

**การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์**

สายชล สุกร

**การค้นคว้าอิสระเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มิถุนายน 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร**

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์” เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรินภา กิจเกื้อกูล)
หัวหน้าภาควิชาการศึกษา
มิถุนายน 2562

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา และได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้การทำวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจแก้ไข เครื่องมือวิจัยและให้คำแนะนำสำหรับการทำการวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบพระคุณผู้บริหาร คณาจารย์ทุกท่าน ตลอดจนผู้เข้าร่วมวิจัย ที่ได้เปิดโอกาสและให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนเป็นผู้ให้ข้อมูลการสะท้อนผลการวิจัยในครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณ ทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

สายชล สุกร

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์
ผู้วิจัย	สายชล สุกร
สถานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกันธ์ชัย ชะนูนันท์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561
คำสำคัญ	สะเต็มศึกษา การใช้ปัญหาเป็นฐาน การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) ศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และ 2) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน(P) การปฏิบัติ (A) การสังเกต (O) และการสะท้อนผล (R) ซึ่งเป็นวงจรที่ต่อเนื่องกัน 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาและการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า

ผลการวิจัยพบว่า 1) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การเน้นกระบวนการกลุ่ม มีการกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสะท้อนความคิดและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปราย และมีการติดตามให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดจะทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น 2) นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสูงขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 สอดคล้องกับผลการทดสอบด้วยแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งมีนักเรียนส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 72.78 อยู่ในระดับสูง

Title ENHANCING THE COLLABORATIVE PROBLEM SOLVING COMPETENCY OF 12th GRADE STUDENRS BASED ON STEM EDUCATION THROUGH PROMBLEM BASED LEARNING IN THE TOPIC OF POLYMER

Author Saichon Sukon

Adivisor Assistant Professor Skonchai Chanunan, Ed.D.

Academic Paper Independent Study M.ED. Science Education
Naresuan University, 2018

Keywords STEM Education, Problem–based Learning
Collaborative Problem Solving

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to study the development of teaching approach based on STEM education through problem based learning to enhance the collaborative problem solving competency (CPS), and 2) to study the effect of teaching approach to promote collaborative problem solving competency (CPS). The research methodology was the action research through a continuous PAOR in three cycles. The target group was 15 students of grade 12th in the academic year of 2018. The research instruments consisted of the lesson plan, Reflect journal, CPS observation form and CPS test. Data analysis by content analysis and data creditability by triangulation method were used.

The research results indicated that 1) the teaching approach based on STEM education through problem based learning that interesting problem and related to daily life, focusing on group process, encouraging students to reflect and evaluate their ideas with discussion and make suggestions can improve students tended to have a better development of the problem solving competency. 2) Student's collaborative problem solving competency increased significantly from the first to third cycle. In addition, this result agreed with the result by using CPS test showed that 72.78% of students were at the high level.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	4
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	9
หลักสูตรสถานศึกษา.....	11
การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	14
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	47
รูปแบบการวิจัย.....	47
ผู้เข้าร่วมวิจัย.....	50
บริบทของโรงเรียน.....	50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	64
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
4 ผลการวิจัย.....	68
ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหา เป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์.....	68
ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์.....	93

สารบัญ

บทที่	หน้า
5 บทสรุป.....	122
สรุปผลการวิจัย.....	122
อภิปรายผล.....	126
ข้อเสนอแนะ.....	132
บรรณานุกรม	133
ภาคผนวก	139
ประวัติผู้วิจัย	203

สารบัญญัตินำ

ตาราง	หน้า
1 แสดงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานของลูและคณะกับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	28
2 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	34
3 แสดงกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	38
4 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015.....	39
5 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้	56
6 แสดงสรุปแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	62
7 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	75
8 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	83
9 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	89
10 แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้	93
11 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 1 เรื่อง พลาสติก.....	143
12 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 2 เรื่อง ยาง.....	146
13 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 3 เรื่อง เส้นใย.....	149
14 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์.....	152

สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ.....	32
2 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในแต่ละวงจร.....	48
3 แสดงตัวอย่างการบันทึกอุปกรณ์และสารเคมีในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก	72
4 แสดงตัวอย่างการทำพลาสติกชีวภาพเพื่อนำไปทำถุงเพาะชำ เรื่อง พลาสติก.....	73
5 แสดงตัวอย่างการนำเสนอจากกิจกรรม เรื่อง พลาสติก	74
6 แสดงตัวอย่างการวางแผนสำรองและการให้เหตุผลในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง.....	81
7 แสดงตัวอย่างการบันทึกองค์ความรู้เพิ่มเติมศึกษาจากกิจกรรม เรื่อง ยาง ลงในสมุด นักเรียน.....	83
8 แสดงตัวอย่างการทำกระดาษซับน้ำมัน เรื่อง เส้นใย.....	88
9 แสดงการเปรียบเทียบการบันทึกหน้าที่ของสมาชิกในใบกิจกรรมวงจรปฏิบัติการ ที่ 1 กับวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	97
10 แสดงสมรรถนะการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม ระดับสูงของนักเรียน S6.....	98
11 แสดงสมรรถนะการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม ระดับสูงของนักเรียน S12.....	98
12 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	99
13 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2... ..	100
14 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง เส้นใย ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	100
15 แสดงสมรรถนะการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับสูง ของนักเรียน S9.....	100
16 แสดงสมรรถนะการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับสูง ของนักเรียน S3.....	100

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
17 แสดงภาพตัวอย่างการสื่อสารกันในการดำเนินงานภายในกลุ่ม เรื่อง เส้นใย ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	102
18 แสดงสมรรถนะการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน กลุ่มระดับสูงของนักเรียน S1	102
19 แสดงสมรรถนะการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน กลุ่มระดับสูงของนักเรียน S8	102
20 แสดงสมรรถนะการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันระดับสูงของนักเรียน S1.....	104
21 แสดงสมรรถนะการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันระดับสูงของนักเรียน S12.....	104
22 แสดงการบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	105
23 แสดงตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองในใบกิจกรรม เรื่อง เส้นใย วงจรปฏิบัติการ ที่ 3.....	106
24 แสดงสมรรถนะการร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ระดับสูงของนักเรียน S1	106
25 แสดงสมรรถนะการร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ระดับสูงของนักเรียน S13.....	106
26 แสดงตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในการทำพลาสติกชีวภาพเพื่อนำมา ทำถุงเพาะชำในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	107
27 แสดงตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2.....	108
28 แสดงตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในใบกิจกรรม เรื่อง เส้นใย ในวงจร ปฏิบัติการที่ 3.....	109

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
29 แสดงสมรรถนะการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงานระดับสูงของนักเรียน S3.....	109
30 แสดงสมรรถนะการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงานระดับสูงของนักเรียน S8.....	109
31 แสดงสมรรถนะการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จระดับสูงของนักเรียน S8.....	111
32 แสดงสมรรถนะการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จระดับสูงของนักเรียน S15.....	111
33 แสดงตัวอย่างการบันทึกผลการทดสอบพลาสติกชีวภาพในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติกในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	112
34 แสดงสมรรถนะการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงานระดับสูงของนักเรียน S14.....	113
35 แสดงสมรรถนะการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงานระดับสูงของนักเรียน S4.....	113
36 แสดงตัวอย่างการไม่เข้าใจหน้าที่ของนักเรียนจากการบันทึกในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	115
37 แสดงสมรรถนะการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S2.....	115
38 แสดงสมรรถนะการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S15.....	116
39 แสดงสมรรถนะการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ระดับสูงของนักเรียน S11.....	117
40 แสดงสมรรถนะการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ระดับสูงของนักเรียน S4.....	117

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
41 แสดงสมรรถนะการอธิบายและประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ระดับสูง ของนักเรียน S1.....	119
42 แสดงสมรรถนะการอธิบายและประพจน์ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ระดับสูง ของนักเรียน S1.....	119
43 แสดงสมรรถนะการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ระดับสูงของนักเรียน S8.....	120
44 แสดงสมรรถนะการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ระดับสูงของนักเรียน S3.....	121

