการตั้งคำถามกับครูผู้สอนว่า ทำไมเมื่อออกแรงผลักตุ๊กตาล้มลง แล้วตุ๊กสามารถตั้งขึ้นมาได้อีก สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนมีความสนใจตุ๊กตาดารุมะที่ครูนำเสนอ และมีการตั้งคำถามเกี่ยวกับหลักการของตุ๊กตาล้มลุกกับครูผู้สอน”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“สถานการณ์ที่ยกตัวอย่างเป็นบริบทใหม่ที่นักเรียนไม่เคยพบเจอในชีวิตประจำวัน และนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับหลักการของตุ๊กตาดารุมะ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยได้มีการนำเสนอสถานการณ์ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง และอธิบายรายละเอียดภาระงาน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำการระดมสมองกันภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา ความต้องการ เงื่อนไขข้อจำกัดของกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ พบว่า ในการระดมสมองพบว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมองได้ดียิ่งขึ้น ทุกคนมีโอกาสนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง ร่วมกันคิดและตัดสินใจ มีการวิเคราะห์ร่วมกัน และสังเคราะห์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือน หรือแตกต่างกันเพื่อสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีนักเรียนบางกลุ่มที่มักจะมีความคิดเห็นคล้อยตามคนเก่ง และไม่ค่อยแสดงความคิดเห็น สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการระดมสมองนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือนหรือแตกต่างกัน แสดงให้เห็นถึงการมีแนวคิดที่หลากหลาย มีการใช้เหตุผลในการอธิบายเพื่อหาข้อสรุปในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเอง มีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ และประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงาน และมีการทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระดมสมอง และแสดงความคิดเห็นร่วมกันได้เป็นอย่างดีมีการศึกษาว่าจะใช้อุปกรณ์ใดในการสร้างชิ้นงาน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

## ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าต้องการออกแบบและประดิษฐ์ตุ๊กตาที่สามารถล้มและตั้งขึ้นมาได้จะต้องทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอะไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนทำการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องจาก 2 กิจกรรมดังต่อไปนี้ กิจกรรมที่ 1 การ์ตูนบนปลายเข็ม โดยให้นักเรียนหาจุดศูนย์ถ่วงเป็นตำแหน่งที่รวมน้ำหนักของวัตถุของแผ่นภาพ จากนั้นร่วมกันอภิปรายและหาจุดศูนย์ถ่วงของรูปเรขาคณิตสองมิติในใบกิจกรรม (เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปวงกลม) จากนั้นเชื่อมโยงสู่ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรูปเรขาคณิตสามมิติ ในส่วนของกิจกรรมที่ 2 ขวดน้ำเต็งตั้ง เป็นการสร้างจุดศูนย์ถ่วงในขวดน้ำพลาสติก โดยให้นักเรียนสร้างจุดศูนย์ถ่วงตำแหน่งต่างๆ ที่คิดว่าสามารถทำให้ขวดน้ำที่นอนอยู่สามารถตั้งขึ้นได้เอง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองพร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรม หลังจากนั้นครูตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการรวบรวมข้อมูลเพื่อดูว่าเพียงพอที่จะไปใช้ในการสร้างตุ๊กตาล้มลุกหรือไม่

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า ในการทำกิจกรรมที่ 1 การ์ตูนบนปลายเข็ม เพื่อหาจุดศูนย์ถ่วงเป็นตำแหน่งที่รวมน้ำหนักของวัตถุของแผ่นภาพ พบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจกับกิจกรรมเป็นอย่างมาก มีความกระตือรือร้น และสนุกสนาน และสามารถดำเนินกิจกรรมเป็นลำดับขั้นตอนตามกำหนดเวลาที่วางไว้ได้เป็นอย่างดี แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจทำการทดลอง และไม่ได้ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจกับกิจกรรมเป็นอย่างมาก มีความกระตือรือร้น และสนุกสนานในการทำกิจกรรม แต่ก็มีนักเรียนบางส่วนไม่สนใจทำการทดลอง และไม่ได้ปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีความชื่นชอบในตัวการ์ตูนที่ครูผู้สอนมอบหมาย และสามารถดำเนินกิจกรรมเป็นลำดับขั้นตอนได้เป็นอย่างดี”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า จากการร่วมกันอภิปรายและหาจุดศูนย์กลางของรูปเรขาคณิตสองมิติในใบกิจกรรม (เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปวงกลม) พบว่านักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมเรื่องการหาจุดศูนย์กลาง และศูนย์กลางมวลของแผ่นภาพ จากกิจกรรมการทดลองมาใช้ในการตอบคำถามท้ายกิจกรรมเกี่ยวกับการกำหนดจุดศูนย์กลางของรูปเรขาคณิตสองมิติในใบกิจกรรมได้ถูกต้อง สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม มากำหนดจุดศูนย์กลางของรูปเรขาคณิตสองมิติในใบกิจกรรมได้ถูกต้อง”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำแนวคิดหลักที่ได้จากการทดลองมาอธิบายและกำหนดจุดศูนย์กลางของรูปเรขาคณิตสองมิติได้ถูกต้อง”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า ในการทำกิจกรรมที่ 2 ขวดน้ำแดงตั้ง เพื่อให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสร้างจุดศูนย์กลางในขวดน้ำพลาสติกที่แจกให้ โดยมีเงื่อนไขว่า “เมื่อวางขวดน้ำพลาสติกนอนลงแล้ว ขวดน้ำนั้นต้องสามารถตั้งขึ้นได้เอง” จากการดำเนินกิจกรรมดังกล่าวพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้น และรู้สึกท้าทายเงื่อนไขที่ครูกำหนด สมาชิกในกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการวางดินน้ำมันและลูกแก้วเพื่อสร้างจุดศูนย์กลางในขวดน้ำพลาสติกที่ตำแหน่งต่างๆ โดยมีการลองผิดลองถูก

จนได้แนวทางในการทำให้ขวดน้ำสามารถล้มแล้วตั้งขึ้นเองได้ นอกจากนี้ยังมีบางกลุ่มที่สามารถกำหนดจุดศูนย์ถ่วงที่ทำให้ขวดน้ำสามารถตีลังกาได้แบบเหนือความคาดหมาย

“นักเรียนสามารถสร้างจุดศูนย์ถ่วงในขวดน้ำพลาสติกทำให้ขวดน้ำล้มแล้วตั้งขึ้นเองได้ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีบางกลุ่มที่สามารถกำหนดจุดศูนย์ถ่วงที่ทำให้ขวดน้ำสามารถตีลังกาได้แบบเหนือความคาดหมาย”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนมีความกระตือรือร้น และรู้สึกท้าทายเงื่อนไขที่ครูกำหนด มีการลองผิดลองถูกจนได้แนวทางในการทำให้ขวดน้ำสามารถล้มแล้วตั้งขึ้นเองได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

หลังจากที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองจากกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรม พร้อมกับตอบคำถามในตอนท้ายของใบกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดที่ได้จากการทดลองมาสรุปเป็นแนวคิดสำคัญที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงาน พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกได้ เช่น ลักษณะของฐานตุ๊กตาล้มลุก การจัดสร้างตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงให้ตุ๊กตาสามารถล้มแล้วลุกขึ้นเองได้ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถอภิปรายและสรุปแนวคิดสำคัญที่เกี่ยวกับการเกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกได้เป็นอย่างดี”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในการสร้างแนวคิดจากการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการสร้างจุดศูนย์ถ่วง และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบตุ๊กตาล้มลุกได้”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยครูผู้สอนมีการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนแบบของนักเรียนในรายวิชางานช่าง ว่าเรียนอะไรมาบ้างแล้วเขียนแบบอะไรมาบ้าง ลักษณะเป็นอย่างไร ขั้นตอนการเขียนภาพร่างมีขั้นตอนอย่างไร ครูมีการอธิบายการเขียนแบบที่จะนำไปใช้ให้กับนักเรียนโดยใช้ power point พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการเขียนแบบให้นักเรียนดู และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่าง จากนั้นครูให้นักเรียนลองเขียนแบบร่างตุ๊กตาล้มลุกชนิดใดก็ได้ที่ตนเองสนใจมา 1 อย่าง จากนั้นครูอธิบายภาระงานที่ 3 ว่าให้นักเรียนทำการเขียนแบบตุ๊กตาล้มลุก จากสถานการณ์ที่กำหนดลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ตอนที่ 3 ข้อที่ 1 อย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกที่ได้จากการสืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสรุปภายในกลุ่มถึงแบบตุ๊กตาล้มลุกทั้ง 3 แบบของกลุ่มตนเองออกแบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้าง พร้อมระบุเหตุผลในการเลือกลงในตอนที่ 3 ของใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ข้อที่ 2-3

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า หลังจากที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการเขียนแบบภาพร่างตุ๊กตาล้มลุกอย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มมีการออกแบบที่น่าสนใจ มีความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ส่วนบางกลุ่มมีการดัดแปลงจากรูปแบบเดิมในบางจุดเพื่อให้ได้อีก 2 รูปแบบขึ้นมา มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานอย่างหลากหลาย โดยคำนึงถึงลักษณะการทรงตัวของตุ๊กตาเป็นหลัก แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบภาพร่างชิ้นงานได้แตกต่างกันครบทั้ง 3 รูปแบบ รวมถึงมีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานอย่างหลากหลายแนวคิด แสดงให้เห็นถึงความคิดสร้างสรรค์ ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการออกแบบภาพร่างชิ้นงานมีการคำนึงถึงลักษณะการทรงตัวของตุ๊กตาเป็นหลัก และมีการตัดแปลงจากรูปแบบเดิมในบางจุดเพื่อให้ได้อีก 2 รูปแบบขึ้นมา ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในชิ้นงานนั้นๆ”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า ในการออกแบบภาพร่างชิ้นงาน นักเรียนบางกลุ่มมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสีสันทันของตุ๊กตาล้มลุกกับความเชื่อในด้านต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการพิจารณาในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่มีการคำนึงถึงคุณค่าและการนำไปใช้ประโยชน์ที่เป็นการยอมรับในด้านความเชื่อและความศรัทธา สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนมีการสอบถามครูผู้สอนเกี่ยวกับสีสันทันของตุ๊กตาล้มลุกที่มีความแตกต่างกันว่าเกี่ยวข้องมีความหมายหรือตรงกับความเชื่อในด้านใดบ้าง ครูจึงแนะนำให้นักเรียนลองสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนบางกลุ่มมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสีสันทันของตุ๊กตาล้มลุกกับความเชื่อในด้านต่างๆ เพื่อนำมาข้อมูลมาประกอบการพิจารณาในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แสดงให้เห็นถึงการออกแบบที่มีการคำนึงถึงคุณค่าและการนำไปใช้ประโยชน์”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า จากการที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอแบบร่างตุ๊กตาล้มลุก ที่กลุ่มของตนเองเลือกมาจาก 3 แบบ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้างตุ๊กตาล้มลุก พบว่าปัญหาที่พบในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ยังพบปัญหาในเรื่องของการเขียนแบบภาพร่างชิ้นงาน คือ นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุรายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า



“นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้ระบุรายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง เหมือนกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในการเขียนแบบภาพร่างพบปัญหานักเรียนส่วนใหญ่ไม่ระบุขนาดชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ ในภาพร่างที่ตนเองออกแบบเหมือนเดิม”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

#### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนวางแผนในการสร้างตุ๊กตาล้มลุก โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้าง พร้อมระบุด้วยว่าใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรในการสร้าง ลงในตอนที่ 5 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ข้อที่ 1 ครูชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนประเมินชิ้นงานว่ามีประเด็นใดบ้างเพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน นักเรียนทำการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า ลงในตอนที่ 4 ของใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง โดยครูต้องย้ำกับนักเรียนว่าสามารถซื้อของได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นให้ทำการตรวจสอบรายการสินค้าให้ดี และย้ำเรื่องเกณฑ์การให้คะแนนเรื่องจำนวนเงินที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน นักเรียนเริ่มซื้อของตามที่กลุ่มตนเองได้เขียนไว้ในใบสั่งซื้อของ ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ที่สั่งซื้อว่าครบหรือไม่ สภาพพร้อมใช้งาน หลังจากนั้นให้นักเรียนลงมือสร้างตุ๊กตาล้มลุก ตามขั้นตอนที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบโครงร่างไว้

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า ในการเขียนขั้นตอนการดำเนินงานของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายลำดับขั้นตอนการดำเนินงานละเอียดขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 สามารถสื่อสารกับผู้อ่านได้ เข้าใจความหมายที่ต้องการจะสื่อ ทำให้สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้จริง ในส่วนการแบ่งหน้าที่การทำงานภายในกลุ่ม มีการวางแผนกำหนดภาระงานให้กับสมาชิกแต่ละคนที่ชัดเจน ทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นอย่างดี สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนอธิบายลำดับขั้นตอนการดำเนินงานละเอียดขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 สามารถสื่อสารกับผู้อ่านได้ เข้าใจความหมายที่ต้องการจะสื่อ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนแต่ละกลุ่มมีพัฒนาการด้านการวางแผน และเขียนขั้นตอนการสร้างชิ้นงานได้ดี  
ยิ่งขึ้น”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการเขียนใบสั่งซื้อสินค้า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการทำชิ้นงาน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการคำนึงถึงต้นทุนการผลิตที่ต้องมีราคาต่ำแต่คุณภาพต้องสูง และสามารถผลิตชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการตัดสินใจเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ใน  
การทำชิ้นงาน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการคำนึงถึงต้นทุนการผลิต”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่มีการวางแผน และเลือกซื้อสินค้าเท่าที่จำเป็นในการสร้างชิ้นงานเท่านั้น”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างชิ้นงานตามแบบภาพร่างที่เขียนไว้ บางกลุ่มมีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากการสร้างในตอนแรก บางกลุ่มมีการปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพร่าง และบรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“การสร้างชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่มสามารถสร้างได้ตรงตามแบบภาพร่าง บางกลุ่มมีการ  
ปรับแต่งจากรูปแบบเดิมเล็กน้อย เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“ชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่มมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการสร้าง ซึ่งไม่เป็นไปตามรูปแบบที่  
วางแผนไว้ในตอนแรก”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ครูให้นักเรียนนำผลงานไปทดสอบตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสถานการณ์ข้างต้น โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้ ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลุ่มของตนเองสร้างขึ้นมาทดลองวางบนโต๊ะเรียน เพื่อทดสอบการแกว่งและการทรงตัว จากนั้นใช้ปลายนิ้วผลักส่วนบนของตุ๊กตาล้มลุกให้เอียงทำมุมประมาณ 45 องศา แล้วปล่อยให้ตุ๊กตาเริ่มแกว่ง พร้อมจับเวลาในการแกว่งของตุ๊กตาล้มลุก บันทึกเวลาที่ตุ๊กตาล้มลุกแกว่งจนหยุดนิ่ง ทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง และบันทึกเวลาที่ตุ๊กตาล้มลุกแกว่งจนหยุดนิ่งลงในตาราง จากนั้นให้นักเรียนทำการประเมินผลงานการสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเอง แล้วให้เพื่อนในห้องสะท้อนผลดังประเด็นต่อไปนี้ การสร้างตุ๊กตาล้มลุกนี้มีจุดเด่นอะไรระบุเป็นข้อ ๆ การสร้างตุ๊กตาล้มลุกนี้มีจุดด้อยอะไรระบุเป็นข้อ ๆ ให้นักเรียนเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นให้นักเรียนนำผลงานของตนเองไปปรับแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดและตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนในห้อง โดยครูกอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน หากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า ในขั้นของการทดสอบชิ้นงาน หรือทดสอบการแกว่งของตุ๊กตาล้มลุก พบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มที่ผลการทดสอบบรรลุเป้าหมายและเป็นไปตามเงื่อนไขตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ ตุ๊กตาล้มลุกที่นักเรียนออกแบบสามารถแกว่งได้นานและสามารถดีลังกาได้ แต่อย่างไรก็ตามมีบางกลุ่มที่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามแบบภาพร่าง แต่เมื่อนำมาทดสอบพบว่าไม่บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด คือ แกว่งได้ไม่นาน และไม่สามารถทรงตัวได้ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่บรรลุเป้าหมายตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด ต้องกลับไปปรับปรุงชิ้นงานใหม่”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“ครูควรให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานให้กับนักเรียนที่ไม่ประสบผลสำเร็จจากการทดสอบ และติดตามการแก้ไข เพื่อให้มีแรงบันดาลใจในการสร้างชิ้นงานต่อไป”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยพบว่าในการประเมินผลชิ้นงานจากการทดสอบของนักเรียน พบว่าบางกลุ่มที่มีผลการทดสอบไม่บรรลุเป้าหมายจากเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด มีการประเมินตนเองและยอมรับข้อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขจากครู และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ เพื่อดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนมีการนำข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากครู และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ไปดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงชิ้นงานกลุ่มของตนเอง แล้วนำมาทดสอบอีกครั้งจนบรรลุตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนที่มีผลการทดสอบชิ้นงานที่ไม่บรรลุตามเกณฑ์ มีการนำข้อเสนอแนะจากเพื่อนที่ประสบความสำเร็จไปแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

### **ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน**

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป โดยครูทำการชี้แจงการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน และทำโปสเตอร์โฆษณาขายผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของกลุ่มตนเองผ่านแอปพลิเคชัน Canva โดยมีประเด็นในการนำเสนอดังนี้ ภาพชิ้นงาน แร้งบันดาลใจ ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ จุดเด่นของชิ้นงาน ราคาเสนอขาย หลังจากนั้นครูและนักเรียนทำการสรุปร่วมกันถึงผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของแต่ละกลุ่ม และให้นักเรียนทุกกลุ่มนำโปสเตอร์ไปโพสต์ที่แอปพลิเคชัน Padlet เพื่อให้เพื่อนสมาชิกกลุ่มอื่นๆได้ร่วมแสดงความคิดเห็นและประเมินชิ้นงานเพื่อให้คะแนน จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกเพื่อสรุปแนวคิดสำคัญร่วมกันหลังจากที่ได้ทำกิจกรรม

จากผลการดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า ในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน รวมถึงโปสเตอร์โฆษณาขายสินค้า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอโปสเตอร์ที่น่าสนใจ ชัดเจน ตรงประเด็น ครอบคลุมเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ และมีการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 แต่ก็ยัง

มีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาดการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอสอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอโปสเตอร์ได้น่าสนใจ ชัดเจน ตรงประเด็น และครอบคลุมเนื้อหาที่ได้กำหนดไว้ แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาดการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในการนำเสนอ”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“ในด้านการนำเสนอผลงานนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่สำคัญได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยยังพบว่า ในการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจและประเมินชิ้นงานเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ผ่านแอปพลิเคชัน Padlet ทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดสำคัญและเทคนิควิธีการของกลุ่มอื่นๆ ที่หลากหลาย ได้แลกเปลี่ยนแนวทางในการสร้างชิ้นงานให้บรรลุตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุง แก้ไขชิ้นงานของเพื่อน และมีการรับฟังการสะท้อนผลจากเพื่อนกลุ่มๆอื่น เพื่อนำไปปรับแก้และประยุกต์ใช้ต่อไป สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนสามารถให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุง แก้ไขชิ้นงานของเพื่อนผ่านแอปพลิเคชัน Padlet”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจและประเมินชิ้นงานเพื่อนกลุ่มอื่นๆ มีการรับฟังการสะท้อนผลจากเพื่อนกลุ่มๆอื่น เพื่อนำไปปรับแก้และประยุกต์ใช้ต่อไป”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยยังพบว่า ในการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจและประเมินชิ้นงาน เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ผ่านแอปพลิเคชัน Padlet พบปัญหาเกี่ยวกับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยสมัครใช้งานแอปพลิเคชันจึงไม่มีการแสดงชื่อผู้ใช้งานในการแสดงความคิดเห็นได้โพสต์ผลงานของเพื่อน และพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจรูปแบบวิธีการใช้งาน และฟังก์ชันต่างๆในแอปพลิเคชัน