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคที่การเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว ความซับซ้อน และความเป็นพลวัตของสังคมในปัจจุบันก่อให้เกิดผลที่ตามมาอย่างหลากหลายทั้งด้านบวกและด้านลบ ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี การสื่อสาร ความเจริญทางด้าน การแพทย์ ระบบการเมืองการปกครอง รวมถึงความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุปโภคบริโภค ทำให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดี ในขณะที่เดียวกันสิ่งที่มาพร้อมกับความเจริญด้านต่างๆ นั่นก็คือ ปัญหาทั้งระดับนานาชาติจนถึงระดับบุคคล มนุษย์ต้องปรับตัวและแก้ปัญหาเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ต้องเป็นบุคคลที่พร้อมเรียนรู้และมีทักษะต่างๆ รวมถึงการมีทักษะในการแก้ปัญหาและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 19) ทั้งนี้ในการทำงานร่วมกันจะทำให้เกิดการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ข้อเสนอแนะที่มาจากแหล่งความรู้ มุมมอง และประสบการณ์ที่หลากหลาย ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และแนวทางการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพซึ่งได้มาจากแนวคิดของสมาชิกในกลุ่ม (OECD, 2013)

จากความสำคัญที่กล่าวมาคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้กำหนดให้ทักษะการแก้ปัญหาและการทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบทักษะชีวิตที่สำคัญ (OBEC, 2012) อีกทั้งยังเป็นทักษะสำคัญที่ต้องเกิดขึ้นกับผู้เรียนในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 (Ministry of Education, 2012) ที่จะสร้างและพัฒนาเป็นภูมิคุ้มกันชีวิตให้กับเด็กและเยาวชนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อให้มีศักยภาพที่จะแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ทั่วโลก ตามที่กล่าวมานี้มีความสอดคล้องกับความสำคัญของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการรวมกันของทักษะการทำงานร่วมกันและทักษะที่จำเป็นในการแก้ปัญหา โดยองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ได้วิเคราะห์ว่าการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจำเป็นสำหรับการทำงานในอนาคต และการแก้ปัญหามาตรฐานการทำงานในยุคปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพ มักเกิดจากการทำงานร่วมกันเป็นทีม จึงมีการปรับหลักสูตรการเรียนการสอนในหลายประเทศ โดยมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมทักษะการสื่อสารและทักษะความร่วมมือ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของสมรรถนะนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (OECD, 2013)

จากผลการประเมิน PISA 2015 ที่ประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือ CPS (Collaborative Problem Solving) พบว่า ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเท่ากับ 436 คะแนน ในขณะที่หลายประเทศทั่วโลกที่มีคะแนนเฉลี่ย 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ซึ่งชี้ให้เห็นว่านักเรียนไทยยังขาดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และผลการประเมินดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการที่ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาเคมี พบว่าในการทำงานหรือการทำภารกิจที่ได้รับมอบหมายประเภทรายบุคคลนักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนดได้ แต่เมื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายหรือในการแก้ปัญหาต่างๆ เป็นกลุ่ม พบว่าจะมีแค่สมาชิกในกลุ่มบางส่วนที่ทำทั้งหมดโดยที่สมาชิกที่เหลือไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรม หรือสมาชิกทุกคนร่วมกันทำกิจกรรมแต่แบ่งแยกงานกันอย่างชัดเจนให้ความสำคัญกับงานของตัวเองเป็นหลัก โดยไม่มีการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มหรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อย ขาดการวางแผนร่วมกัน ทำให้งานหรือการแก้ปัญหานั้นๆ ล่าช้า ไม่ประสบผลสำเร็จหรือไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร อีกทั้งอาจเกิดความขัดแย้งระหว่างกลุ่มในการทำกิจกรรมร่วมกัน แสดงให้เห็นว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่ส่งเสริมกระบวนการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยส่วนใหญ่เป็นการสอนแบบบรรยาย รวมถึงไม่มีการส่งเสริมกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นระบบ และเนื่องจากการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นมีความซับซ้อนจึงจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะที่หลากหลายในการการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงควรจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้และทักษะต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตจริงผ่านกระบวนการกลุ่ม