“ไม่มีการแสดงชื่อผู้ใช้งาน เมื่อนักเรียนแสดงความคิดเห็นได้โพสต์ในแอปพลิเคชัน Padlet เนื่องจากนักเรียนไม่ได้สมัครสมาชิก”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“พบปัญหาเกี่ยวกับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน เนื่องจากนักเรียนไม่เคยสมัครใช้งานแอปพลิเคชันจึงไม่มีการแสดงชื่อผู้ใช้งานในการแสดงความคิดเห็นได้โพสต์ และมีนักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจรูปแบบวิธีการใช้งาน และฟังก์ชันต่างๆในแอปพลิเคชัน”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ผู้วิจัยยังพบว่า ในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนมีการอภิปรายแนวคิดที่สำคัญ และการนำความรู้ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอแนวคิดในการอภิปรายร่วมกับครูผู้สอนในสถานการณ์หรือบริบทใหม่ๆได้ เช่น ทำไมช่องเก็บสัมภาระของรถบัสจึงอยู่ด้านล่างของตัวรถ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบได้ว่า จะต้องรักษาให้ศูนย์ถ่วงของรถบัสอยู่ต่ำ เพื่อให้รถบัสทรงตัวได้ดี ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบช่องเก็บสัมภาระของรถบัสไว้ด้านล่างของตัวรถ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูและผู้เชี่ยวชาญที่กล่าวว่า

“นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการตอบคำถามโดยคำนึงถึงแนวคิดสำคัญที่ได้จากการทำกิจกรรม”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำเสนอแนวคิดในการอภิปรายร่วมกับครูผู้สอนในสถานการณ์หรือบริบทใหม่ๆได้เป็นอย่างดี”

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

### ขั้นสะท้อนผล (Reflect : R)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสะท้อนผลในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ จากเครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ตาราง 12 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. ชั้นระบุปัญหา	<p>ครูมีการนำเสนอสถานการณ์ บริบทใหม่ที่นักเรียนไม่เคยพบ เจอในชีวิตประจำวัน ด้วยคลิป วิดีโอตุ๊กตาดารูมะ(Daruma) เงื่อนไขของสถานการณ์มีความ ท้าทายต่อผู้เรียนซึ่งนักเรียน ส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับ หลักการของตุ๊กตาดารูมะ (Daruma) และลักษณะสีสัน ตามความเชื่อในด้านต่างๆ</p>	<p>- ในการระดมสมองในการระดม สมองเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน หรือ ข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างตุ๊กตา สัมดุกนั้นเรียนในกลุ่มส่วนใหญ่จะ มีความคิดเห็นคล้ายตามคนแก่ และ บางไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นภายใน กลุ่ม</p>	<p>- ครูชี้แจงเป้าหมายในการระดมสมอง เพื่อให้สมาชิกทุกคนมีโอกาสนำเสนอความ คิดเห็นของตนเอง ร่วมกันคิดและตัดสินใจ มีการวิเคราะห์ร่วมกัน และสังเคราะห์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่ มีความเหมือน หรือแตกต่างกันเพื่อสรุป ความคิดเห็นของกลุ่ม พร้อมให้ข้อเสนอแนะ เมื่อพบเจอปัญหา และควรเน้นย้ำในเรื่อง ของการขอเวลาเพื่อให้นักเรียนดำเนินการได้ บรรลุเป้าหมาย</p>
2. ชั้นรวบรวมข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	<p>ในชั้นรวบรวมข้อมูลคู่มือการ ออกแบบกิจกรรมการทดลองที่ มีความท้าทายความสามารถ ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความ กระตือรือร้นและสนใจใน การศึกษาแนวคิดสำคัญ</p>	<p>- ในระหว่างการทำทดลองกิจกรรม การดูแบบแปลนปลายเข็ม และกิจกรรม ขวดน้ำที่ตั้งตั้ง มีนักเรียนบางส่วนไม่ สนใจทำการทดลอง และไม่ ปฏิบัติตามที่ได้รับมอบหมายใน กลุ่ม</p>	<p>- ครูควรเน้นย้ำนักเรียนทุกคนให้ปฏิบัติตาม บทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายในกลุ่ม เพื่อ ประหยัดเวลาในการทำงานและการ ดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากทุก คนร่วมมือกัน</p>



ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบบ่อย/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
3. ขั้นตอนการแก้ปัญหา	<p>- ครูมีการตรวจสอบและทบทวนความรู้เกี่ยวกับการเขียนแบบภาพร่างโดยเน้นไปที่การเขียนแบบภาพร่าง 2 มิติ 3 มิติ รวมถึงการระบุนามภาพร่างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่างที่ชัดเจน</p>	<p>- ในการเขียนแบบภาพร่าง ตึกตากลมลูกยังพบปัญหา นักเรียนบางกลุ่มไม่ได้รับรู้รายละเอียดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง ตึกตากลมลูก ลงในภาพร่างตนเองออกแบบ เหมือนกับ วงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2”</p>	<p>- ครูจะต้องปรับใบกิจกรรมและเพิ่มเติมหัวข้อเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนแบบภาพร่าง มีการเน้นย้ำถึงองค์ประกอบที่สำคัญในการเขียนแบบภาพร่าง คือ การระบุขนาดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างให้ชัดเจนครบถ้วน และมีการตรวจสอบภาพร่าง ก่อนให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงาน</p>
4. ขั้นตอนแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	<p>- ครูมีการอธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเขียนลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานที่ชัดเจน โดยมีตัวอย่างลักษณะข้อความ พร้อมภาพประกอบที่แสดงถึงขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน ซึ่งช่วยให้ นักเรียนเข้าใจ และสามารถนำไปปรับใช้ได้เหมาะสม</p>	<p>- การสร้างชิ้นงาน ตึกตากลมลูก ของนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสร้างตามแบบที่เขียนไว้ มีการปรับเปลี่ยนชิ้นงานหลังจากภาพประกอบที่แสดงถึงขั้นตอนการสร้างในตอนแรก เช่นมีการปรับรูปแบบ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแต่ละส่วนของตึกตากลมลูก</p>	<p>- ในการสร้างชิ้นงาน ตึกตากลมลูก ครูต้องให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินงาน สร้างชิ้นงานโดยละเอียด จากนั้นนำมาให้ครูตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ก่อนที่จะไปดำเนินการสร้างชิ้นงานจริงนอกจากนี้ครูต้องติดตามดูแลเป็นระยะ หากไม่บรรลุเป้าหมาย จึงคอยให้คำแนะนำเพื่อให้เด็กเรียนรู้ปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด</p>

ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกา เรียนรู	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
5. ชั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	- ในระหว่างการสอน ครู มีการให้นักเรียนบันทึกวิดีโอ แบบ Real Time เพื่อให้ นักเรียนกลุ่มอื่นมองเห็น ผลการทดสอบ และสามารถ นำมาใช้อภิปราย	- ในการทดสอบชิ้นงานตุ๊กตาล้มลุก ของนักเรียนบางกลุ่ม ไม่บรรลุ เป้าหมายตามเงื่อนไขสถานการณ์ที่ กำหนด เช่น ไม่สามารถทรงตัวได้ ต้องกลับไปปรับปรุงชิ้นงานใหม่	- ครูควรให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการสะท้อน ผลและประเมินผลและตัดสินผลงานของตนเองเพื่อระบุ จุดเด่น-จุดด้อยในชิ้นงานของตนเอง และเสนอแนะ แนวทางแก้ไขในการปรับปรุงชิ้นงาน
6. ชี้นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้น งาน	- ในการเปิดโอกาสให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการ ตัดสินและประเมินชิ้นงาน เพื่อนกลุ่มอื่นๆผ่านแอป พลิเคชัน Padlet ทำให้ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิด สำคัญและเทคนิควิธีการ ของกลุ่มอื่นๆที่หลากหลาย	- ในชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงานตุ๊กตา ล้มลุกมีนักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาดการ จัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาใน การนำเสนอ ทำให้ขาดประเด็นใน การนำเสนอที่สำคัญไป เช่น ปัญหาที่ เกิดขึ้น แนวทางในการแก้ปัญหา ผล ของการแก้ไขปัญหาก็ชัดเจน และ แนวคิดสำคัญในการออกแบบชิ้นงาน	- ในชั้นนี้ครูควรระบุประเด็นในการนำเสนอตั้งแต่ สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหา เงื่อนไข การ รวบรวมข้อมูล การวางแผน การปฏิบัติงานเพื่อ แก้ปัญหา การทดสอบเพื่อประเมินผลปรับปรุง และ ให้นักเรียนอธิบายว่าการออกแบบอยู่บนพื้นฐานของ การใช้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างไร มี เทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ เกิด ปัญหาอุปสรรคระหว่างการสร้างชิ้นงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร และเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่

## ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	แนวปฏิบัติที่ดี	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	บรรลุตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถให้ข้อเสนอแนะที่ เป็นประโยชน์ในการ ปรับปรุง แก้ไขชิ้นงานของ เพื่อน และมีการรับฟังการ สะท้อนผลจากเพื่อนกลุ่ม อื่นๆ เพื่อนำไปปรับแก้และ ประยุกต์ใช้ต่อไป	- ในการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการ ตัดสินใจและประเมินชิ้นงานใบสแตนด์ออลกลุ่มเพื่อน กลุ่มอื่นๆ ผ่านแอปพลิเคชัน Padlet พบปัญหา เกี่ยวกับการใช้งานแอปพลิเคชัน เนื่องจากนักเรียน ไม่เคยสมัครใช้งานแอปพลิเคชันจึงไม่มีการแสดงชื่อ ผู้ใช้งานในการแสดงความคิดเห็นได้โพสต์ผลงานของ เพื่อน และพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจรูปแบบ วิธีการใช้งาน และฟังก์ชันต่างๆในแอปพลิเคชัน	- ครูควรให้นักเรียนสมัครการใช้ งานแอปพลิเคชัน Padlet ล่วงหน้า และชี้แจงเกี่ยวกับ รูปแบบวิธีการใช้งาน และ ฟังก์ชันการทำงานต่างๆใน แอปพลิเคชันก่อนเริ่มกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยยกการบันทึกกลไกในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนรู้ออกมา พบว่าปัญหาที่พบบ่อยทั้งที่คล้ายคลึงกันและแตกต่างกัน และมีแนวทางแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงทำการสรุปปัญหาและแนวทาง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงสรุปปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเพิ่มเติมที่ศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ
สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ วงจรปฏิบัติการที่ 1 วงจรปฏิบัติการที่ 2 วงจรปฏิบัติการที่ 3
- ควรเลือกใช้ข้าวหรือสถานการณ์ที่มี บริบทใกล้เคียงตัวนักเรียน อาจเป็นบริบทใน ระดับท้องถิ่นที่นักเรียนอาศัยอยู่เกี่ยวกับ เรื่อง สมดุลกล ตัวอย่างเช่น ข้าว สถานการณ์พ่นก้นน้ำแตก เครื่องมือ หรือของเล่นที่อาศัยหลักการของสมดุล กล โดยตั้งคำถามนำอภิปรายร่วมกัน ผ่าน แอ พ ท ลิ เค ซัน Mentimeter เพื่อให้นักเรียนทุกคนร่วมแสดงความ คิดเห็น และสามารถระบุปัญหาได้อย่าง หลากหลาย	- ในการระดมสมองเกี่ยวกับ เกี่ยวกับความรู้อุปกรณ์ หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การสร้างตุ๊กตาดมลูก นักเรียนในกลุ่มส่วน ใหญ่ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ภายใต้อุปกรณ์ บางกลุ่ม มีความคิดเห็นของใครคน คนหนึ่งเท่านั้นจึงทำให้ การวิเคราะห์และสรุปความ คิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มไม่ ครบถ้วน เวลา ภายใต้อุปกรณ์ แสดงความคิดเห็น ภายใต้อุปกรณ์

ตาราง 13 (ต่อ)

		ปัญหาที่พบ/สาเหตุ		
		แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม		
ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3	
2. ขั้นรวบรวม ข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	- ในขั้นรวบรวมข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา พบว่านักเรียนรู้สึก เบื่อ และไม่สนใจในการ ฟังบรรยายลักษณะ โครงสร้างเขื่อนแบบต่างๆ จากสื่อ power point เนื่องจากสื่อมีเนื้อหา ค่อนข้างเยอะแยะมีความ หลากหลายจนทำให้ นักเรียนสับสน	- ในระหว่างการทำทดลอง เรื่อง คานและโมเมนต์ นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้จัด คานให้อยู่ในแนวระดับ ก่อนการทำทดลองในครั้ง ถัดไป จึงอาจทำให้ผลการ ทดลองมีความ คลาดเคลื่อน มีนักเรียน บางกลุ่มอภิปรายแนวคิด สำคัญไม่สอดคล้องกับการ นำไปประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบและสร้างชิ้นงาน ออกแบบและสร้างชิ้นงาน ย่อยกลาเพื่อนแรง	- ในระหว่างการทำ ทดลองกิจกรรมการดู แบบลายพิมพ์ และ กิจกรรมขุดน้ำแข็งตั้ง มีนักเรียนบางส่วนไม่ สนใจทำการทดลอง และไม่ปฏิบัติตาม ตามที่ได้รับมอบหมาย ในกลุ่ม	ครูต้องออกแบบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียน สามารถสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการ นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยทุกคนต้อง มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เช่น อาจจะมีการทดลองเพื่อให้ นักเรียนได้ปฏิบัติและมีการอภิปรายผล ร่วมกัน จนได้ข้อสรุปแนวคิดที่สำคัญ นำไปสู่การออกแบบ และประเมินความ เป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงาน หรือ บางครั้งอาจต้องไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญที่ มีความถนัดในด้านนั้นๆ

ตาราง 13 (ต่อ)

		ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	
		แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	
ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	<p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 1</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 2</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 3</p>	<p>สร้างสรรคและนวตกรรม</p>	<p>ครูตองมืการทบทวนควมรูบองตน เกยวกับขั้นตอนการเขียนแบบภาพร่าง 2 มิติและ 3 มิติ และยกตัวอยางการ เขียนแบบภาพร่างซึนงานที่มีควม สมบูรณและถูกตองตามหลักการเขียน แบบ พรอมกับเนนย่าวาสงาคัญในการ เขียนแบบภาพร่าง คือ การระบุขนาด ของซึนงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช และ ควรกระตุนให้สมาชิกภายในกรุมร่วมนกัน สับคัน ออกแบบ และวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสียของแบบร่างเพอร่วมนกันตัดสินใจ เลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมา สร้างซึนงาน</p>
3. ซึนออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา	<p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 1</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 2</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 3</p>	<p>สร้างสรรคและนวตกรรม</p>	<p>ครูตองมืการทบทวนควมรูบองตน เกยวกับขั้นตอนการเขียนแบบภาพร่าง 2 มิติและ 3 มิติ และยกตัวอยางการ เขียนแบบภาพร่างซึนงานที่มีควม สมบูรณและถูกตองตามหลักการเขียน แบบ พรอมกับเนนย่าวาสงาคัญในการ เขียนแบบภาพร่าง คือ การระบุขนาด ของซึนงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช และ ควรกระตุนให้สมาชิกภายในกรุมร่วมนกัน สับคัน ออกแบบ และวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสียของแบบร่างเพอร่วมนกันตัดสินใจ เลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมา สร้างซึนงาน</p>
	<p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 1</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 2</p> <p>วงจรถอบปฏิบัติกาที่ 3</p>	<p>สร้างสรรคและนวตกรรม</p>	<p>ครูตองมืการทบทวนควมรูบองตน เกยวกับขั้นตอนการเขียนแบบภาพร่าง 2 มิติและ 3 มิติ และยกตัวอยางการ เขียนแบบภาพร่างซึนงานที่มีควม สมบูรณและถูกตองตามหลักการเขียน แบบ พรอมกับเนนย่าวาสงาคัญในการ เขียนแบบภาพร่าง คือ การระบุขนาด ของซึนงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช และ ควรกระตุนให้สมาชิกภายในกรุมร่วมนกัน สับคัน ออกแบบ และวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสียของแบบร่างเพอร่วมนกันตัดสินใจ เลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมา สร้างซึนงาน</p>

ตาราง 13 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	
ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม
วจนรปฏิบัติการที่ 1	วจนรปฏิบัติการที่ 3
<p>4. ขั้ววางแผน และดำเินการ แก้ปัญหา</p> <p>- นักเรียนส่วนใหญ่มั สามารถวางแผนและ เขียนลำดับขั้นตอนการ ดำเนินงานในการสร้าง เงื่อนไขที่ชัดเจนได้ นักเรียนบางกลุ่มไม่ สามารถสร้างตามแบบที่ เขียนไว้ มีการ ปรับเปลี่ยนชิ้นงาน หลังจากสร้างในตอน แรก</p>	<p>- ในการดำเินการสร้าง ย่อยกลุ่มนักเรียนแต่ละ กลุ่มส่วนใหญ่เลือกรูปแบบ การสร้างย่อยกลุ่ปลาเพื่อน แรงที่เหมือนกัน จึงทำให้ ชิ้นงานไม่มีความ หลากหลาย นักเรียนบาง กลุ่มไม่สามารถสร้างตาม แบบที่เขียนไว้ มีการ ปรับเปลี่ยนชิ้นงาน หลังจากสร้างในตอนแรก เช่นมีการปรับรูปแบบ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ใน การสร้างแต่ละส่วนของ ตุ๊กตา</p> <p>หลังจากสร้างในตอนแรก</p>
	<p>ในการวางแผนสร้างชิ้นงาน ครูต้องใ้ นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้าง ชิ้นงานอย่างละเอียดโดยอาจเขียน ภาพประกอบตามลำดับขั้นตอนการ สร้างชิ้นงานเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ มากยิ่งขึ้น จากนั้นนำมาให้ครูตรวจสอบ เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ก่อนที่จะ สร้างชิ้นงาน นอกจากนี้ ครูต้องติดตาม ดูแลเป็นระยะ หากไม่บรรลุเป้าหมาย จึง คอยให้คำแนะนำ หากชิ้นงานมีรูปแบบ ที่คล้ายคลึงกัน ครูควรควรให้นักเรียน เพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงานให้มีจุดเด่น ที่แตกต่างจากเพื่อน</p>

ตาราง 13 (ต่อ)

		ปัญหาที่พบ/สาเหตุ			แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม		
		วงจรถอบปฏิบัติที่ 1		วงจรถอบปฏิบัติที่ 2		วงจรถอบปฏิบัติที่ 3	
ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้		วงจรถอบปฏิบัติที่ 1		วงจรถอบปฏิบัติที่ 2		วงจรถอบปฏิบัติที่ 3	
5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน		<p>- ในขั้นของการทดสอบ ชิ้นงานหรือโครงสร้างชิ้น หน้าชั้นเรียน มีนักเรียนบาง กลุ่มไม่สนใจการทดสอบ ชิ้นงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ เนื่องจากนักเรียนให้ความ สนใจในการปรับปรุงชิ้นงาน ภายในกลุ่มของตนเอง</p> <p>นักเรียนบางคนสร้างชิ้น งานที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือไม่ได้ใจความ ของโจทย์ที่กำหนด</p>	<p>- ในการทดสอบชิ้นงาน ยุคปลายนักเรียนบางกลุ่ม ไม่ได้มีการเชื่อมโยง แนวคิดที่ได้จากการ ทดลองเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัว แปรในการจัดวางตำแหน่ง จุดหมุน จุดแขวนสวิง และ จุดที่ออกแรงยกโยปลา ใหม่</p> <p>นักเรียนบางคนยังไม่ เข้าใจการทดสอบ ชิ้นงานที่เพื่อนกลุ่ม อื่นกำลังทำ</p>	<p>- ในการทดสอบชิ้นงาน ยุคต้นนักเรียนบางคน ยังไม่เข้าใจขั้นตอนการ ทดลองเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างตัว แปรในการจัดวางตำแหน่ง จุดแขวนสวิง และ จุดที่ออกแรงยกโยปลา ใหม่</p> <p>นักเรียนบางคนยังไม่ เข้าใจการทดสอบ ชิ้นงานที่เพื่อนกลุ่ม อื่นกำลังทำ</p>	<p>ในขั้นการทดสอบชิ้นงานครูควรอธิบาย ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน และชี้แจง รายละเอียดการประเมินชิ้นงานให้ ชัดเจน และต้องคอยควบคุมในเรื่อง ความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบให้ เป็นไปตามมาตรฐานที่ทุกคนยอมรับ และให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการ สะท้อนผลและประเมินและตัดสิน ผลงานของตนเองเพื่อระบุจุดเด่น-จุด ด้อยในชิ้นงานของตนเอง และเสนอแนะ แนวทางแก้ไขในการปรับปรุงชิ้นงานให้ บรรลุตามเกณฑ์เงื่อนไขสถานการณ์ที่ กำหนด</p>		



ตาราง 13 (ต่อ)

ปัญหาที่พบ/สาเหตุ		แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	วงจรถูกปฏิบัติที่ 1	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3
6. ชื่นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	<p>- ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ชิ้นงานโครงสร้าง เื่อนนักเรียนบางกลุ่มไม่มี การจัดลำดับความสำคัญ ของเนื้อหาในการนำเสนอ ทำให้เกิดการพูดติดขัดใน ระหว่างการนำเสนอ</p> <p>นักเรียนบางกลุ่มสามารถ นำเสนอแนวคิดในการ ออกแบบชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สะท้อนถึงความเข้าใจ ในการประยุกต์ใช้ความรู้</p>	<p>- ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา ชิ้นงานที่ยังขยอกปลา มีนักเรียนบางกลุ่มที่สามารถนำเสนอแนวคิดในการออกแบบชิ้นงานได้ แต่ยังไม่สะท้อนถึง ความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากการ รวบรวมข้อมูล และไม่ คำนึงถึงความรู้และแนวคิดหลักที่ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงาน</p>	<p>- ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงานตุ๊กตาล้มลุกมี นักเรียนบางกลุ่มที่ยังขาด การจัดลำดับความสำคัญ ของเนื้อหาในการนำเสนอ ทำให้ขาดประเด็นในการ นำเสนอที่สำคัญไป เช่น ปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางในการแก้ปัญหา ผลของการแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้น แนวทางในการรวบรวมข้อมูล และไม่ การแก้ปัญหาที่ชัดเจน และแนวคิดสำคัญในการ ออกแบบชิ้นงาน</p>

## ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

หลังจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งหมด 6 ขั้นตอน โดยแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นประเมินโดยดูทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ได้แก่

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง
2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง โดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัยซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

โดยเมื่อทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์รูบรีคส์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

พฤติกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. การสร้างความคิด	3.00	2.00	66.67
2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด	2.00	1.00	50.00
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	2.00	0.75	37.50
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	3.00	2.25	75.00
5. การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	7.00	3.75	53.57
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง	3.00	1.75	58.33

จากตาราง 14 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 58.33 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 53.57 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 37.50 ของคะแนนเต็ม

ตาราง 15 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

พฤติกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. การสร้างความคิด	3.00	2.25	75.00
2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด	2.00	1.25	62.50
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	2.00	1.00	50.00
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	3.00	2.50	83.33
5. การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	7.00	4.75	67.85
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง	3.00	2.00	66.67

จากตาราง 15 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ

67.85 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม

**ตาราง 16 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3**

พฤติกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
1. การสร้างความคิด	3.00	2.50	83.33
2. การออกแบบและปรับแต่งความคิด	2.00	1.50	75.00
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	2.00	1.25	62.50
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	3.00	2.75	91.67
5. การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	7.00	5.00	71.42
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง	3.00	2.25	75.00

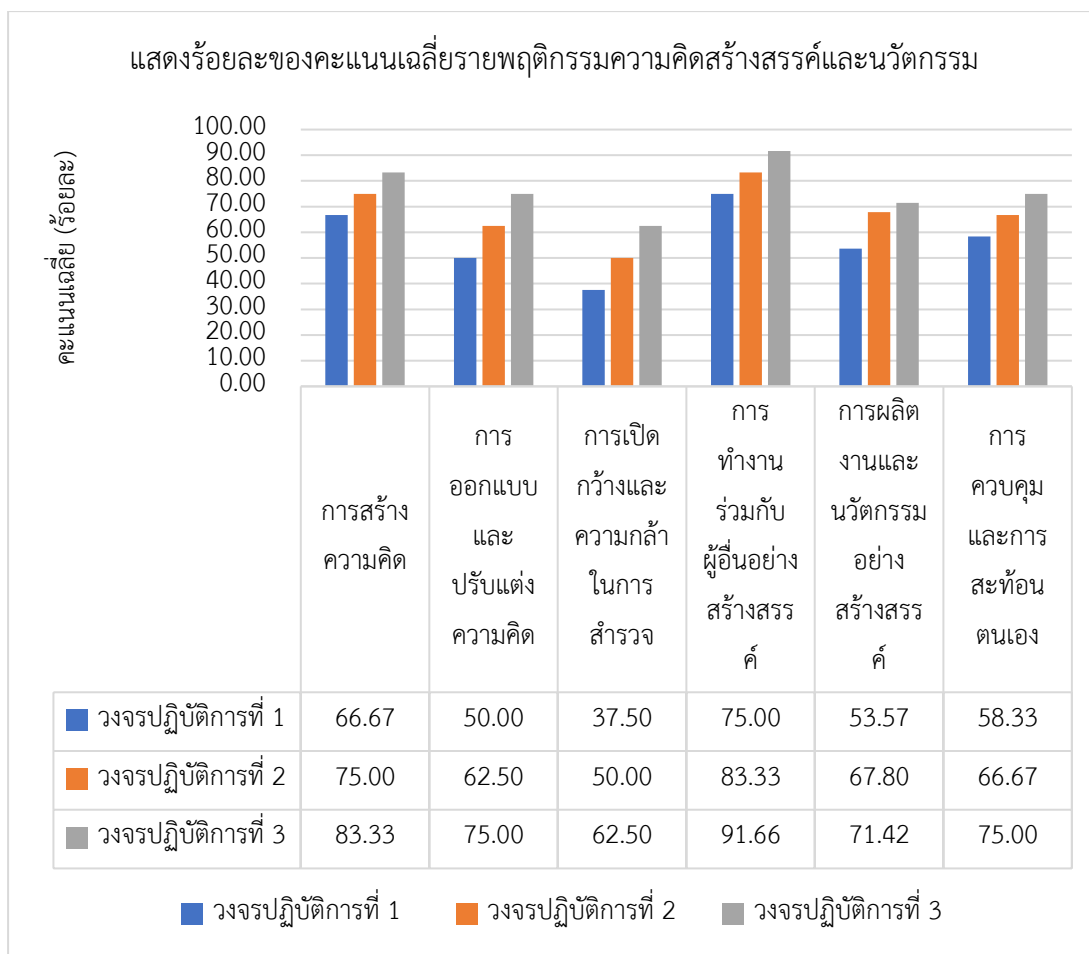
จากตาราง 16 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 91.67 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.42 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม

หลังจากการจัดการเรียนรู้ แยกคะแนนการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการเป็นรายกลุ่ม แสดงผลดังตาราง 17

ตาราง 17 แสดงผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมใน 6 พฤติกรรมทั้ง 3 วงจร  
ปฏิบัติการแบ่งรายกลุ่ม

พฤติกรรม	กลุ่มที่ 1			กลุ่มที่ 2			กลุ่มที่ 3			กลุ่มที่ 4		
	วงจรที่			วงจรที่			วงจรที่			วงจรที่		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	1	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2
2. การออกแบบและการ ปรับแต่งความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1
3. การเปิดกว้างและความกล้า ในการสำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	1	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3
5. การผลิตงานและนวัตกรรม อย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)	3	4	4	4	5	5	4	5	6	4	5	5
6. การควบคุมและการสะท้อน ตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2
<b>รวม</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

จากตารางที่ 17 พบว่านักเรียนทุกกลุ่มมีแนวโน้มคะแนนรวมทุกพฤติกรรมเพิ่มขึ้น โดยนักเรียนกลุ่มที่ 1 มีคะแนนรวม 12 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนกลุ่มที่ 2 มีคะแนนรวม 16 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนกลุ่มที่ 3 มีคะแนนรวม 19 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนน นักเรียนกลุ่มที่ 4 มีคะแนนรวม 14 คะแนนจากคะแนนเต็ม 20 คะแนนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จากการศึกษาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการจะเห็นแนวโน้มในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังภาพ 1



ภาพ 1 แสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรายพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จากภาพที่ 1 แสดงแนวโน้มในแต่ละวงจรที่มีคะแนนพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพิ่มขึ้นตามวงจรปฏิบัติการ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่สูงขึ้น เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีความสอดคล้องกับคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากการประเมินในใบกิจกรรมหลังการจัดการเรียนรู้

นอกจากนี้การศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล หลังจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นประเมินโดยดูทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลักในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 58.33 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 53.57 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 37.50 ของคะแนนเต็ม

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 67.85 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด ได้แก่ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 91.67 ของคะแนนเต็ม การสร้างความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม การออกแบบและปรับแต่งความคิดมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การควบคุมและการสะท้อนตนเองมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม การผลิตงานและนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.42 ของคะแนนเต็ม การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรมโดยพฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุดคือ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ในทุกวงจรปฏิบัติการ และพฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุดได้แก่การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

โดยคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากใบกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ ต้องมีการระบุเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่ครบถ้วน มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง ตัวอย่างเช่น ในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน มีการกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนสร้างยกปลาพ่อนแรง นักเรียนสามารถระบุปัญหา และสรุปเป็นความคิดเห็นกลุ่ม รวมถึงสามารถระบุเงื่อนไข และข้อจำกัดในการสร้างชิ้นงานได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ได้แก่ ยกปลาที่สร้างขึ้นจะต้องมีความแปลกใหม่ มีรูปแบบแตกต่างจากยกทั่วไป พ่อนแรงในการยก สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ ความยาวของคานไม่เกิน 60 เซนติเมตร ราคาประหยัด และทนทานต่อการใช้งานแสดงได้ดังตัวอย่างคำตอบภาพ 2

**ตอนที่ 1 ระบุปัญหาจากสถานการณ์**

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหา หรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง  
สมาชิกคนที่ 1 (หัวหน้าทีม) ระบุว่า... หาวัสดุในชั้นที่ 3 วัสดุราคา

.....

สมาชิกคนที่ 2 (นักออกแบบ) ระบุว่า... ถ้าใช้วัสดุทั้งหมดแล้ว ไม่สามารถซื้ออาหารได้

.....

สมาชิกคนที่ 3 (นักวิศวกร) ระบุว่า... หาไม้ยาวสอง จี. ต้องหาวัสดุกันเอง

.....

สมาชิกคนที่ 4 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า... ถ้าใช้ ไม้แล้ว ไม้ยาวเกินไป วัสดุยกปลาขึ้นใน แต่ละห้อง

.....

สมาชิกคนที่ 5 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า... หาไม้ใหม่ สามารถ เปลี่ยนของวัสดุยกปลาได้

.....

**สรุปรวมกลุ่ม** ในชั้นที่ 3 วัสดุราคา ไม้ยาวเกินไป วัสดุยกปลาขึ้นใน แต่ละห้อง  
นำคาน 20 ซม. ไม้ยาว 2 เมตร ไม้ยาว 1 เมตร ยกปลา

.....

2. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง

1) ใช้ไม้ที่แข็งแรงช่วยกันออกแบบ

.....

2) ยกปลาที่ใช้ประโยชน์ในการยกของ

.....

3) สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้

.....

4) วัสดุยกปลาต่างไม่เกิน 60 ซม.

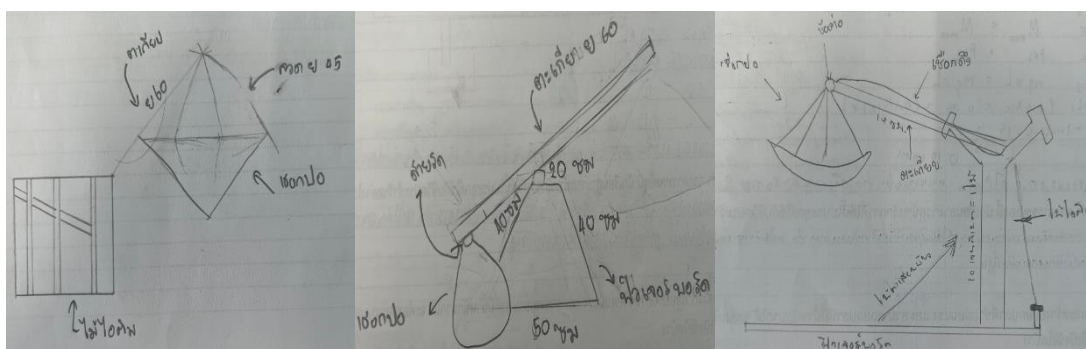
.....

ภาพ 2 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการสร้างความคิดของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 2 จะเห็นได้ว่า สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนช่วยกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้แตกต่างกัน และสามารถสรุปเป็นความคิดเห็นกลุ่ม รวมถึงสามารถระบุเงื่อนไข และข้อจำกัดในการสร้างชิ้นงานได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์



2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ และการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ตัวอย่างเช่น ในใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ตอนที่ 3 การเขียนแบบภาพร่างชิ้นงาน นักเรียนสามารถทำการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ และมีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน แสดงดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการออกแบบและการปรับแต่งความคิดของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 3 แสดงการออกแบบและการปรับแต่งความคิดของนักเรียน ทุกกลุ่มจะมีการออกแบบและเขียนภาพร่าง 3 แบบตามที่กำหนด ในการเขียนแบบ บางกลุ่มมีการระบุรายละเอียดของขนาดและวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานที่ชัดเจน บางกลุ่มมีการระบุรายละเอียดของขนาดและวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างชิ้นงานอย่างชัดเจนแต่ไม่ครบทุกแบบที่ได้ออกแบบไว้ และบางกลุ่มมีเพียงการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เพียงอย่างเดียวไม่ได้ระบุขนาดขนาดของชิ้นงาน

3. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสรุปความคิดของสมาชิกภายในกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดเห็นของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนักเรียนมีการบันทึกการระดมสมองของสมาชิกทุกคนภายในกระดาษโดยแสดงตัวอย่างการระดมสมองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ดังนี้

นักเรียนคนที่ 1 : เราใช้ฟิวเจอร์บอร์ดทำเป็นฐานล่างสุดเอาไว้ตั้งคานดีไหม

นักเรียนคนที่ 2 : ก็ได้เนาะ จะได้วางบนพื้นเรียบได้เวลาทดสอบ แต่ว่าฐานก็ต้องทำให้มันหนา  
นะ ถ้าฐานเบาเวลาใส่ปลาแล้วออกแรงกดคาน ฐานมันจะลอยได้ อาจจะ  
ต้องหาอะไรมายึดติดหรือทำให้ฐานมันหนัก อาจจะใช้ไม้อัดมิก่อให้สูงบน  
ฟิวเจอร์บอร์ดอีกที

นักเรียนคนที่ 3 : แล้วคานจะออกแบบยังไง เอาแบบนี้ไหมแกเคยเห็นง่ามยิงหนังสติ๊กปะ เรา  
ว่าน่าจะทำเป็นคานได้นะ

นักเรียนคนที่ 2 : มันก็พอได้อยู่ แต่ว่าถ้ามันมีแฉ่งแฉมเดียวมันจะรับแรงได้มากป่าว อีกอย่าง  
น่าจะออกแบบคานให้ฐานมันกว้าง

นักเรียนคนที่ 4 : งั้นเราทำเป็นง่าม 2 อันไหม แล้วก็ไม้ตะเกียบมัดตรงกลางวางพาด  
ระหว่างง่าม 2 อัน แล้วเอาคานที่ทำจากตะเกียบมามัดด้วยยางหนังสติ๊ก  
กับง่าม น่าจะได้อยู่

นักเรียนคนที่ 1 : เห็นด้วยนะ ส่วนสวิงใส่ปลาอะ เราต้องทำให้มันมีน้ำหนักเบา คิดว่าน่าจะ  
ต้องใช้การสาน

นักเรียนคนที่ 3 : โอเค เดี่ยวเราสานให้ เคยถักกระเป๋ากัดบมาก่อนน่าจะไมยาก แต่ว่าจะ  
สานจากอะไรดี เชือกปอ หรือหลอดดี ลวดไม่น่าจะได้เพราะมันแข็ง

นักเรียนคนที่ 4 : เชือกปอน่าจะดีกว่า เพราะมันฉีกแบ่งเป็นเส้นเล็กๆได้ แต่แกต้องสานให้มัน  
ห่างๆกันหน่อยนะเหมือนตาข่ายอะ เอาให้ใส่ปลาได้หลายๆตัว ความกว้างก็  
น่าจะประมาณแผ่น A4

นักเรียนคนที่ 2 : สวิงใส่ปลาได้และ ทีนี้ถ้าจะเอาสวิงยึดกับคานมันจะต้องอยู่ใกล้จุดหมุนนะ  
จะได้ผ่อนแรงในการยก ส่วนคานยกก็ต้องยาวหน่อย ถ้าตามเงื่อนไขก็ห้าม  
เกิน 60 เซนติเมตร

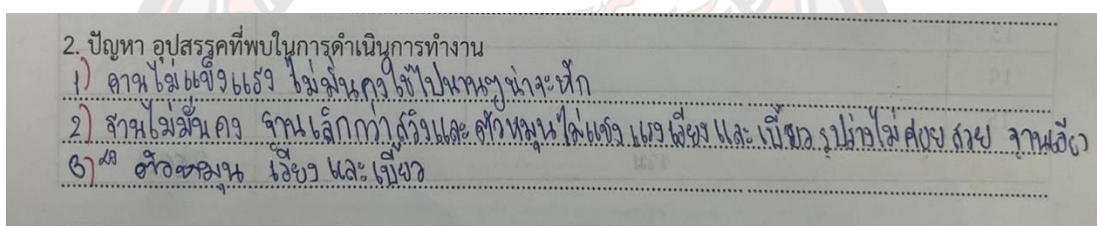
นักเรียนคนที่ 1 : เราว่าน่าจะใช้สายรัดหนวดกุ้งยึดสวิงกับคานดีไหม เวลาปลาน้ำหนักมากๆ  
สวิงจะได้ไม่ขาด เพราะสายรัดหนวดกุ้งเหนียว น่าจะเอาอยู่

นักเรียนคนที่ 2 : โอเคจ้ะตามนี้ เดี่ยวแบ่งงานกันเลยละกัน ใครจะทำฐาน ใครจะทำคาน  
ใครจะทำสวิง

ที่มา : แบบบันทึกการระดมสมองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 , 21 กุมภาพันธ์ 2565

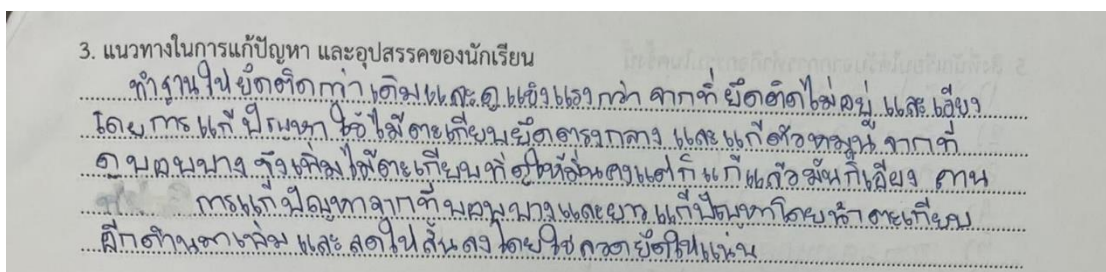
จากตัวอย่างการบันทึกการระดมสมองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 พบว่านักเรียนมีการวิเคราะห์ความต้องการของชาวบ้านจากที่ระบุว่า สวิงใส่ปลาต้องทำให้มีน้ำหนักเบา และใส่ปลาได้หลายๆตัว มีการเพิ่มเติมต่อยอดความคิดของสมาชิกในกลุ่มให้ดียิ่งขึ้น และมีการให้เหตุผลเมื่อไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่นๆ มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แสดงให้เห็นว่าสมาชิกภายในกลุ่มมีการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์

4. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง มีการระบุปัญหาอุปสรรคที่พบในระหว่างการทำชิ้นงานสร้างชิ้นงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงชิ้นงานดังกล่าว มีการประเมินความสำเร็จของตนเองในการสร้างและทดสอบชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงดังภาพ 4



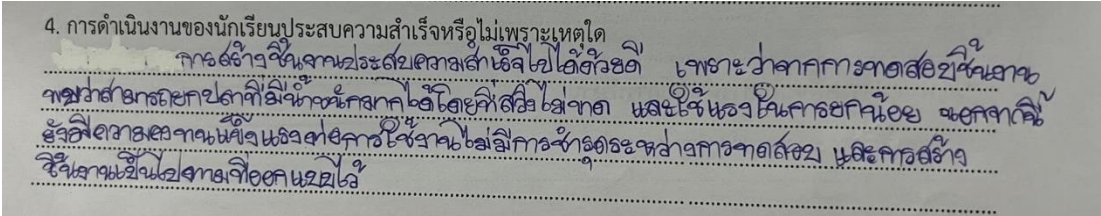
ภาพ 4 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 4 นักเรียนมีการระบุถึงปัญหา อุปสรรคที่พบในการดำเนินการของตนเอง คือ คานที่นักเรียนสร้างมีความไม่มั่นคงแข็งแรง และใช้ไปนานๆอาจจะหักได้ ฐานเล็กกว่าสวิง และตัวหมุนมีลักษณะเอียง รูปร่างไม่ค่อยสวย



ภาพ 5 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 5 นักเรียนมีการระบุถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงชิ้นงาน นักเรียนมีการแก้ไขปัญหาโดยการปรับปรุงฐานให้ยึดติดมากกว่าเดิมโดยการใช้ไม้ตะเกียบยึดตรงกลาง และแก้ไขคานที่ดูบอบบางโดยการเพิ่มไม้ตะเกียบและใช้ลวดยึดให้แน่น



ภาพ 6 แสดงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 6 นักเรียนมีการประเมินความสำเร็จของตนเองในการสร้างและทดสอบชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมระบุเหตุผลประกอบได้ครบถ้วน โดยระบุถึงเงื่อนไขข้อกำหนดต่างๆจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนมีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ ดังภาพ 7

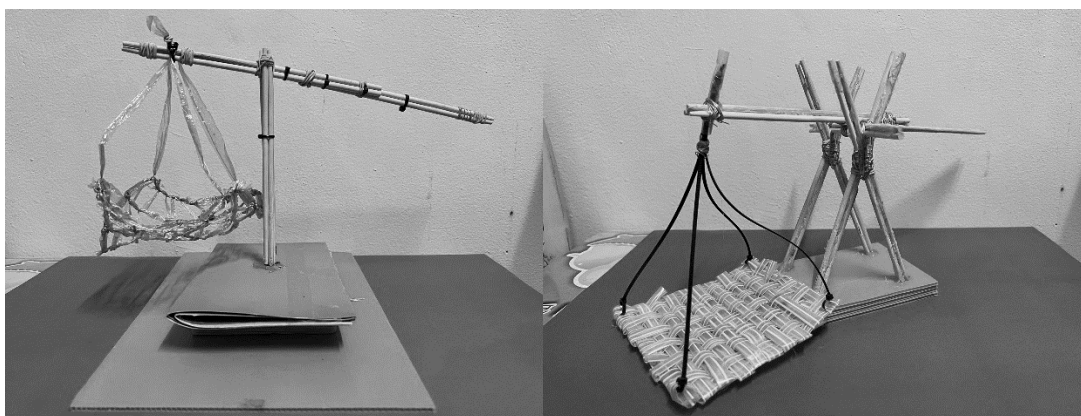
ตอนที่ 5 สร้าง ทดสอบ และปรับปรุงยอยกปลา

ให้นักเรียนดำเนินการสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงยอยกปลาให้เป็นไปตามข้อกำหนด และตอบคำถามต่อไปนี้

- ให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้างยอยกปลาตามที่นักเรียนออกแบบไว้โดยละเอียด
  1. ใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  2. สอดปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลาเข้าไปในรูของปลา
  3. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  4. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  5. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  6. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  7. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา
  8. ใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา และใช้ปากคีบจับปลายลวดที่ติดอยู่กับโครงกระดูกปลา

ภาพ 7 แสดงการเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 7 นักเรียนมีการเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานอย่างละเอียด มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถเข้าใจได้ง่าย มีการระบุขนาดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง จนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด และมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ ดังภาพ 8



ภาพ 8 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานย่อยกปลาอ่อนแรง (ใบกิจกรรมที่ 2 , 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 8 นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามรูปแบบภาพร่างที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งผลการทดสอบชิ้นงานบรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ และนักเรียนมีการปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพการใช้งานได้ดีกว่าเดิมจากการให้คำแนะนำจากครู และเพื่อนร่วมชั้นเรียน

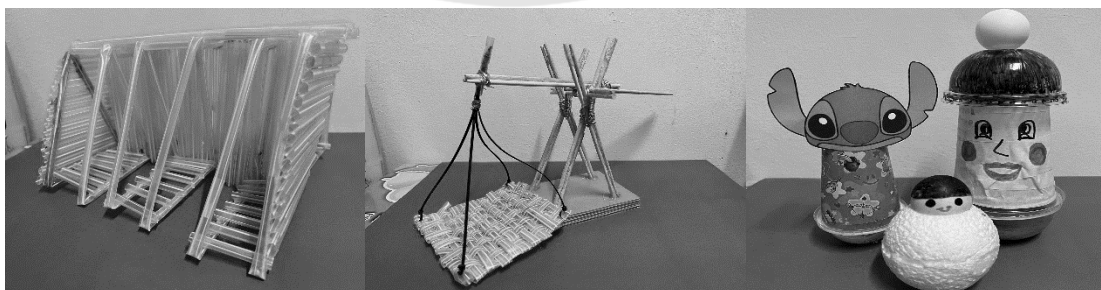
นอกจากแหล่งข้อมูลที่ได้มาจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากใบกิจกรรมตามระดับพฤติกรรมในระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ทำการประเมินชิ้นงานนักเรียนหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการด้วยการใช้แบบประเมินชิ้นงาน และเมื่อพิจารณาผลการประเมินชิ้นงานที่สอดคล้องกับพฤติกรรมทั้ง 6 ที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า

1. การประเมินชิ้นงานด้านการประยุกต์ใช้ความรู้ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการสร้างความคิด พบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังไม่คำนึงถึงการนำองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาใช้ และนำมาใช้ได้ถูกต้องเพียง 1-2 องค์ความรู้เท่านั้นในการออกแบบชิ้นงาน เมื่อมีการเน้นย้ำ และมีการกำหนดให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานให้ชัดเจนขึ้นในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนจึงคำนึงถึงการใช้องค์ความรู้ในเรื่องสมดุกลมากขึ้น การสร้างความคิดมีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ มีการระบุเงื่อนไข และสามารถทำการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิด ดังภาพ 9



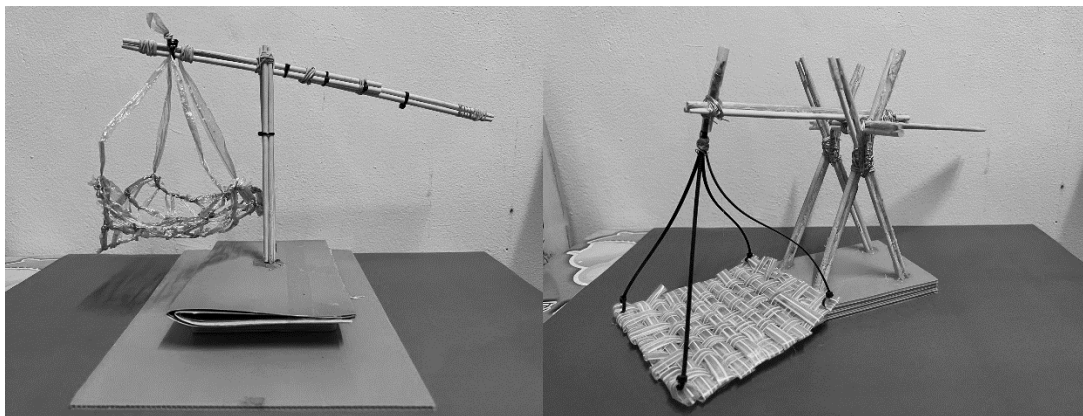
ภาพ 9 แสดงกิจกรรมการระดมสมองของนักเรียนในการออกแบบชิ้นงาน

2. การประเมินชิ้นงานด้านผลงาน ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมกรออกแบบและการปรับแต่งความคิด พบว่า นักเรียนสามารถออกแบบชิ้นงานได้สอดคล้องกับปัญหาหรือตอบสนองต่อความต้องการได้เป็นส่วนใหญ่ และพัฒนาได้ครบถ้วน นักเรียนทุกกลุ่มจะได้ทำการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ และมีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานออกแบบ ของนักเรียนที่มีการพัฒนา ดังภาพ 10



ภาพ 10 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานออกแบบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

3. การประเมินชิ้นงานด้านความคิดสร้างสรรค์ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเปิดกว้าง และความกล้าในการสำรวจ พบว่า ในการสร้างต้นแบบนักเรียนยังมีการสร้างจากตัวอย่างที่นักเรียนสนใจ นักเรียนยังไม่กล้าที่จะสร้างหรือทำให้แตกต่างมากนัก ดังภาพ 11



ภาพ 11 แสดงภาพตัวอย่างชิ้นงานย่อยกปลาอ่อนแรงที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

4. การประเมินชิ้นงานด้านการทำงานเป็นทีม ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์พบว่า เนื่องจากในทุกขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม มีการระดมสมอง การสร้างความคิด ออกแบบและร่วมกันสร้างชิ้นงาน นักเรียนทุกคนมีความคุ้นเคยกัน ทำให้ช่วยเหลือกัน และยอมรับความคิดเห็นของทุกคน ดังภาพ 12



ภาพ 12 แสดงพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียน

5. การประเมินชิ้นงานด้านการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์พบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีการระบุนรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้

ออกแบบไว้ ชำนาญเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จดังภาพ 13



ภาพ 13 แสดงพฤติกรรมด้านการใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบในการสร้างชิ้นงาน

6. การประเมินชิ้นงานด้านการนำเสนอ ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมควบคุมและการสะท้อนตนเองพบว่า ในขั้นนี้นักเรียนได้พัฒนาขึ้นตามลำดับเนื่องจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทุกคนได้แสดงความคิดเห็น ได้ปรึกษาจนได้ข้อสรุป และเกิดความมั่นใจในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน จึงกล้านำเสนอแนวคิดของตนเองมากขึ้น ดังภาพ 14

### ขอยกปลาอันแรง "น้องโยกโยก"

**แรงบันดาลใจ**  
สร้างแบบจำลองขอยกปลา ใช้ความคิดสร้างสรรค์ ใช้ทักษะที่เรียนมาให้เข้าใจ และเกิดประโยชน์

**ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน**

1. จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์
2. คัดผิวจอร์จอร์คเป็นฐาน
3. สร้างฐานรองความจากไม้ไผ่คิมและตะกั่ว
4. ติดคานกับตัวฐาน
5. สานสวิงจากเชือกปอ
6. เอาสวิงที่สานได้มาติดกับคาน
7. ทดลองรับน้ำหนัก

**วัสดุที่ใช้**

1. ทรูอิโธ
2. ไม้จอร์จอร์ค
3. ไม้ไผ่คิม
4. ตะกั่ว
5. สายรัด
6. เป็ดขาว
7. ราวแกว
8. ตะกั่ว
9. กล้วย
10. เชือกปอ

**ราคาเสนอขาย**  
**199 B**

### ตุ๊กตาล้มลุก Rocking doll "น้องก๊งๆ"

**วัสดุที่ใช้**

1. โฟม
2. อนุบาลิน
3. แก้วน้ำ
4. ทรายตากแห้ง

**จุดเด่นของชิ้นงาน**

- การตกแต่งที่แปลก แตกต่าง
- การสร้างฐานตุ๊กตาล้มลุกจากครึ่งวงกลมของโฟม

**แรงบันดาลใจ**

ตุ๊กตาล้มลุกที่เปรียบเสมือนชีวิตของคน เมื่อล้มแล้ว สามารถลุกขึ้นมาใหม่ได้

**ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน**

1. ตัดโฟมเป็นครึ่งวงกลม
2. กว้านผิวด้วยกระดาษทราย
3. ตัดปากแก้วและตุ๊กตาหัวออก
4. นำโฟมที่ถ่วงน้ำหนักแล้วประกอบกับแก้วที่ตัดไว้
5. ตกแต่งชิ้นงาน

**ราคาเสนอขาย**  
**195 บาท**

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างภาพโปสเตอร์การนำเสนอผลงานในวงจรปฏิบัติการ 2 และ 3



## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยเรื่อง “การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยมีจุดมุ่งหมายของการศึกษา คือ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล 2) เพื่อศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 24 คน รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจำนวน 3 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง 2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) แบบประเมินชิ้นงาน 4) ใบกิจกรรม และ 5) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อสรุปผลการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และผลการศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล

วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ มีการดำเนินงานในระหว่างวันที่ 14-28 กุมภาพันธ์ 2565 ดังนี้

1. จัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลกล วงจรปฏิบัติการที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อกรหมุน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้
3. สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนจากการทำใบกิจกรรม และการออกแบบสร้างชิ้นงาน โดยทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และประเมินชิ้นงานของนักเรียนในการระหว่างการจัดการเรียนรู้

4. นำข้อมูลมาสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป โดยมีการสะท้อนผลจากครูผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมสังเกตชั้นเรียน

5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยเพื่อตอบคำถามวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อสรุปผลการศึกษานวทางในการทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และผลการศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

### สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาลักษณะแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยตามคำถามวิจัยได้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ควร มีแนวทางอย่างไร**

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา

ในขั้นนี้ก่อนนำเข้าสู่สถานการณ์ครูต้องสร้างความตระหนัก แรงจูงใจ และทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของปัญหาหรือความต้องการที่นักเรียนกำลังจะพบเจอในสถานการณ์ โดยควรเลือกใช้ข่าวหรือสถานการณ์ที่มีบริบทใกล้ตัวนักเรียน อาจเป็นบริบทในระดับท้องถิ่นที่นักเรียนอาศัยอยู่เกี่ยวกับเรื่อง สมดุลกล ตัวอย่างเช่น ข่าวสถานการณ์พ่นก้นน้ำแตก วัสดุอุปกรณ์หรือของเล่นที่อาศัยหลักการของคานและสมดุลกล เพื่อนำเข้าสู่สถานการณ์โดยตั้งคำถามนำอภิปรายร่วมกันผ่าน

แอปพลิเคชัน Mentimeter เพื่อให้นักเรียนทุกคนร่วมแสดงความคิดเห็น และสามารถระบุปัญหาได้อย่างหลากหลาย สถานการณ์ที่นำเสนอต้องมีความน่าสนใจ รู้สึกท้าทาย โดยในการนำเข้าสู่สถานการณ์อาจใช้เป็นคลิปวิดีโอสั้นๆซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่ง เพราะสามารถดึงความสนใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ในการกำหนดสถานการณ์ต้องใช้คำที่มีความสั้น กระชับ เข้าใจง่าย นักเรียนทุกคนสามารถอ่านแล้วแปลความหมายได้ตรงกัน หลังจากที่นักเรียนได้อ่านและวิเคราะห์สถานการณ์แล้ว ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันระดมสมองว่าสมาชิกทุกคนต้องนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง ร่วมกันการวิเคราะห์และสังเคราะห์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือนหรือแตกต่างกันเพื่อสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม ในการระบุความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ข้อกำหนด และข้อจำกัดต่างๆของสถานการณ์ลงในใบกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย

## ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ครูผู้สอนควรให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ข้อกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดจากบริบทของสถานการณ์ ผ่านการระดมสมองเพื่อรวบรวมแนวคิดพื้นฐานที่จะใช้ในการออกแบบว่าอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ โดยครูจะต้องออกแบบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ และสมาชิกทุกคนต้องมีส่วนร่วมและมีบทบาทหน้าที่ในการทำกิจกรรม เช่น ให้นักเรียนร่วมกันระดมสมองว่าสมาชิกทุกคนต้องนำเสนอความคิดเห็นของตนเอง ร่วมกันวิเคราะห์และสังเคราะห์ความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกที่มีความเหมือน หรือแตกต่างกันเพื่อสรุปความคิดเห็นของกลุ่ม โดยนักเรียนจะได้สืบค้นเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยดูว่ามีใครเคยทำมาก่อนหรือไม่ ทำอย่างไร ผลเป็นอย่างไร เราจะสามารถนำมาปรับใช้กับชิ้นงานของเราได้หรือไม่ บางครั้งอาจต้องไปปรึกษาผู้ที่มีความถนัดในด้านนั้นๆ หรือครูผู้สอนอาจจะมีการออกแบบกิจกรรมการทดลองที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดสำคัญในการพัฒนาและออกแบบชิ้นงาน เพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและมีการอภิปรายผลการทดลองร่วมกันจนได้ข้อสรุปแนวคิดที่สำคัญ และหลักการนำไปสู่การออกแบบชิ้นงาน และประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงานให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และเงื่อนไขของสถานการณ์ที่กำหนด นอกจากนี้ครูจะต้องมีการตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการรวบรวมข้อมูลเพื่อดูว่าเพียงพอที่จะไปใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานให้บรรลุตามเกณฑ์ได้หรือไม่

### ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ออกแบบชิ้นงานโดยพิจารณาจากความต้องการของกลุ่มเป้าหมายของสถานการณ์เป็นหลัก โดยครูผู้สอนควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนแบบของนักเรียนในรายวิชางานช่างว่าเรียนอะไรมาบ้าง นักเรียนเคยเขียนแบบอะไรมาบ้าง ลักษณะเป็นอย่างไร ขั้นตอนการเขียนภาพร่างมีขั้นตอนอย่างไร จากนั้นครูต้องทบทวนความรู้เดิมโดยอธิบายการเขียนแบบภาพร่าง 2 มิติ และ 3 มิติ พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการเขียนแบบภาพร่างชิ้นงานให้นักเรียนดู และเน้นย้ำถึงองค์ประกอบที่สำคัญในการเขียนแบบภาพร่าง คือ ต้องมีการระบุขนาดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน โดยครูจะต้องระบุคำสั่งลงในใบกิจกรรมให้ชัดเจนโดยอาจเพิ่มหัวข้อวัสดุอุปกรณ์ลงในกรอบสำหรับการเขียนแบบในใบกิจกรรม พร้อมชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่างให้ชัดเจน นอกจากนี้ควรกระตุ้นให้สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันสืบค้น และช่วยกันออกแบบภาพร่างชิ้นงานโดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ให้มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร มีการคำนวณต้นทุนการผลิต ความคงทนแข็งแรง และร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อดี-ข้อเสียของแบบร่างเพื่อร่วมกันตัดสินใจเลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างชิ้นงาน โดยต้องสามารถระบุเหตุผลในการเลือกแบบที่นำไปใช้ได้ว่าคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง นอกจากนี้ครูควรมีการตรวจแบบภาพร่างก่อนให้นักเรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างชิ้นงาน

### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนได้วางแผนขั้นตอนการดำเนินการว่าตนเองต้องทำอะไรก่อนหลังเพื่อเป็นแนวทางในการทำงานของนักเรียน เป็นการฝึกให้รู้จักการวางแผนปฏิบัติการโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ โดยครูควรอธิบายและชี้แจงถึงแนวทางในการวางแผนการดำเนินงานรวมถึงการกำหนดบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มให้ชัดเจนเพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมาย จากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันวางแผนและกำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงาน โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินการของตนเองอย่างละเอียดโดยอาจให้นักเรียนเขียนภาพประกอบตามลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงานเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจมากยิ่งขึ้น และสามารถปฏิบัติตามจริงตามขั้นตอน จากนั้นนำมาให้ครูตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ก่อนที่จะสร้างชิ้นงานจริง นอกจากนี้ครูผู้สอนต้องติดตามดูแลเป็นระยะๆ หากไม่บรรลุเป้าหมายในการสร้างชิ้นงานจึงคอยให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด หากชิ้นงานของนักเรียนมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ครูผู้สอนควรควรให้นักเรียนตกแต่งชิ้นงานเพิ่มเติม หรือเพิ่มความซับซ้อนของชิ้นงานให้มีจุดเด่นที่แตกต่างจากเพื่อน ครูผู้สอนต้องให้นักเรียนรายงานความคืบหน้าของงาน รวมทั้งปัญหาอุปสรรคที่นักเรียนพบระหว่างการสร้างชิ้นงาน หากมีการปรับเปลี่ยนแผนในการสร้าง ชิ้นงานต้องแจ้งให้ครูทราบก่อนดำเนินการทุกครั้ง

### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ นักเรียนต้องเลือกวิธีการทดสอบชิ้นงานที่มีความเหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่สถานการณ์กำหนด โดยการทดสอบชิ้นงานครูควรอธิบายขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน และชี้แจงรายละเอียดการประเมินชิ้นงานให้ชัดเจน และต้องคอยควบคุมในเรื่องความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ทุกคนยอมรับ และให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการสะท้อนผลและประเมินผลชิ้นงานของตนเอง เพื่อตัดสินผลงานของตนเอง อภิปรายจุดแข็ง และจุดอ่อนในชิ้นงานของตนเอง และเสนอแนะแนวทางแก้ไขในการปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเกณฑ์เงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด การปรับปรุงอาจมาจากนำข้อเสนอแนะของครู เพื่อนกลุ่มอื่น หรือสมาชิกภายในกลุ่ม

### ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยควรระบุประเด็นในการนำเสนอตั้งแต่สถานการณ์ปัญหาความต้องการเงื่อนไข การรวบรวมข้อมูล การวางแผนการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ และการประเมินผลเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน และให้นักเรียนอธิบายว่าการออกแบบชิ้นงานอยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างชิ้นงานนี้ ในระหว่างการดำเนินงานเกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างการสร้างชิ้นงานอย่างไร มีการปรับแก้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการหรือไม่ สิ่งสำคัญคือ นักเรียนจะต้องสามารถลงข้อสรุปได้ว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

**2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุล กล ได้หรือไม่ อย่างไร**

จากผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในแต่ละด้านเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยเรียงจากพฤติกรรมที่มีการพัฒนามากที่สุดไปหาพฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุด แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

**1. ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม และวงจร

ปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 91.67 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดเห็นของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยนักเรียนมีการบันทึกการระดมสมองของสมาชิกทุกคนภายในกระดาษจากตัวอย่างการบันทึกการระดมสมองของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มีการเพิ่มเติมต่อยอดความคิดของสมาชิกในกลุ่มให้ดียิ่งขึ้น และมีการให้เหตุผลเมื่อไม่เห็นด้วยกับความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่นๆ มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แสดงให้เห็นว่าสมาชิกภายในกลุ่มมีการทำงานร่วมกันอย่างสร้างสรรค์

**2. ด้านการสร้างความคิด** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการสร้างความคิดเพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม และวงจรปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้แตกต่างกัน และสามารถสรุปเป็นความคิดเห็นกลุ่ม มีการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ข้อกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดจากบริบทของสถานการณ์เพื่อรวบรวมแนวคิดพื้นฐานที่จะใช้ในการออกแบบว่าอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างชิ้นงานนี้ มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

**3. ด้านการควบคุมและสะท้อนตนเอง** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการควบคุมและสะท้อนตนเองเพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 58.33 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 66.67 ของคะแนนเต็ม และวงจรปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุปัญหาอุปสรรคที่พบในระหว่างการทำงานสร้างชิ้นงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงชิ้นงาน มีการประเมินความสำเร็จของตนเองในการสร้างและทดสอบชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถอภิปรายจุดแข็ง และจุดอ่อนในชิ้นงานของตนเอง และเสนอแนะแนวทางแก้ไขในการปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเกณฑ์เงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนดได้

**4. ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 53.57 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 67.85 ของคะแนนเต็ม และวงจรปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 71.42 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ นักเรียนสามารถระบุรายละเอียดเกี่ยวกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก สมาชิกภายในกลุ่มร่วมกันสืบค้น และช่วยกันออกแบบภาพร่างชิ้นงานโดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มีการคำนวณต้นทุนการผลิต ความคงทนแข็งแรง และร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อดี-ข้อเสียของแบบร่างเพื่อร่วมกันตัดสินใจเลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างชิ้นงาน มีการนำวัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

**5. ด้านการออกแบบและการปรับแต่งความคิด** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการออกแบบและการปรับแต่งความคิดเพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม และวงจรปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 75.00 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ นักเรียนสามารถทำการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ และบางกลุ่มมีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาดของชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานที่ชัดเจน แต่ก็มีบางกลุ่มไม่ได้รับขนาดของชิ้นงาน และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน นอกจากนี้สมาชิกภายในกลุ่มยังร่วมกันสืบค้น และช่วยกันออกแบบภาพร่างชิ้นงานโดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ให้มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร มีการคำนวณต้นทุนการผลิต ความคงทนแข็งแรง และร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อดี-ข้อเสียของแบบร่างเพื่อร่วมกันตัดสินใจเลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างชิ้นงาน แสดงถึงการออกแบบและการปรับแต่งความคิดของนักเรียน

**6. ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ** จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า นักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจเพิ่มสูงขึ้นตามวงจรปฏิบัติการที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของคะแนนเต็ม วงจรปฏิบัติการที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของคะแนนเต็ม และวงจร

ปฏิบัติการที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 62.50 ของคะแนนเต็ม ตามลำดับ กล่าวคือ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถทำการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ โดยชิ้นงานที่นักเรียนออกแบบส่วนใหญ่นั้นมีรูปแบบคล้ายคลึงกันทั้ง 3 รูปแบบบางกลุ่มมีการปรับปรุงและต่อยอดจากแบบเดิมเล็กน้อย ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ออกแบบชิ้นงานที่มีการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องคานและโมเมนต์ที่มีรูปแบบแตกต่างกันได้ 3 แบบ มีการเพิ่มความซับซ้อนและจุดเด่นของชิ้นงานตนเองให้แตกต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่นๆ และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถออกแบบที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ โดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มีการประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์รอบตัวมาใช้ในการสร้างชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ชิ้นงานมีความแปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง

จากที่ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ หลังจาการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบประเมินชิ้นงาน ซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรมแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการสร้างความคิด นักเรียนสามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ มีการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย และสามารถสรุปเป็นความคิดเห็นกลุ่มเพื่อนำไปสร้างชิ้นงานได้ 2) ด้านการออกแบบและการปรับแต่งความคิด นักเรียนสามารถทำการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ และเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาดของชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานที่ชัดเจน 3) ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ นักเรียนสามารถออกแบบที่แตกต่างกันจำนวน 3 แบบ ชิ้นงานมีความแปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง 4) ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความคิดเห็นของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างกันของสมาชิก เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน 5) ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถระบุรายละเอียดเกี่ยวกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ออกแบบภาพร่างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงาน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ และ 6) ด้านการควบคุมและสะท้อนตนเอง นักเรียนสามารถ



ระบุปัญหาอุปสรรคที่พบในระหว่างการทำงานสร้างชิ้นงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงชิ้นงาน มีการประเมินความสำเร็จของตนเองในการสร้างและทดสอบชิ้นงานตามเกณฑ์ที่กำหนด อย่างไรก็ตามพฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุดคือ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ในทุกวงจรปฏิบัติการ และพฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุดได้แก่การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

## อภิปรายผล

ผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

### 1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

**ขั้นระบุปัญหา** ครูต้องสร้างความตระหนัก แรงจูงใจ และทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของปัญหาหรือความต้องการที่นักเรียนกำลังจะพบเจอในสถานการณ์ มีการกำหนดเงื่อนไขชัดเจนเพื่อสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน นักเรียนจะได้วิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ ทำให้นักเรียนได้สร้างแนวคิดเพื่อนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายเป็นหนึ่งในพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิด สอดคล้องกับ จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ (2561) ที่กล่าวว่า ในการระบุปัญหาต้องสร้างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียนและสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา ซึ่งสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นนั้นจะส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ นำไปสู่การกำหนดเป้าหมายตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหาด้วยกัน

**ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา** นักเรียนต้องได้วิเคราะห์ถึงบริบทความต้องการเป้าหมาย ข้อจำกัดของสถานการณ์ผ่านการระดมสมอง สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยดูว่ามีใครเคยทำมาก่อนหรือไม่ ทำอย่างไร ผลเป็นอย่างไร เราจะสามารถนำมาปรับใช้กับชิ้นงานของเราได้หรือไม่ บางครั้งอาจต้องไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญหรือวิศวกรที่มีความถนัดในด้านนั้นๆ สอดคล้องกับ วิจารณ์ พานิช (2556) ที่กล่าวว่า การจะเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ต้องใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ชักชวนกันทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์ และประเมินมุมมองของตนเอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์

**ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา** ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ร่วมกันสืบค้น และช่วยกันออกแบบภาพร่างชิ้นงานที่หลากหลายโดยคำนึงถึงความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ให้มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร มีการคำนวณต้นทุนการผลิต ความคงทนแข็งแรง และร่วมกันวิเคราะห์ถึงข้อดี-ข้อเสียของแบบร่างเพื่อร่วมกันตัดสินใจเลือกแบบภาพร่างที่ดีที่สุดในการนำมาสร้างชิ้นงานโดยสามารถระบุเหตุผลในการเลือกแบบที่นำไปใช้ได้ว่าคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง สอดคล้อง สิริินภา กิจเกื้อกุล (2558) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานและมีทักษะในการออกแบบ และคิดหาวิธีแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง

**ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา** นักเรียนต้องได้วางแผนขั้นตอนการดำเนินการ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานของนักเรียน เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการวางแผนปฏิบัติการโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆไม่ว่าจะเป็นการกำหนดตารางระยะเวลาในการทำงานของกลุ่ม ภาระหน้าที่ของแต่ละบุคคล โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานของตนเองเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ และครูผู้สอนต้องตรวจสอบการวางแผนการดำเนินงานว่าใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ สอดคล้องกับ สุธิดา การมี(2560) ที่กล่าวว่า กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการทำงานที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา เข้าใจถึงกระบวนการที่ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่ของวิศวกร ที่ต้องมีการวางแผนการทำงาน การปรับปรุงแก้ไขการคิดค้นแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด

**ชั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน** นักเรียนต้องเลือกวิธีการทดสอบชิ้นงานที่มีความเหมาะสมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามที่สถานการณ์กำหนด มีส่วนร่วมในการสะท้อนผลและประเมินผลชิ้นงานของตนเอง เพื่อตัดสินใจผลงานของตนเอง อภิปรายจุดแข็ง และจุดอ่อนในชิ้นงานของตนเอง และเสนอแนะแนวทางแก้ไขในการปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุตามเกณฑ์เงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ วิจารณ์ พานิช (2556) ที่กล่าวว่า การเปิดใจยอมรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ๆทำได้โดยฟังข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่มเพื่อนำไปปรับปรุง

**ชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน** ในขั้นนี้นักเรียนจะได้นำเสนอชิ้นงาน และการแก้ไขชิ้นงานของตนเองอย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ อภิปรายจุดแข็ง และจุดอ่อนในชิ้นงานของตนเอง และได้ข้อเสนอนะเพื่อการพัฒนาต่อไป สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2559) ที่กล่าวว่าชั้นนำเสนอวิธีแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มทำการรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหา

โดยมีการรายงานและอภิปรายถึงข้อดีข้อด้อยของชิ้นงาน ความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

## 2. ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยเพิ่มทักษะต่างๆ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในระหว่างการดำเนินกิจกรรม โดยผู้เรียนมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยในแต่ละขั้นตอนจะเป็นการฝึกฝนผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมผ่านการทำความเข้าใจและวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ ศึกษาค้นคว้า และทำการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการระดมสมองออกแบบชิ้นงานให้มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร และสามารถใช้ประโยชน์หรือแก้ปัญหาได้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบชิ้นงาน นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเกิดจากการที่ผู้เรียนได้ฝึกเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ปัญหา สังเคราะห์จนนำไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรมของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ นัตยา หัสมินทร์ (2563 : 151) กล่าวว่า การจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีการนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาใช้ร่วมในการจัดการเรียนรู้นั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ประสบบ่อยเป็นขั้นเป็นตอน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกทางด้านความคิดสร้างสรรค์ผ่านการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และการผลิตนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

2. ผลการวิเคราะห์คะแนน พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ตรวจจากการบันทึกในใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ผู้เรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกพฤติกรรมที่กำหนด โดยมีพฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุดและน้อยที่สุดดังต่อไปนี้

พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุดคือ การทำงานกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ในทุกวงจรปฏิบัติการ เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้นั้นมีขั้นตอนหลายขั้นตอนที่ต้องอาศัยการทำงานเป็นทีม มีการระดมสมอง เพื่อแสดงความคิดเห็นของสมาชิกกลุ่มและนำมาสังเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน กิจกรรมเปิด

โอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน ช่วยกันเติมเต็มในส่วนที่สมาชิกขาด และนักเรียนทุกกลุ่มก็แสดงพฤติกรรมย่อยออกมาชัดเจนมีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก นอกจากนั้นนักเรียนได้ทำการฝึกการระดมสมอง ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้เข้าใจในวิธีการทำงานมากขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2559 : 98-109) ที่กล่าวว่า STEM Education เป็นแนวทางการจัดการศึกษาเพื่อปลูกฝังให้เกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยทักษะที่พึงเกิดขึ้นนั้นได้แก่ การทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสาร ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และทักษะการแก้ปัญหา

พฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุดได้แก่ การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ เนื่องจากพฤติกรรมที่นักเรียนต้องแสดงออกมาต้องแสดงให้เห็นการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของนักเรียน ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยยังฝึกนักเรียนไม่เพียงพอที่จะให้นักเรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมดังกล่าวได้อย่างเต็มที่ อันเนื่องมาจากระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภายใน 3 วงจรปฏิบัติการนั้นไม่เพียงพอต่อการฝึกฝนให้นักเรียนเกิดการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ดังนั้นจึงต้องอาศัยเวลาในการพัฒนาพฤติกรรมดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาพฤติกรรมได้อย่างเต็มศักยภาพ สอดคล้องกับ วิจารย์ พานิช (2556 : 57) ที่กล่าวว่า การจะเกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์ ต้องใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากของเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1. สถานการณ์ที่นำมาเป็นจุดเริ่มต้นต้องมีความท้าทาย และต้องเหมาะสมกับระดับของนักเรียน สถานการณ์มีการระบุเงื่อนไข ความต้องการ ข้อจำกัดอย่างชัดเจนและนักเรียนสามารถเข้าใจและแปลความหมายจากสถานการณ์ได้ตรงกัน
2. ในภารกิจระดมสมองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ต้องชี้แจงให้ชัดเจนว่าจุดประสงค์ของการระดมสมองเพื่อให้เกิดอะไร บทบาทหน้าที่ของนักเรียนที่ต้องทำคืออะไร
3. ชิ้นงานหรือกระบวนการที่ต้องการให้นักเรียนออกแบบควรมีขนาดหรือภาระงานที่เหมาะสมกับระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้

4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลานาน เวลาในคาบเรียน 4 ชั่วโมงจึงไม่เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูอาจให้นักเรียนทำกิจกรรมนอกเวลาเรียนในชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาในส่วนของ การสร้างชิ้นงาน โดยครูต้องทำหน้าที่คอยติดตามและประเมินผลการทำงาน of นักเรียนระหว่างการทำกิจกรรมนอกเวลาเรียน

#### **ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป**

1. ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรเชิญวิทยากรที่มีความรู้หรือความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ มาให้ความรู้กับนักเรียนโดยเฉพาะชั้นรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนการออกแบบและวางแผน เพราะเป็นหัวใจสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนจะสามารถเข้าใจได้อย่างลึกซึ้งว่าการออกแบบที่ดีและมีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้ได้จริงต้องทำอย่างไร

2. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจัดการเรียนรู้อื่นๆ เช่น การใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือการใช้บริบทเป็นฐาน

3. ในการทำวิจัยครั้งต่อไปสามารถใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนี้ เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดขั้นสูง ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การคิดเชิงคำนวณ เป็นต้น

# บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพมหานคร: ครูสภาลาดพร้าว.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). การคิดเชิงสร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ชัคเชสมิ.เอ.
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ,วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 20(2), 32-46.
- ชนิกานต์ กลิ่นอาจ.(2563) การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการแนวคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้าเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชลาริป สมานิติ. (2557), การจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) สำหรับเด็กปฐมวัย. กรุงเทพฯ: สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). ความคิดสร้างสรรค์, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชามาศ ดิษฐ์เจริญ และปริญญา หนันชัยบุตร. (2556). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ แบบโครงการตามแนวคอนสตรัคชันนิยมในรายวิชาการเขียนโปรแกรมพัฒนาหุ่นยนต์ประยุกต์, วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น .
- ดรรรัตน์ ชัยพิลา. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 27(2), 98-109.
- ธวัช ชิตตระการ. (2555). การพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ผ่านโปรแกรม STEM. สืบค้น 20 ตุลาคม 2564 จาก [www.deansci.com/th/downloads/stem.pdf](http://www.deansci.com/th/downloads/stem.pdf).

- นัตยา หัสมินทร์. (2563) ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การวิจัยสำหรับครู: กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2547). การวิจัยเบื้องต้นฉบับปรับปรุงใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556), STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 33, (2), 50-55.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, และ เพียวร์ ยินดีสุข (2557). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภัสสร ติดมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระเบิดร่างกายมนุษย์ ด้วยการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- มนตรี จุฬาวัดนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม, นิตยสารสสวท. 42 (185), 14-16.
- รักษพล ธนานวงศ์. (2556). รายงานสรุปการอบรมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. สืบค้น 26 พฤศจิกายน 2564, จาก <http://www.slideshare.net/focusphysics/stem-workshopsummary>.
- ลือชา ลดาชาติ. (2562). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามความเข้าใจและมุมมองของครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 30(1), 89-101.
- วัชริน นวลผ่อง. (2553). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ เรื่อง งานประดิษฐ์จากภูมิปัญญาไทย วิชางานประดิษฐ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วัชรรา เล่าเรียนดี และคณะ. (2560) กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ : เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป.
- วิจารณ์ พานิช. (2555) วิธีการสร้างความรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ตาตาพับลิเคชั่น.