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นและสามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ ทั้งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ความรู้ทางด้านวิศวกรรม และความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนของปัญหา (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 49-56) และเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีคิดการตั้งคำถาม แก้ปัญหา และทำให้นักเรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และสาขาต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญๆ ที่พบในชีวิตจริง (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556, หน้า 16) โดยมีวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาอยู่หลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีจุดเน้นที่การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ของนักเรียนช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในปัญหานั้น รวมทั้งให้นักเรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และเกิดทักษะในการแก้ปัญหา (ทิตนา แชมมณี, 2547) สอดคล้องกับ Barrows; & Tamblyn (1980, หน้า 18) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการทำงานกลุ่มที่มุ่งสร้างความเข้าใจและหาทางแก้ปัญหา ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ขั้นที่ 3 การวางแผน ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรวจ ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง และขั้นที่ 6 การประเมิน (Lou, et al., 2011) จากการวิเคราะห์พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะทำให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้และทักษะมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่เหมาะสมและครอบคลุมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเพราะทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาและอธิบายสาเหตุของปัญหาผ่านการอภิปรายกลุ่มและการอภิปรายหน้าชั้นเรียน สามารถกำหนดบทบาทของตนเองและสมาชิกกลุ่มในการแก้ปัญหาได้ สามารถร่วมกันวางแผนและลงมือแก้ปัญหา รวมถึงมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ผ่านการนำเสนอ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของจรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ที่กล่าวว่า ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือต้องมีการเน้นให้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันมากขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้นำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาประยุกต์ใช้และพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทและส่งเสริมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์เนื้อหาในรายวิชาเคมีที่สามารถนำมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ พบว่าเนื้อหาเรื่อง พอลิเมอร์ มีวัตถุประสงค์ให้นักเรียนได้มีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำความรู้เรื่องพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์ได้ และ

คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้พอลิเมอร์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในบทเรียนนี้จึงเหมาะสมที่จะจัดในรูปแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนเพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้เกี่ยวกับพอลิเมอร์ไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องของพอลิเมอร์ในชีวิตจริง โดยผ่านกระบวนการกลุ่ม ตลอดจนตระหนักถึงผลกระทบของการใช้ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ที่มีต่อการดำรงชีวิตและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในชีวิตประจำวันของเรามีการใช้ประโยชน์จากพอลิเมอร์อย่างแพร่หลาย และแนวโน้มการเพิ่มจำนวนของขยะจากพอลิเมอร์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนั้นก็ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและอยู่ใกล้ตัวนักเรียนอีกด้วย

จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นวิธีการที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนให้ดีขึ้น เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพและเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถ และมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21

คำถามวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ควรจัดการเรียนรู้อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้หรือไม่ อย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์
2. ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

1.1 วิทยาศาสตร์ (Science) ได้แก่ ความรู้ในรายวิชาเคมี 5 เรื่อง พอลิเมอร์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้แก่ 1) พลาสติก 2) ยาง 3) เส้นใย และการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะ ทดลอง และแก้ปัญหา

1.2 เทคโนโลยี (Technology) ได้แก่ ความรู้ ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและสารสนเทศเพื่อใช้ในการสืบค้น และการออกแบบวิธีแก้ปัญหาตามกระบวนการทางเทคโนโลยี ได้แก่ การวางแผนในการแก้ปัญหา การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา รวมถึงการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

1.3 วิศวกรรม (Engineering) ได้แก่ กระบวนการที่ใช้ในการวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับกระบวนการทางเทคโนโลยี

1.4 คณิตศาสตร์ (Mathematics) ได้แก่ การใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

2. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย ในงานวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีสายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 15 คน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์

3.2 สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของลูและคณะ (Lou, et al., 2010, p. 199) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนร่วมระบุปัญหาผ่านการอภิปรายในกลุ่มและชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อระบุสาเหตุและเงื่อนไขของปัญหา และนำมาสืบค้นวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องวางแผนงานในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage) เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างวิธีการทางเลือกอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา หรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้าเพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาตามแผนการหลักหรือตามแผนการสำรองที่วางเอาไว้ นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงวิธีการแก้ปัญหาย่างง่ายดาย