- วิจารณ์ พานิช. (2556). **การสร้างการเรียนรู้ที่ศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: 8. เจริญการพิมพ์.
- ศรายุทธ ชาญนคร. (2558). **การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง บรรยากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์** ในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 34 (หน้า 1871-1876), ขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. (ม.ม.ป.). **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับส่งเสริมศึกษา**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564, จาก <http://www.slamedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้**. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557). **ส่งเสริมศึกษา**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564 จาก <http://www.stemsdthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf.pdf>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558) **สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564, จาก <https://drive.google.com/file/d/0Bza@voFmdFsrRGIYbmdPaOpkXzg/view>.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). **ส่งเสริมศึกษากับการคิดขั้นสูง**. สสวท., 42(189), 7-8.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ. (2544). **เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์** (พิมพ์ครั้งที่ 6), กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล.(2558).**ส่งเสริมศึกษา**. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2) 201-207.
- สุธิดา การมี. (2560, 17 พฤศจิกายน). **การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564, จาก <http://oho.ipst.ac.thedp-creative-problem-solving1/>.
- สุพรรณิชา ชาญประเสริฐ (2558).**ส่งเสริมศึกษากับการจัดการเพื่อนรู้ในศตวรรษที่ 21**. นิตยสาร สสวท., 42 (186),3-5.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558).**ส่งเสริมศึกษา : ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย**.สงขลา:นำศิลป์ โฆษณา.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2559).**ส่งเสริมศึกษาปัญหาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม** สงขลา:นำศิลป์ โฆษณา.

- สุมิตรา จินเมือง. (2562) **การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสี่ยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.**วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สะเต็มศึกษา**, กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21**  
เพชรบูรณ์: โรงพิมพ์จุลติสการพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.** กรุงเทพมหานคร.  
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553) **ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.** กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- อรพรรณ ณะขว่าง อัญชลี สิริกุลขจร และสกันธ์ชัย ชะนูนันท์. (2559) **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.** วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 27(2),89-101.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย และทีมงานสาขาออกแบบและเทคโนโลยี สสวท. (2556). **สรุปการบรรยายพิเศษ เรื่อง Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Preparing students for the 21 Century.** สืบค้น 3 ตุลาคม 2564,  
จาก <http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMEducation.pdf>.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย (2556). **เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็ม.** สสวท., 42(185), 35-37.
- อารี พันธมณี. (2543). **คิดอย่างสร้างสรรค์** (พิมพ์ครั้งที่ 6), กรุงเทพฯ: เลิฟแอนด์ลิฟเพรส.
- อารี พันธมณี. (2546), **จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน**, กรุงเทพฯ: ไยใหม่.
- อารี พันธมณี. (2557). **ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไยใหม่. เอสทีวีผู้จัดการออนไลน์. (2556, 15 มกราคม), โลกสอนแบบท่องจำ ผุด “สะเต็มศึกษา” เรียนวิทย์-เทคโนโลยีปฏิบัติเน้นๆ. สืบค้น 1 ตุลาคม 2564, จาก  
<http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9560000005681>.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). **ความรู้และทักษะของเยาวชนไทยสำหรับโลกวันพรุ่งนี้** รายงานสรุปเพื่อการบริหาร.

- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2549), **การเรียนรู้เพื่อโลก วันพรุ่งนี้ รายงานสรุปเพื่อการบริหาร**. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550), **บทสรุปเพื่อการบริหาร การวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนนานาชาติวัย 15 ปี**. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551). **ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: PISA และ TIMSS**. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558), **ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.
- โครงการ PISA 2015 ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561), **สะเต็มศึกษาประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557), รู้จักสะเต็ม**. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2564, จาก [http://www.stemedthailand.org/?page\\_id=23](http://www.stemedthailand.org/?page_id=23).
- Catalina Foothills School District (2018). **Creativity and Innovation Rubric Grades 9-12 Retrieved** from [https://www.cfsd16.org/application/files/4715/2989/2859/K12\\_CREATIVITY-INNOVATION\\_2018.pdf](https://www.cfsd16.org/application/files/4715/2989/2859/K12_CREATIVITY-INNOVATION_2018.pdf).
- Kermis, S. and McTaggart, R. (1988). **The action research planer (3rd ed.)**. Victoria: Deakin University.
- Partnership for 21st Century Learning. (2015). P21 Framework Definitions. p.1-9
- Hanover Research, 2011. **District Administration Practice**.
- National Research Council, 2012. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas. Committee on New Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., and Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics**. Portsmouth, NH: Heinemann.



ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

#### 1. รายนามผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชจิรา ดีแจ้ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ครูอรุณี ทองมาก ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท

#### 2. รายนามผู้เชี่ยวชาญ ในการสังเกตการณ์สอนและบันทึกข้อมูลในการวิจัย

ครูอรุณี ทองมาก ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยนาท



## ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สมดุลกล
2. ใบกิจกรรม
3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
4. แบบประเมินชิ้นงาน
5. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
รหัสวิชา ว30212 รายวิชาฟิสิกส์ 2  
สาระการเรียนรู้ เสถียรภาพของวัตถุ  
ครูผู้สอน นางสาววรรณิภา เวทการ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
บทที่ 1 เรื่อง สมดุลกล  
เวลาเรียน 4 ชั่วโมง  
วันที่สอน 28 กุมภาพันธ์ 2565

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

#### 1. มาตรฐานตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

สาระฟิสิกส์ 1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงแยกและการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่าง รูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
<p>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</p> <p>สาระฟิสิกส์</p> <p>ผลการเรียนรู้ ม.4/9</p> <p>สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p>	<p>กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์</p> <p>สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต</p> <p>ตัวชี้วัด ค 2.2 ม.1/2</p> <p>เข้าใจและใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ</p> <p>ตัวชี้วัด ค 2.2 ม.2/1</p> <p>ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตและเครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือ</p>	<p>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</p> <p>สาระที่ 4 เทคโนโลยี</p> <p>ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/1</p> <p>วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยีความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี</p> <p>ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/2</p>	<p>กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี</p> <p>สาระที่ 4 เทคโนโลยี</p> <p>ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/3</p> <p>ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์เปรียบเทียบและตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา</p>

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
	โปรแกรมเรขาคณิตพลวัต อื่น ๆ เพื่อสร้าง รูป เรขาคณิต ตลอดจนนำ ความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ป ัญหาในชีวิตจริง	ระ บุป ัญ หา หรือ ความ ต้องการที่มีผลกระทบต่อ สังคม รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูล และ แนวน คัด ที่ เกี่ยวข้อง กับ ปัญหา ที่มี ควา ม ชั บ ช้อน เพื่ อ สังเคราะห์วิธีการ เทคนิค ในการ แก้ ปัญหา โดย คำนึงถึง ความถูกต้องด้าน ทรัพย์สินทางปัญญา	ตัวชี้วัด ว 4.1 ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผล ของปัญหาหรือข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้นภายใต้ กรอบ เงื่อนไข หาแนวทางการ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอ ผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้ง เสนอ แนวทางการพัฒนา ต่อยอด

## 2. จุดประสงค์การเรียนรู้

### ด้านความรู้(K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้
2. นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่อง ศูนย์กลางมวลของวัตถุ และเสถียรภาพของวัตถุ และจุดศูนย์กลางของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
3. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างตุ๊กตาล้มลุกตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้

### ด้านทักษะและกระบวนการ(P)

4. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้
5. นักเรียนสามารถออกแบบ และเขียนแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกตามหลักการเขียนแบบที่ถูกต้องได้
6. นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงตุ๊กตาล้มลุก เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่กำหนดได้
7. นักเรียนสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม
8. นักเรียนสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการสร้างตุ๊กตาล้มลุกได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับงบประมาณได้

### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์(A)

9. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์
10. นักเรียนสามารถควบคุมและสะท้อนผลตนเองได้



### 3. สารการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์	คณิตศาสตร์
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ศูนย์กลางมวล</li> <li>- จุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุ</li> <li>- เสถียรภาพของวัตถุ</li> </ul>	<p>เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิตสังคม และสิ่งแวดล้อม</p>	<p>กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบุปัญหา</li> <li>2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</li> <li>3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</li> <li>4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</li> <li>5. ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน</li> <li>6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การคำนวณต้นทุน</li> <li>- จุดศูนย์กลางของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ</li> <li>- มิติสัมพันธ์ของรูปเรขาคณิต</li> <li>- ภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติ</li> <li>- การนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างทางเรขาคณิตไปใช้ในชีวิตจริง</li> </ul>

### 4. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด

**ศูนย์กลางมวล (Center of mass ; CM)** คือ จุดที่เปรียบเสมือนเป็นจุดรวมของมวลวัตถุทั้งก้อน ซึ่งไม่เปลี่ยนตำแหน่ง และไม่ขึ้นกับสถานที่ที่วัตถุนั้นอยู่ เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่ม่แรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้นกระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุวัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน

**ศูนย์กลางถ่วง (Center of gravity ; CG)** คือ จุดที่แรงลัพธ์ของแรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุสำหรับวัตถุที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามโน้มถ่วงมีค่าสม่ำเสมอ ศูนย์ถ่วงของวัตถุเป็นตำแหน่งเดียวกับศูนย์กลางมวล และมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ

วัตถุที่อยู่ในสมดุลอาจวางตัวได้ในลักษณะที่ต่างกัน ทำให้เกิดการสมดุลที่มีเสถียรภาพต่างกัน ขึ้นอยู่กับศูนย์กลางถ่วงของวัตถุ และความกว้างส่วนฐานของวัตถุ

วัตถุที่มีศูนย์กลางถ่วงต่ำและมีฐานกว้างจะมีเสถียรภาพมากกว่าวัตถุที่มีศูนย์กลางถ่วงสูงและมีฐานแคบ

## 5. กิจกรรมการเรียนรู้

### ขั้นที่ 1 ชั้นระบุปัญหา (20 นาที)

1. ครูกล่าวทักทายนักเรียน พร้อมพูดคุยชี้แจงเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ศูนย์กลางมวลของวัตถุ และเสถียรภาพของวัตถุ พร้อมชี้แจงการให้คะแนน

2. ครูชวนนักเรียนสนทนาในหัวข้อ “เรขาคณิตที่อยู่รอบตัว” โดยให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นผ่านแอปพลิเคชัน Mentimeter

**แนวคำตอบ** สิ่งที่อยู่รอบตัวเราทั้งที่เป็นสถานที่หรือสิ่งของ มีลักษณะคล้ายรูปเรขาคณิตสามมิติ เช่น เส้าบ้าน หลังคาบ้าน ท่อน้ำ โคนไอศกรีม กล้องนม ซึ่งแต่ละรูปทรงจะมีจุดศูนย์กลางมวล และศูนย์ถ่วงที่แตกต่างกัน

3. ครูเปิดวิดีโอทัศน์ตุ๊กตาของชาวญี่ปุ่นที่เรียกว่า “ตุ๊กตาดารุมะ (Daruma)” ซึ่งมีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับประวัติตุ๊กตา ความเชื่อของชาวญี่ปุ่น และลักษณะทั่วไปของตุ๊กตา



ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=BTz1UnkTOvQ>

4. หลังจากชมวิดีโอทัศน์ครูใช้คำถามเพื่อการอภิปรายกับนักเรียนว่า ตุ๊กตาดารุมะกับตุ๊กตาทั่วไปแตกต่างกันอย่างไร

**แนวคำตอบ** ตุ๊กตาดารุมะเป็นตุ๊กตาล้มลุก จึงแตกต่างจากตุ๊กตาทั่วไป เมื่อเราออกแรงผลักตุ๊กตาดารุมะ พบว่าตุ๊กตาไม่ล้ม แต่กลับตั้งขึ้นมาได้อีก

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงตุ๊กตาที่มีลักษณะเดียวกับตุ๊กตาดารุมะในวิดีโอทัศน์ที่เรียกว่า “ตุ๊กตาล้มลุก” โดยมีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

5.1 นักเรียนเคยเห็นหรือเคยเล่นตุ๊กตาล้มลุกหรือไม่

**แนวคำตอบ** ตามประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน

5.2 ลักษณะเด่นหรือลักษณะที่สังเกตได้ชัดเจนว่าตุ๊กตานั้นเป็นตุ๊กตาล้มลุกเป็นอย่างไร

**แนวคำตอบ** เมื่อออกแรงผลักตุ๊กตา จะทำให้เคลื่อนไหวไปตามทิศทางของแรงผลัก แต่ตุ๊กตาไม่ล้มลง ทรงตัวอยู่ หรือตั้งขึ้นมาได้อีก

### 5.3 ประโยชน์ของตุ๊กตาล้มลุก มีอะไรบ้าง

**แนวคำตอบ** เป็นของเล่นหรือของประดับเพื่อความเพลิดเพลิน หรือตัวแทนสำหรับให้กำลังใจให้ลุกขึ้นสู้กับอุปสรรคต่างๆ หรือตุ๊กตาล้มลุกขนาดใหญ่สำหรับเด็กใช้ในการฝึกต่อมหายใจและระบายอารมณ์ได้

### 6. ครุณาเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนดังนี้



“หากนักเรียนเป็นช่างในร้านขายของเล่นสำหรับเด็กในห้างสรรพสินค้า โดยในร้านจะขายของเล่นทุกรูปแบบ ในวันที่ 1 มกราคม 2565 มีลูกค้าชาวญี่ปุ่นมาสั่งทำของขวัญวันเกิดให้กับลูกชายของตนเอง ลูกค้าต้องการตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก ซึ่งคนญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าจะทำให้เด็กๆ แข็งแรง และปลอดภัยจากเคราะห์ร้าย โดยลูกค้าต้องการให้เป็นของขวัญที่มีขึ้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด”

7. ครูแจกใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ให้นักเรียนทุกคน

8. ครูแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ให้นักเรียนเลือกผู้ทำหน้าที่ facilitator และผู้บันทึก (note taker) ทำหน้าที่บันทึกความคิดทั้งหมดลงในใบกิจกรรม

9. ครูชี้แจงอธิบายรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 1 คือให้นักเรียนทุกคนทำการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย พร้อมวางแผนการดำเนินงานเป็นลำดับลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ลงในตอนที่ 1 ข้อที่ 1-3 เป็นรายบุคคล มีรายละเอียดดังนี้

9.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหาหรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง

9.2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง

9.3 นักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุก จากสถานการณ์ที่กำหนด

10. ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์กำหนดในประเด็นต่างๆดังนี้

10.1 ปัญหาหรือความต้องการ

**แนวคำตอบ** ต้องการตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก มีชิ้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด

10.2 เงื่อนไข หรือข้อจำกัด

**แนวคำตอบ** ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด

10.3 ความรู้ในการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกจากสถานการณ์ที่กำหนด

**แนวคำตอบ** ลักษณะของตุ๊กตาล้มลุก ขั้นตอนวิธีการสร้างตุ๊กตาล้มลุก การเขียนแบบตุ๊กตาล้มลุก วัสดุที่ใช้ในการสร้างตุ๊กตาล้มลุก จุดศูนย์กลางมวล เสถียรภาพของวัตถุ และจุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ

**ขั้นที่ 2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (40 นาที)**

11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า ถ้าต้องการออกแบบและประดิษฐ์ตุ๊กตาที่สามารถล้มและตั้งขึ้นมาได้จะต้องทำการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องอะไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องจาก 2 กิจกรรมดังต่อไปนี้

10. ครูชี้แจงรายละเอียดภาระงานลำดับที่ 2 โดยให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรมดังต่อไปนี้ และบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่องตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ในตอนที่ 2 ประกอบด้วย

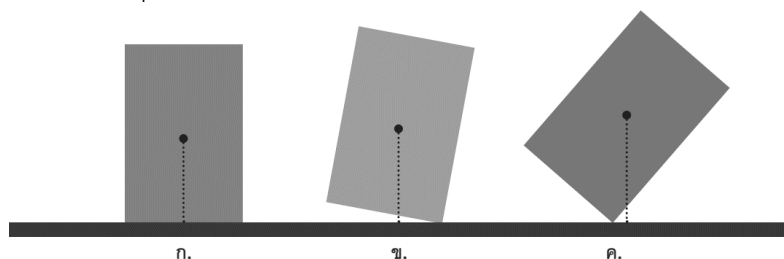
10.1 กิจกรรมที่ 1 การ์ตูนบนปลายเข็ม

10.1.1 การหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง ครูให้นักเรียนร่วมกันหาวิธีวางภาพการ์ตูนบนปลายเข็ม โดยไม่ให้ภาพหล่นลงมา ซึ่งครูอาจชี้แนะให้ปักเข็มบริเวณขอบของภาพการ์ตูน แล้วให้เส้นด้ายห้อยลงมาจากเข็ม (อาจถ่วงปลายเส้นด้ายเพื่อให้เชือกตึง) จากนั้นใช้ดินสอลากเส้นตามแนวเส้นด้าย ทำซ้ำในตำแหน่งที่ต่างกัน 2-3 ครั้ง จะได้จุดตัดของเส้นที่ลาก ซึ่งเรียกจุดตัดนั้นว่า “จุดศูนย์ถ่วง”

10.1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า “จุดศูนย์ถ่วงเป็นตำแหน่งที่รวมน้ำหนักของวัตถุ เมื่อวางวัตถุบนปลายเข็ม ณ ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงวัตถุจะไม่หล่นลงมา เพราะเข็มสามารถรับน้ำหนักทั้งหมดของแผ่นภาพได้นั่นเอง

10.1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและหาจุดศูนย์ถ่วงของรูปเรขาคณิตสองมิติในใบกิจกรรม (เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปวงกลม) จากนั้นเชื่อมโยงสู่ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรูปเรขาคณิตสามมิติ

10.1.4 ครูให้นักเรียนสังเกตการณ์ทรงตัวของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยพิจารณาแนวตั้งที่ผ่านตำแหน่งจุดศูนย์กลางซึ่งตั้งฉากกับพื้นกับฐานของวัตถุที่ทรงตัว ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อศึกษาเงื่อนไขการล้มของวัตถุ



ภาพ 1 แสดงเส้นที่ลากจากจุดศูนย์กลางภาพไปตั้งฉากกับพื้น

10.1.5 ครูให้นักเรียนพิจารณาภาพ 1 และร่วมกันอภิปรายถึง “ภาพที่วัตถุสามารถกลับมาทรงตัวในลักษณะเดิมได้อีก” โดยให้ข้อสรุปว่า “การทรงตัวของวัตถุในภาพ ก. และ ข. แนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์กลางซึ่งตั้งฉากกับพื้นยังคงอยู่ในฐานของวัตถุ วัตถุยังคงทรงตัวอยู่ได้โดยไม่ล้ม ส่วนการทรงตัวของวัตถุในภาพ ค. แนวเส้นตรงดังกล่าวอยู่นอกฐานวัตถุ จึงไม่สามารถทรงตัวอยู่ได้ วัตถุจะล้ม ตำแหน่งจุดศูนย์กลางและแนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์กลางซึ่งตั้งฉากกับพื้น กับฐานของวัตถุ จึงมีผลต่อการทรงตัวของวัตถุ”

กิจกรรมต่อไปเป็นการสร้างจุดศูนย์กลางในขวดน้ำพลาสติก โดยให้นักเรียนสร้างจุดศูนย์กลางตำแหน่งต่างๆ ที่คิดว่าสามารถทำให้ขวดน้ำที่นอนอยู่สามารถตั้งขึ้นได้เอง

## 10.2 กิจกรรมที่ 2 ขวดน้ำเต็งตั้ง

10.2.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสร้างจุดศูนย์กลางในขวดน้ำพลาสติกที่ครูแจกให้ โดยมีเงื่อนไขว่า “เมื่อวางขวดน้ำพลาสติกนอนลงแล้ว ขวดน้ำนั้นสามารถตั้งขึ้นได้เอง” ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองบรรจุลูกแก้วและดินน้ำมันลงในขวดน้ำพลาสติก



ภาพ 2 แสดงการทดลองขวดน้ำเต็งตั้ง

10.2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่า “ต้องทำให้น้ำหนักส่วนใหญ่ของขวดน้ำอยู่ด้านล่าง จึงจะทำให้จุดศูนย์กลางอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าเดิม ดังนั้นไม่ว่าจะผลัก