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage) เป็นขั้นการประเมินการแก้ปัญหาในขั้นก่อนหน้าและการปรับปรุงแก้ไขหากมีข้อผิดพลาด พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้

2. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) หมายถึง ทักษะการแก้ปัญหาที่เกิดจากการร่วมมือกันของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปในการแก้ปัญหานึง ๆ โดยจะต้องเกิดจากการระดมความคิดของแต่ละคนเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา หาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ รวมถึงการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา มี 3 สมรรถนะ ดังนี้

2.1 การสร้างและรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง ผู้เรียนสามารถสื่อสารอภิปรายร่วมกัน เพื่อแบ่งปันข้อมูล ทำความเข้าใจ และตกลงร่วมกันเพื่อที่จะระบุปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร เกิดจากสาเหตุใด รวมถึง การสื่อสารร่วมกันถึงวิธีการดำเนินงาน การออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน และการอภิปรายร่วมกัน ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และการหาวิธีการแก้ไขปัญหาร่วมกัน

2.2 การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสม (Taking appropriate action to solve problem) คือ หลังจากที่ผู้เรียนร่วมกันระบุปัญหาแล้ว ทุกคนสามารถระดมความคิดร่วมกัน เพื่อที่จะศึกษาและเลือกแนวทางที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น

2.3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintain team organization) หมายถึง ผู้เรียนรู้จักหน้าที่ และบทบาทของตนเอง รวมถึงปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับ

มอบหมาย อีกรู้ทั้งทุกคนต้องปฏิบัติตามกฎและระเบียบของกลุ่มตามที่ตกลงกันเอาไว้ การติดตามและปรับแก้ความเข้าใจที่มีร่วมกัน

โดยการวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจะใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่สร้างขึ้นตามกรอบการประเมินของ PISA 2015

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.2 มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศ
 - 1.3 มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
2. หลักสูตรสถานศึกษา
 - 2.1 พันธกิจ
 - 2.2 เป้าประสงค์
 - 2.3 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม วิชาเคมี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 - 3.1 สะเต็มศึกษา
 - 3.2 การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
 - 3.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
4. สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 - 4.1 ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 - 4.2 ความสำคัญของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 - 4.3 กรอบโครงสร้างการประเมินด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
 - 4.4 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยในประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1. มาตรฐาน และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบนั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ว 8.1 ม.4 – 6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4 – 6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4 – 6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4 – 6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4 – 6/10 ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

ว 8.1 ม.4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดกระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

2. มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศ

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ง 2.1 ม.4-6/5 วิเคราะห์และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของเทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ง 2.1 ม.4-6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

3. มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ค 6.1 ม.4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม 4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

หลักสูตรสถานศึกษา

1. พันธกิจ

1.1. สร้างความเสมอภาคและเพิ่มโอกาสเข้าถึงบริการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

1.2. ส่งเสริมการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความรู้คู่คุณธรรมตามมาตรฐานสากล

บนพื้นฐานความเป็นไทย

1.3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้สู่การมีอาชีพ

1.4. ส่งเสริมสนับสนุนการสร้างและใช้แหล่งเรียนรู้ วัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น

และเทคโนโลยี

1.5. ส่งเสริมและพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา

2. เป้าประสงค์

2.1. ผู้เรียนได้รับความเสมอภาคและโอกาสทางการศึกษาอย่างทั่วถึง

2.2. ผู้เรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานการศึกษา ทักษะอาชีพ และทักษะชีวิต

ดำรงชีวิตอย่างพอเพียงบนพื้นฐานของความเป็นไทย

2.3. บุคลากรมีความรู้ ความสามารถ และมีเจตคติที่ดีในการทำงาน เป็นแบบอย่างที่ดีในด้านคุณธรรม จริยธรรม

2.4. มีระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน และพัฒนาคุณภาพการศึกษาโดยความร่วมมือของทุกฝ่าย

2.5. อาคาร สถานที่ วัสดุอุปกรณ์ สื่อเทคโนโลยี นวัตกรรมทางการศึกษา และแหล่งเรียนรู้ทั้งในและนอกสถานศึกษามีอย่างพอเพียงและมีประสิทธิภาพ