ขวดน้ำอย่างไร แนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงซึ่งตั้งฉากกับพื้นจะไม่ออกนอกฐานของวัตถุ เมื่อวางขวดน้ำพลาสติกนอนลงแล้ว ขวดน้ำนั้นสามารถตั้งขึ้นได้เอง”

11. ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสรุปผลจากการทำกิจกรรมในตอน  
2 ดังนี้

11.1 จากกิจกรรมที่ 1 นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง

**แนวคำตอบ** จุดศูนย์ถ่วงเป็นตำแหน่งที่รวมน้ำหนักของวัตถุ การทรงตัวของวัตถุขึ้นอยู่กับตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงและแนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงซึ่งตั้งฉากกับพื้น กับฐานของวัตถุซึ่งมีผลต่อการทรงตัวของวัตถุ”

11.2 จากกิจกรรมที่ 2 นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง

**แนวคำตอบ** วัตถุที่อยู่ในสมดุลอาจวางตัวได้ในลักษณะที่ต่างกัน ทำให้เกิดการสมดุลที่มีเสถียรภาพต่างกัน ขึ้นอยู่กับศูนย์ถ่วงของวัตถุ และความกว้างส่วนฐานของวัตถุ วัตถุที่มีศูนย์ถ่วงต่ำและมีฐานกว้างจะมีเสถียรภาพมากกว่าวัตถุที่มีศูนย์ถ่วงสูงและมีฐานแคบ ดังนั้นต้องทำให้น้ำหนักส่วนใหญ่ของวัตถุอยู่ด้านล่างหรือที่ฐาน จึงจะทำให้จุดศูนย์ถ่วงอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าเดิม ดังนั้นไม่ว่าจะผลึกวัตถุอย่างไร แนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงซึ่งตั้งฉากกับพื้นจะไม่ออกนอกฐานของวัตถุ เมื่อวางวัตถุนอนลงแล้ว วัตถุนั้นจะสามารถตั้งขึ้นได้เอง

11.3 เพราะเหตุใดตุ๊กตาล้มลุกจึงต้องทำให้จุดศูนย์ถ่วงอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าเดิม

**แนวคำตอบ** เพราะ การที่จุดศูนย์ถ่วงอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าเดิมนั้น จะทำให้แนวตั้งที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงซึ่งตั้งฉากกับพื้นจะไม่ออกนอกฐานของวัตถุ ไม่ว่าจะผลึกตุ๊กตาอย่างไร หรือเมื่อวางตุ๊กตานอนลงแล้ว ตุ๊กตานั้นจะสามารถตั้งขึ้นได้เอง

11.4 หากนักเรียนจะสร้างตุ๊กตาล้มลุก ที่มีขนาดเล็กตั้งไขว้ได้ แกว่งได้นานๆ จะต้องออกแบบอย่างไร และต้องคำนึงถึงปัจจัยใดบ้าง

**แนวคำตอบ** ต้องทำให้น้ำหนักส่วนใหญ่ของวัตถุอยู่ด้านล่างหรือที่ฐาน โดยคำนึงถึงจุดศูนย์กลางมวล เสถียรภาพของวัตถุ และจุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ

12. ครูตรวจสอบความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการรวบรวมข้อมูลเพื่อดูว่าเพียงพอที่จะไปใช้ในการสร้างตุ๊กตาล้มลุก

**ขั้นที่ 3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (40 นาที)**

13. ครูตรวจสอบความรู้เดิมเกี่ยวกับการเขียนแบบของนักเรียนในรายวิชางานช่าง ว่าเรียนอะไรมาบ้าง แล้วเขียนแบบอะไรมาบ้าง ลักษณะเป็นอย่างไร ขั้นตอนการเขียนภาพร่างมีขั้นตอนอย่างไร

14. ครูอธิบายการเขียนแบบที่จะนำไปใช้กับนักเรียนโดยใช้ power point พร้อมแสดงภาพตัวอย่างการเขียนแบบให้นักเรียนดู และชี้แจงเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนภาพร่าง

15. ครูให้นักเรียนลองเขียนแบบร่างตุ๊กตาล้มลุกชนิดใดก็ได้ที่ตนเองสนใจมา 1 อย่าง

16. ครูอธิบายภาระงานที่ 3 ว่าให้นักเรียนทำการเขียนแบบตุ๊กตาล้มลุก จากสถานการณ์ที่กำหนดลงในใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ตอนที่ 3 ข้อที่ 1 อย่างน้อย 3 แบบขึ้น

ไป โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกที่ได้จากการสืบค้น และเก็บรวบรวมข้อมูล

17. นักเรียนทำการสรุปภายในกลุ่มถึงแบบร่างตุ๊กตาล้มลุกทั้ง 3 แบบของกลุ่มที่ตนเองออกแบบที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดจะนำไปสร้าง พร้อมระบุเหตุผล ในการเลือกลงในตอนที่ 3 ของใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง ข้อที่ 2-3

#### ขั้นที่ 4 ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (80 นาที)

18. ครูให้นักเรียนวางแผนในการสร้างตุ๊กตาล้มลุก โดยเขียนอธิบายขั้นตอนการสร้าง พร้อมระบุด้วยว่าใช้วัสดุอุปกรณ์อะไรในการสร้างตุ๊กตาล้มลุกลงในตอนที่ 5 ของใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยงข้อที่ 1

19. ครูชี้แจงเกณฑ์การให้คะแนนประเมินชิ้นงานว่ามีประเด็นใดบ้างเพื่อให้นักเรียนใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงาน

20. นักเรียนทำการเขียนใบสั่งซื้อสินค้าลงในตอนที่ 4 ของใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง โดยครูต้องย้ำกับนักเรียนว่าสามารถซื้อของได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้นให้ทำการตรวจสอบรายการสินค้าให้ดี และย้ำเรื่องเกณฑ์การให้คะแนนเรื่องจำนวนเงินที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน

21. นักเรียนเริ่มซื้อของตามที่กลุ่มตนเองได้เขียนไว้ในใบสั่งซื้อของ ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ที่สั่งซื้อว่าครบหรือไม่ สภาพพร้อมใช้งาน

22. นักเรียนลงมือสร้างตุ๊กตาล้มลุก ตามขั้นตอนที่กลุ่มของตนเองได้ออกแบบโครงสร้างไว้

#### ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

23. นักเรียนนำผลงานไปทดสอบตามเงื่อนไขที่ระบุไว้ในสถานการณ์ข้างต้น โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

23.1 ให้นักเรียนนำชิ้นงานที่กลุ่มของตนเองสร้างขึ้นมาทดลองวางบนโต๊ะเรียน เพื่อทดสอบการแกว่งและการทรงตัว

23.2 จากนั้นใช้ปลายนิ้วผลักส่วนบนของตุ๊กตาล้มลุกให้เอียงทำมุมประมาณ 45 องศา แล้วปล่อยให้ตุ๊กตาเริ่มแกว่ง พร้อมจับเวลาในการแกว่งของตุ๊กตาล้มลุก บันทึกเวลาที่ตุ๊กตาล้มลุกแกว่งจนหยุดนิ่ง

23.3 ทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง และบันทึกเวลาที่ตุ๊กตาล้มลุกแกว่งจนหยุดนิ่งลงในตาราง

24. นักเรียนทำการประเมินผลงานการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของกลุ่มตนเอง แล้วให้เพื่อนในห้องสะท้อนผลดังประเด็นต่อไปนี้

- การสร้างตุ๊กตาล้มลุกนี้มีจุดเด่นอะไรระบุเป็นข้อ ๆ
- การสร้างตุ๊กตาล้มลุกนี้มีจุดด้อยอะไรระบุเป็นข้อ ๆ
- ให้นักเรียนเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้สามารถใช้งานได้ตาม

เกณฑ์ที่กำหนด

25. นักเรียนนำผลงานของตนเองไปปรับแก้ไขให้สามารถใช้งานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดและตามข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเพื่อนในห้อง โดยครูคอยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และชี้แนะแนวทางการปฏิบัติของนักเรียน หากนักเรียนพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหา

### ขั้นที่ 6 ช้่นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

26. ครูทำการชี้แจงการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานของนักเรียน และทำโปสเตอร์โฆษณาขายผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของกลุ่มตนเองผ่านแอปพลิเคชัน Canva โดยมีประเด็นในการนำเสนอ ดังนี้ ภาพชิ้นงาน แรงบันดาลใจ ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ จุดเด่นของชิ้นงาน ราคาเสนอขาย

27. นักเรียนลงมือทำโฆษณาขายผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของกลุ่มตนเอง

28. นักเรียนทำการเผยแพร่โฆษณาผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของกลุ่มตนเองในแอปพลิเคชัน Padlet แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็น และโหวตให้คะแนนชิ้นงานที่ดีที่สุด

29. ครูและนักเรียนทำการสรุปร่วมกันถึงผลงานการออกแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกของแต่ละกลุ่ม

30. ครูให้นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดทำการนำเสนอถึงขั้นตอนการปรับแก้ผลงานของตนเอง

31. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกในประเด็นต่างๆ ดังนี้

31.1 ตุ๊กตาล้มลุกที่ประดิษฐ์ขึ้นสามารถหยุดนิ่งภายในเวลาที่คาดการณ์หรือไม่ อย่างไร

**แนวคำตอบ** ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

31.2 ลักษณะของตุ๊กตาล้มลุกที่สามารถแกว่งได้นานที่สุดเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

**แนวคำตอบ** ลักษณะของตุ๊กตาล้มลุกที่สามารถแกว่งได้นานที่สุด คือ มีศูนย์กลางต่ำ

และมีฐานกว้างจะมีเสถียรภาพมากกว่าทำให้ทรงตัวได้ดีและแกว่งได้นาน ถ้ายิ่งเพิ่มน้ำหนักที่ด้านล่างของส่วนโค้งมากขึ้น จะยิ่งทำให้จุดศูนย์กลางของตุ๊กตาล้มลุกอยู่ต่ำจึงทรงตัวได้ดีขึ้น ดังนั้นไม่ว่าจะผลึกตุ๊กตาอย่างไร แนวโค้งที่ผ่านจุดศูนย์กลางซึ่งตั้งฉากกับพื้นจะไม่ออกนอกฐานของตุ๊กตาล้มลุก ตุ๊กตานั้นจะสามารถตั้งขึ้นได้เอง

## 6. สื่อการเรียนการสอน / แหล่งเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาฟิสิกส์ 2
2. ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง
3. สื่อ PowerPoint เรื่อง ศูนย์กลางมวล ศูนย์ถ่วง และเสถียรภาพของวัตถุ
4. คลิปวิดีโอ “ตุ๊กตาดารุมะ (Daruma)”  
ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=BTz1UnKTQVo>
5. แอปพลิเคชัน Canva
6. แอปพลิเคชัน Mentimeter
7. แอปพลิเคชัน Padlet



8. อุปกรณ์ในการสร้างตุ๊กตาล้มลุก เช่น แก้วชาไข่มุก ฝาครอบแก้ว ดินน้ำมัน ลูกแก้ว แกนกระดาษทิชชู ลูกปิงปอง ปากกาเมจิก เข็ม ด้าย ขวดน้ำพลาสติก ไม้ลูกชิ้น ไม้จิ้มฟัน ขวดนมเปรี้ยว ภาพการ์ตูน กาว เทปใส คัตเตอร์ เป็นต้น

#### 7. การวัดและการประเมินผล การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
<p><b>ด้านความรู้(K)</b></p> <p>1. นักเรียนสามารถอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง ศูนย์กลางมวลของวัตถุ และเสถียรภาพของวัตถุ และจุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงเรขาคณิตสองมิติ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้</p> <p>3. นักเรียนสามารถปฏิบัติการสร้างตุ๊กตาล้มลุกตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้</p>	<p>- ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</p>	<p>- แบบประเมินใบกิจกรรม เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</p>
<p><b>ด้านทักษะและกระบวนการ(P)</b></p> <p>4. นักเรียนสามารถทดลองและอธิบายศูนย์กลางมวลของวัตถุและผลของศูนย์ถ่วงที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้</p> <p>5. นักเรียนสามารถออกแบบและเขียนแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุกตามหลักการเขียนแบบที่ถูกต้องได้</p> <p>6. นักเรียนสามารถสร้างทดสอบ และปรับปรุงตุ๊กตาล้มลุก</p>	<p>- ตรวจใบกิจกรรมเรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</p> <p>- ตรวจแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม</p> <p>- ตรวจชิ้นงานของนักเรียน</p>	<p>- แบบประเมินใบกิจกรรม เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</p> <p>- แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม</p> <p>- แบบประเมินชิ้นงานนักเรียน</p>

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
<p>เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่กำหนดได้</p> <p>7. นักเรียนสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตุ๊กตาล้มลุกมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม</p> <p>8. นักเรียนสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายในการสร้างตุ๊กตาล้มลุกได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับงบประมาณได้</p>		
<p><b>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)</b></p> <p>9. นักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์</p> <p>10. นักเรียนสามารถควบคุมและสะท้อนผลตนเองได้</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจสอบใบกิจกรรมเรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</li> <li>- ตรวจสอบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบประเมินใบกิจกรรม เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง</li> <li>- แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม</li> </ul>

## 8. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### 8.1 ผลที่เกิดขึ้น

.....

.....

.....

### 8.2 ปัญหาที่พบจากการสอน

.....

.....

.....

### 8.3 แนวทางแก้ไขปัญหา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาววรรณิภา เวทการ)



### ใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ตุ๊กตาล้มลุกสนุกสุดเหวี่ยง

สมาชิกกลุ่มที่.....

1. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....
2. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....
3. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....
4. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....
5. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....
6. ชื่อ.....เลขที่.....หน้าที่.....

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ ตอบคำถามอย่างละเอียดและปฏิบัติตามคำสั่งสถานการณ์

#### สถานการณ์



“หากนักเรียนเป็นช่างในร้านขายของเล่นสำหรับเด็กในห้างสรรพสินค้า โดยในร้านจะขายของเล่นทุกรูปแบบ ในวันที่ 1 มกราคม 2565 มีลูกค้าชาวญี่ปุ่นมาสั่งทำของขวัญวันเกิดให้กับลูกชายของตนเอง ลูกค้าต้องการตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก ซึ่งคนญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าจะทำให้เด็กๆ แข็งแรง และปลอดภัยจากเคราะห์ร้าย โดยลูกค้าต้องการให้เป็นของขวัญที่มีชิ้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด”

### ตอนที่ 1 ระบุปัญหาจากสถานการณ์

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีปัญหา หรือความต้องการในเรื่องใดบ้าง

สมาชิกคนที่ 1 (หัวหน้าทีม) ระบุว่า

.....

.....

สมาชิกคนที่ 2 (นักออกแบบ) ระบุว่า

.....

.....

สมาชิกคนที่ 3 (นักวิศวกร) ระบุว่า

.....

.....

สมาชิกคนที่ 4 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า

.....

.....

สมาชิกคนที่ 5 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า

.....

.....

สมาชิกคนที่ 6 (ช่างก่อสร้าง) ระบุว่า

.....

.....

สรุปรวมกลุ่ม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีเงื่อนไข หรือข้อจำกัดอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## ตอนที่ 2 การทดลองเรื่อง จุดศูนย์ถ่วง

### กิจกรรมที่ 1 การ์ตูนบนปลายเข็ม

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. ภาพการ์ตูน 1 แผ่น
2. ด้าย 1 เส้น
3. เข็ม 1 เล่ม (ใช้ไม้แหลม/ไม้เสียบลูกชิ้นแทนได้)

#### ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. ปักเข็มบริเวณขอบของภาพการ์ตูนแล้วให้เส้นด้ายห้อยลงมาจากเข็ม (อาจถ่วงปลายเส้นด้าย เพื่อให้เชือกตึง)
2. ใช้ดินสอลากเส้นตามแนวเส้นด้าย ทำซ้ำในตำแหน่งที่ต่างกัน 2-3 ครั้ง จะได้จุดตัดของเส้นที่ลาก ซึ่งเรียกจุดตัดนั้นว่า “จุดศูนย์ถ่วง” ของแผ่นภาพ
3. จากนั้นทดลองวางแผ่นภาพบนปลายเข็ม โดยให้ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของภาพตรงกับปลายเข็ม

#### คำถามท้ายกิจกรรม

1. เส้นที่ลากด้วยดินสอทั้งสามเส้นมีการตัดกันที่จุด

.....

.....

.....

2. จุดที่เส้นดินสอตัดกันคือจุดอะไร จงอธิบาย

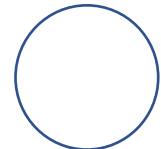
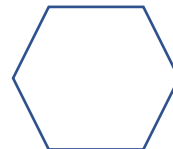
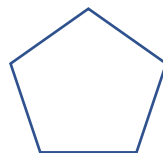
.....

.....

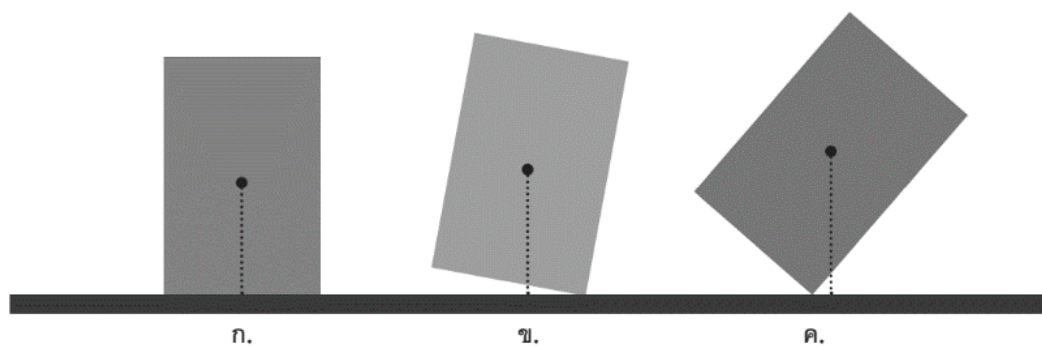
.....

.....

3. ให้นักเรียนกำหนดจุดศูนย์ถ่วงของรูปเรขาคณิตสองมิติ ดังต่อไปนี้



4. ให้นักเรียนพิจารณารูปภาพที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้ วัตถุสามารถกลับมาทรงตัวในลักษณะเดิมได้อีก



4.1 จากรูปวัตถุใดสามารถกลับมาทรงตัวในลักษณะเดิมได้อีก เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 จากรูปนักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการทรงตัวของวัตถุ

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....



## กิจกรรมที่ 2 ขวดน้ำเต็งตั้ง



### วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดน้ำพลาสติกขนาด 500 - 600 cm<sup>3</sup> 1 ขวด และตัดครึ่ง
2. ดินน้ำมัน 1 ก้อน
3. ลูกแก้ว 1 ลูก

### ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและสร้างจุดศูนย์ถ่วงในขวดน้ำพลาสติกที่แจกให้ โดยมีเงื่อนไขว่า “เมื่อวางขวดน้ำพลาสติกนอนลงแล้ว ขวดน้ำนั้นสามารถตั้งขึ้นได้เอง”
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดลองบรรจุลูกแก้วและดินน้ำมันลงในขวดน้ำพลาสติก
3. จากนั้นทดลองวางขวดน้ำพลาสติกที่บรรจุลูกแก้วและดินน้ำมันนอนลงแล้วสังเกตการเคลื่อนที่ พร้อมกับตอบคำถามท้ายกิจกรรม

### คำถามท้ายกิจกรรม

1. นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการทำให้ขวดน้ำพลาสติกที่นอนลง แล้วขวดน้ำนั้นสามารถตั้งขึ้นได้เอง

.....

.....

.....

.....

.....

2. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....



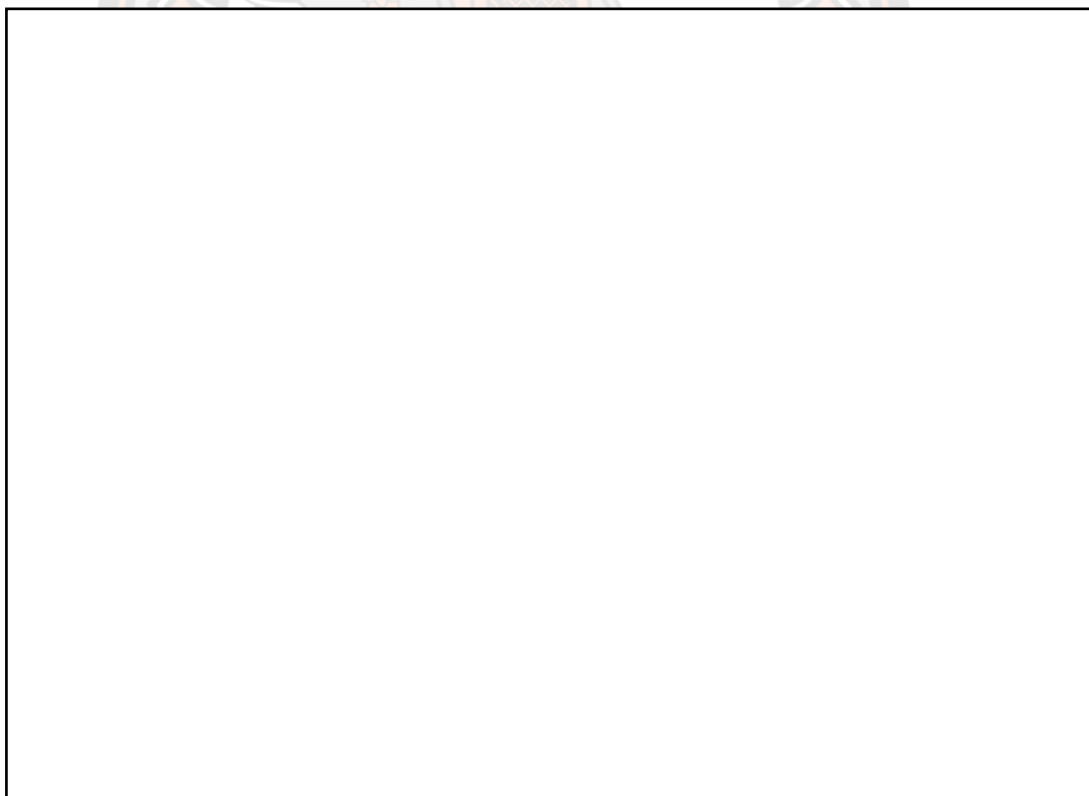
### ตอนที่ 3 การเขียนแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุก

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนเขียนแบบการสร้างตุ๊กตาล้มลุก จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ลงในกระดาษเขียนแบบอย่างน้อย 3 แบบขึ้นไป พร้อมระบุองค์ประกอบและวัสดุที่ใช้ให้ชัดเจน

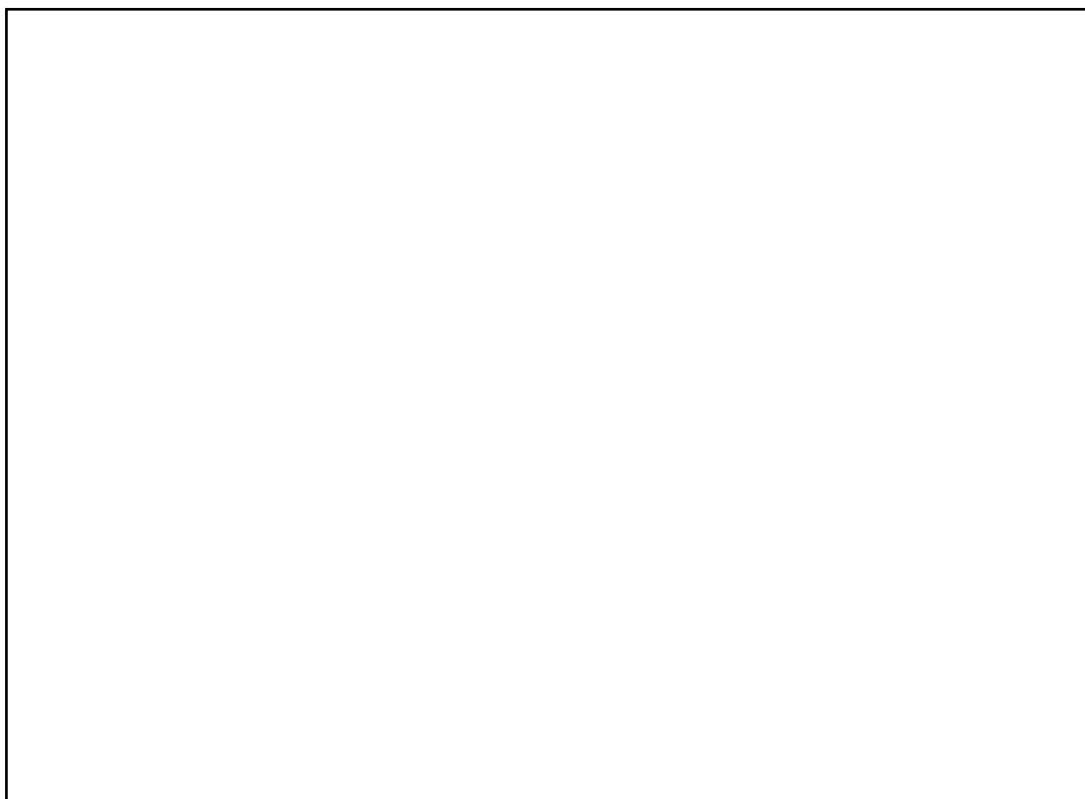
#### สถานการณ์

“หากนักเรียนเป็นช่างในร้านขายของเล่นสำหรับเด็กในห้างสรรพสินค้า โดยในร้านจะขายของเล่นทุกรูปแบบ ในวันที่ 1 มกราคม 2565 มีลูกค้าชาวญี่ปุ่นมาสั่งทำของขวัญวันเกิดให้กับลูกชายของตนเอง ลูกค้าต้องการตุ๊กตาดารุมะ (Daruma) หรือตุ๊กตาล้มลุก ซึ่งคนญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าจะทำให้เด็กๆ แข็งแรง และปลอดภัยจากเคราะห์ร้าย โดยลูกค้าต้องการให้เป็นของขวัญที่มีชั้นเดียวในโลก มีความสวยงาม ขนาดเล็กตั้งโชว์ได้ แกว่งได้นานๆ และราคาประหยัด”

#### ภาพร่างแบบที่ 1



ภาพร่างแบบที่ 2



ภาพร่างแบบที่ 3





### ตอนที่ 4 ใบสั่งซื้อของ

ให้นักเรียนทำการเขียนใบสั่งซื้อของที่จะนำมาสร้างตุ๊กตาล้มลุกที่ออกแบบไว้ ทำการสั่งซื้อของได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น

#### ใบสั่งซื้อของ

กลุ่มที่.....

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
<b>รวม</b>			









แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง .....

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมาชิกกลุ่มที่.....

ชื่อ-สกุล..... ชั้น.....เลขที่.....

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. การออกแบบและ การปรับแต่ง ความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)		..... ..... ..... .....
3. การเปิดกว้างและ ความกล้าในการ สำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)		..... ..... ..... .....
4. การทำงานร่วมกับ ผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)		..... ..... ..... .....

รายการ	คะแนน	หมายเหตุ
5. การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่าง สร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)		..... ..... ..... ..... ..... .....
6. การควบคุมและ สะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)		..... ..... ..... ..... .....
		รวมคะแนน.....คะแนน

## เกณฑ์คะแนน

- 16-20 คะแนน ระดับชั้นสูง  
 11-15 คะแนน ระดับชั้นชำนาญ  
 6-10 คะแนน ระดับชั้นพื้นฐาน  
 1-5 คะแนน ระดับชั้นเริ่มต้น

ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการ	คะแนน
<b>1. การสร้างความคิด (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน</li> <li>- มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน</li> <li>- มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน
<b>2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้มากกว่า 1 แบบ</li> <li>- มีการเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาดวัสดุได้ครบถ้วน</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน
<b>3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ (คะแนนเต็ม 2 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการออกแบบที่แปลกใหม่</li> <li>- ทำทหายความสามารถของตนเอง</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน
<b>4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน</li> <li>- มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน</li> <li>- มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน
<b>5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (คะแนนเต็ม 7 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย</li> <li>- มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก</li> <li>- มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน</li> <li>- มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน</li> <li>- สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้</li> <li>- ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด</li> <li>- มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน
<b>6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง (คะแนนเต็ม 3 คะแนน)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู</li> <li>- มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข</li> <li>- มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด</li> </ul>	1 คะแนน 1 คะแนน 1 คะแนน

แบบประเมินชิ้นงาน เรื่อง.....

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สมาชิกกลุ่มที่.....

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....  
 ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....  
 ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....  
 ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....  
 ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....  
 ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

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

#### เกณฑ์คะแนน

19-24 คะแนน ระดับ ดีมาก

13-18 คะแนน ระดับ ดี

7-12 คะแนน ระดับ พอใช้

1-6 คะแนน ระดับ ปรับปรุง

ตารางแสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
การประยุกต์ใช้ ความรู้	นำความรู้ทาง ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกลมา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงาน ได้ชัดเจนและ ถูกต้องตั้งแต่ 3 องค์ความรู้	นำความรู้ทาง ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกลมา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงาน ได้ชัดเจนและ ถูกต้องตั้งแต่ 2 องค์ความรู้	นำความรู้ทาง ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกลมา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงาน ได้ชัดเจน	ไม่นำความรู้ทาง ฟิสิกส์ เรื่อง สมดุลกลมา ประยุกต์ใช้ในการ ออกแบบชิ้นงาน
ความคิด สร้างสรรค์	สร้างชิ้นงานได้ สวยงามและมี แนวความคิด ออกแบบที่แปลก ใหม่ตั้งแต่ 2 แนวคิดขึ้นไป	สร้างชิ้นงานได้ สวยงามและมี แนวความคิด ออกแบบที่แปลก ใหม่ได้เพียง แนวคิดเดียว	สร้างชิ้นงานได้ สวยงาม แต่ไม่มี แนวความคิด ออกแบบที่แปลก ใหม่	ไม่สามารถสร้าง ชิ้นงานได้สวยงาม ตามที่ออกแบบได้
ผลงาน	ออกแบบชิ้นงาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ ครบถ้วน	ออกแบบชิ้นงาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ เป็นส่วนใหญ่	ออกแบบชิ้นงาน ได้สอดคล้องกับ ปัญหาหรือสนอง ความต้องการได้ เป็นบางส่วน	ออกแบบชิ้นงาน ไม่สอดคล้องกับ ปัญหาหรือไม่ สนอง ความ ต้องการ
การทำงานเป็น ทีม	สมาชิกกลุ่มทุก คนมีส่วนร่วมใน การปฏิบัติงาน กลุ่มยอมรับฟัง ความคิดเห็นผู้อื่น อย่างมีเหตุผล และสร้างสรรค์	สมาชิกกลุ่มส่วนใหญ่มีส่วนร่วมใน การปฏิบัติงาน กลุ่มยอมรับฟัง ความคิดเห็นผู้อื่น อย่างมีเหตุผล และสร้างสรรค์	สมาชิกกลุ่ม บางส่วนมีส่วน ร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์	สมาชิกกลุ่มไม่มี ส่วนร่วมในการ ปฏิบัติงานกลุ่ม ยอมรับฟังความ คิดเห็นผู้อื่นอย่าง มีเหตุผลและ สร้างสรรค์
การใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบมี การระดมแนวคิด	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบมี การระดมแนวคิด	มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ แต่ ไม่มีการระดม	ไม่มีการใช้ กระบวนการคิด เชิงออกแบบ

รายการประเมิน	ระดับ			
	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ควรปรับปรุง (1 คะแนน)
	และแสดงถึงการ ใช้แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการตัดสินใจ ในการออกแบบ	แต่ไม่ได้นำ แนวคิดมาเป็น พื้นฐานการตัดสินใจ ในการออกแบบ	แนวคิด	
การนำเสนอ	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจอธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงาน ที่เข้าใจง่ายและ ตอบคำถาม ชัดเจน	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจอธิบาย ขั้นตอนการ ออกแบบชิ้นงาน ที่เข้าใจง่ายแต่ ตอบคำถาม ชัดเจน	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยาก หรือตอบ คำถามชัดเจน	นำเสนอผลงานได้ น่าสนใจแต่ อธิบายขั้นตอน การออกแบบ ชิ้นงานที่เข้าใจ ยาก และตอบ คำถามชัดเจน

## แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

### ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

(สำหรับผู้เชี่ยวชาญและครูผู้สอน)

ผู้บันทึก.....ตำแหน่ง.....  
 วัน/เดือน/ปี ที่บันทึก..... เวลา.....น.  
 หน่วยการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

คำชี้แจง ให้ผู้เชี่ยวชาญ/ครูผู้สอนสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วย  
 กระบวนการออกแบบ

เชิงวิศวกรรม

#### 1. ความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้

##### 1.1 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1.1 ขั้นระบุปัญหา เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือ  
 ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือ  
 วิธีการในการแก้ปัญหา

จุดเด่น

.....  
 .....

จุดด้อย

.....  
 .....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....  
 .....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....  
 .....



**1.1.2** ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

จุดเด่น

.....

.....

.....

จุดด้อย

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

**1.1.3** ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

จุดเด่น

.....

.....

.....

จุดด้อย

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

**1.1.4** ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้าง  
 ชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

จุดเด่น

.....

.....

.....

จุดด้อย

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

1.1.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

จุดเด่น

.....

.....

.....

จุดด้อย

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

1.1.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

จุดเด่น

.....

.....

.....

จุดด้อย

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้นตอนมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้นตอนมีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อะไรนอกเหนือจากจุดประสงค์ที่ระบุหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งนี้ มีแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่...../...../.....

ตาราง 18 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
		1	2	3			
<b>1. สาระสำคัญ</b>							
1.1	การเขียนสาระสำคัญในแผนกระชับ ครอบคลุม สอดคล้องตามเนื้อหาสาระ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	<b>รวม</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4.33</b>	<b>0.58</b>	<b>ดี</b>
<b>2. ด้านจุดประสงค์</b>							
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียน ด้านความรู้	5	3	5	4.33	0.58	ดี
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียน ด้านทักษะ	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2.3	จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียน ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2.4	จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุม พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม	5	3	3	3.67	1.15	ดี
2.5	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุพฤติกรรมที่ สามารถวัดและประเมินผลได้	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	<b>รวม</b>	<b>5</b>	<b>3.6</b>	<b>4.2</b>	<b>4.26</b>	<b>0.7</b>	<b>ดี</b>
<b>3. ด้านเนื้อหา</b>							
3.1	สาระการเรียนรู้ตรงตามมาตรฐานการ เรียนรู้ ผลการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
3.2	เนื้อหามีความถูกต้อง เหมาะสมกับ ระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	<b>รวม</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4.33</b>	<b>0.58</b>	<b>ดี</b>
<b>4. ด้านกิจกรรม</b>							
4.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
		1	2	3			
4.2	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	4	4	4	4.00	0	ดี
4.3	การออกแบบกิจกรรม						
4.3.1	ขั้นระบุปัญหาส่งเสริมให้ นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของ สถานการณ์	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.3.2	ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียน สามารถรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ชิ้นงาน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.3.3	ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการ ออกแบบชิ้นงานโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่ กำหนด	5	3	4	4.00	1	ดี
4.3.4	ขั้นวางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ เขียนวางแผนลำดับขั้นตอนของการ สร้างชิ้นงาน ลงมือสร้างชิ้นงานด้วย การทำงานร่วมกันได้อย่างสร้างสรรค์	4	4	4	4.00	0	ดี
4.3.5	ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถ ทำการทดสอบและประเมินการใช้งาน ของชิ้นงาน	4	4	4	4.00	0	ดี

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
		1	2	3			
4.3.6	ชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ส่งเสริมให้ นักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดแต่ละ ขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้าง ชิ้นงาน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.4	กิจกรรมเหมาะสมกับเวลา						
4.4.1	ขั้นระบุปัญหาเหมาะสมกับ ระยะเวลา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.4.2	ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหาเหมาะสมกับ ระยะเวลา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.4.3	ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เหมาะสมกับระยะเวลา	4	3	3	3.33	0.58	ปานกลาง
4.4.4	ขั้นวางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหาเหมาะสมกับระยะเวลา	4	4	4	4.00	0	ดี
4.4.5	ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงานเหมาะสมกับระยะเวลา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.4.6	ชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงานเหมาะสมกับ ระยะเวลา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.5	กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ ระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.6	กิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไป ปฏิบัติได้จริง	5	4	4	4.33	0.58	ดี
4.7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียน สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	รวม	4.7	3.8	3.9	4.17	0.45	ดี



ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ			$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
		1	2	3			
<b>5. ด้านการวัดและประเมินผล</b>							
5.1	การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
5.2	วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	5	3	3	3.67	1.15	ดี
5.3	ระบุเกณฑ์การวัดและประเมินผลอย่าง ชัดเจน	5	3	3	3.67	1.15	ดี
5.4	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลประเมินผล ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	3	3	3.67	1.15	ดี
	<b>รวม</b>	<b>5</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.83</b>	<b>1.01</b>	<b>ดี</b>
<b>6. ด้านสื่อ</b>							
6.1	สื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.58	ดี
6.2	สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับ เนื้อหาและระดับชั้นของผู้เรียน	5	4	4	4.33	0.58	ดี
6.3	สื่อการเรียนรู้มีคุณภาพ ช่วยส่งเสริมให้ เกิดพฤติกรรมที่ต้องการวัด	4	4	4	4.00	0	ดี
6.4	สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ ทันสมัย กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้และเข้า ร่วมกิจกรรม	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	<b>รวม</b>	<b>4.7</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4.25</b>	<b>0.43</b>	<b>ดี</b>

ตาราง 19 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
 สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ  
 นวัตกรรม

รายการประเมินข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม 15	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3				
1. มีการเขียนคำชี้แจงที่เข้าใจง่าย และชัดเจน	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
2. มีการกำหนดหัวข้อในการบันทึก สอดคล้องกับขั้นตอนในการจัดการ เรียนรู้	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
3. มีการบอกรายละเอียดของ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
4. มีข้อความที่ชัดเจน นำไปสู่การ สะท้อนการจัดการเรียนรู้ได้ตรง ตามวัตถุประสงค์	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
5. มีการลำดับขั้นตอนการบันทึก ของข้อความ	4	4	5	13	4.33	0.58	ดีมาก
6. ครอบคลุม และสามารถสะท้อน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะ เต็มศึกษาด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
7. สอดคล้องกับการพัฒนาการ จัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	5	4	5	14	4.67	0.58	ดีมาก
8. มีหัวข้อในการสรุปปัญหา/แนว ทางการแก้ไขที่ชัดเจน	5	5	5	15	5.00	0.00	ดีมาก
9. สามารถได้ข้อสรุปที่นำไปสู่การ พัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ใน วงรอบถัดไป	4	5	4	13	4.33	0.58	ดีมาก
<b>รวม</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>44</b>	<b>129</b>	<b>4.78</b>	<b>0.26</b>	<b>ดีมาก</b>



ประวัติผู้วิจัย

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววรรณิภา เวทการ
วัน เดือน ปี เกิด	10 มกราคม 2538
ที่อยู่ปัจจุบัน	142 หมู่ 5 ต.รามะสัก อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง 14120
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสรรพพยาวิทยา หมู่ 4 ต.สรรพพยา อ.สรรพพยา จ.ชัยนาท 17150
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2561 โรงเรียนสรรพพยาวิทยา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 วท.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยพะเยา
	พ.ศ. 2561 ป.บัณฑิต (วิชาชีพครู) มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