2.6. ผู้เรียนมีความเป็นเลิศทางด้านคุณธรรม จริยธรรม วิชาการ ทักษะอาชีพ และทักษะชีวิต

3. โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติม วิชาเคมี 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ว 30225 เคมี 5

คำอธิบายรายวิชา ว 30225

ศึกษาความหมายของสารประกอบอินทรีย์และเคมีอินทรีย์ การเขียนสูตรโครงสร้างแบบลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม ศึกษาทดลองการเกิดไอโซเมอร์ของสารประกอบอินทรีย์ ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับหมู่อะตอมที่แสดงสมบัติเฉพาะหรือหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลของสาร ศึกษาหมู่ฟังก์ชันการจำแนกประเภทของสารประกอบอินทรีย์ ศึกษาโครงสร้าง การเขียนสูตร การเรียกชื่อ แนวโน้มของจุดหลอมเหลวและจุดเดือด การละลายในน้ำ ปฏิริยาบางชนิด การนำไปใช้ประโยชน์ และอันตรายของสารประกอบอินทรีย์ประเภทแอลเคน แอลคีน แอลไคน์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์ เอมีน และเอไมด์ ศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การเตรียมเอสเทอร์จากปฏิริยา ที่เรียกว่าเอสเทอร์ฟิเคชัน และปฏิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์

ศึกษาการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ การสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและแยกแก๊สธรรมชาติ เลขออกเทน เลขซีเทน อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและการใช้ประโยชน์ของปิโตรเคมีภัณฑ์ ศึกษาประเภทของพอลิเมอร์และปฏิริยาพอลิเมอร์สังเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ ศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ประเภทต่างๆ ศึกษาทดลองสมบัติบางประการของพลาสติกชนิดต่างๆ และการเตรียมเส้นใยสังเคราะห์จากเส้นใยธรรมชาติ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ และการนำพอลิเมอร์ไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมและปลอดภัย มลพิษที่อาจเกิดขึ้น และแนวทางในการป้องกัน

ศึกษาธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลัก โครงสร้าง ชนิด หน้าที่ แหล่งที่พบ และประโยชน์ของโปรตีนคาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิก ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการทดสอบโปรตีนในอาหาร ศึกษาสมบัติและการทำงานของเอนไซม์ และการเรียกชื่อ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของเอนไซม์และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ศึกษาและทดลองการแปลงสภาพโปรตีน สมบัติบางประการและปฏิริยาเฉพาะของคาร์โบไฮเดรต การละลายของน้ำมันและไขมันในตัวทำละลายบางชนิด ปฏิริยาไฮโดรลิซิสของน้ำมันหรือไขมันซึ่งเป็นเอสเทอร์ด้วยสารละลายเบส ศึกษาความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุล

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและปฏิริยาของสารประกอบอินทรีย์ เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ สารชีวโมเลกุล โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้

ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน มีความสามารถในการจัดกระทำ และวิเคราะห์ข้อมูล รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. บอกความแตกต่างระหว่างสารประกอบอินทรีย์กับสารประกอบอนินทรีย์ได้
2. อธิบายเหตุผลที่ทำให้มีสารประกอบอินทรีย์เป็นจำนวนมากได้
3. เขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในรูปสูตรแบบ ลิวอิส แบบย่อ แบบผสม แบบใช้เส้นและมุม
4. เขียนไอโซเมอร์โครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้
5. ระบุประเภทของสารประกอบอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
6. บอกประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยใช้พันธะในโมเลกุลและสมบัติบางประการเป็นเกณฑ์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
7. อธิบายความแตกต่างระหว่างซิสไอโซเมอร์กับทรานส์ไอโซเมอร์ พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
8. เรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้
9. สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ได้
10. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
11. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของสารประกอบอินทรีย์ประเภทต่างๆ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
12. บอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์บางชนิดได้
13. อธิบายการเกิดและองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ชนิดต่างๆ ได้
14. อธิบายการใช้ประโยชน์จากถ่านหินและหินน้ำมันได้
15. อธิบายกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบและการแยกแก๊สธรรมชาติ พร้อมทั้งยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้และการนำไปใช้ประโยชน์ได้
16. อธิบายความหมายของปิโตรเลียม เลขออกเทน เลขซีเทน ปิโตรเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น อุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต่อเนื่อง

17. อธิบายความหมายของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้
18. อธิบายการเกิดพอลิเมอร์และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของ พอลิเมอร์ได้
19. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้
20. อธิบายความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์และยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์สังเคราะห์ได้
21. อธิบายผลที่เกิดจากการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อมได้
22. บอกวิธีการนำผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ไปใช้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมได้
23. อธิบายโครงสร้างของโพรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้
24. บอกสมบัติ และการทดสอบไขมัน โพรตีนและคาร์โบไฮเดรตได้
25. บอกประโยชน์ของโพรตีน คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และกรดนิวคลีอิกได้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1. สะเต็มศึกษา

1.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่าน รวมไปถึงองค์กรหลายแห่งได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ดังนี้

ไบร์เนอร์ และคณะ (Breiner, et al., 2012, p.1) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา คือ การรวมแนวคิดจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมมาบูรณาการโดยมุ่งเน้นให้นำความรู้จากวิชาเหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาโลกแห่งความจริง

โรเบิร์ต (Roberts, 2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 86) ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นวิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมสามารถทำได้โดยจัดการ เรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ การแก้ปัญหา การค้นพบ และการใช้ยุทธวิธีการ สำรวจ ฉะนั้นโรเบิร์ตจึงมองว่า สะเต็มศึกษาอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การบูรณาการ เนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และการบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลง

สู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือวิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

National Academy of Sciences (2014 หน้า 14) ได้กำหนดความหมาย ของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ ประกอบด้วยกฎ ของธรรมชาติที่มีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา รวมถึงหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่ เกี่ยวข้อง กับสาขาวิชาเหล่านี้ วิทยาศาสตร์เป็นทั้งองค์ความรู้และกระบวนการที่ได้รับการสร้างและ สะสม มาอย่างยาวนานโดยผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ นำไปสู่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. เทคโนโลยี (Technology) ถึงแม้เทคโนโลยีจะไม่ใช่สาขาวิชาโดยเฉพาะ แต่ เทคโนโลยีนั้นประกอบด้วยระบบการจัดการทรัพยากรของมนุษย์และองค์กร ความรู้ กระบวนการ และ เครื่องมือที่นำไปใช้ในการสร้างและการดำเนินการประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ตั้งแต่อดีต มนุษย์ได้ผลิตเทคโนโลยีเพื่อมาอำนวยความสะดวกและตอบสนองต่อความต้องการของตนเอง เทคโนโลยี สมัยใหม่คือผลิตผลจากวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเครื่องมือเทคโนโลยีต่างๆ ซึ่ง ถูกนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ชีวิตและการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์อีก ด้วย

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นสาขาวิชาที่ประกอบด้วยองค์ความรู้และ กระบวนการ เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยมนุษย์ ตลอดจน กระบวนการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งเงื่อนไขหรือข้อจำกัดนั้น ได้แก่ ขอบเขต ของการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งรวมถึงกฎของธรรมชาติและวิทยาศาสตร์ และเงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดอื่นๆ ได้แก่ เวลา เงิน วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ การควบคุมดูแลสิ่งแวดล้อม กระบวนการผลิต และความสามารถในการซ่อมบำรุงรักษา เป็นต้น วิศวกรรมศาสตร์ใช้แนวความคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการดำเนินการทางวิศวกรรม

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ ตัวเลขและพื้นที่ โดยกรอบแนวคิดหรือขอบเขตของคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย ฟังก์ชัน เรขาคณิต สถิติ ความน่าจะเป็น อีกทั้งคณิตศาสตร์ยังถูกนำไปใช้ใน วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมาย สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ในวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม

เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้ง การพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน ช่วยผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชากับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิดตั้งคำถาม แก้ปัญหา การหาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

มนตรี จุฬาวัดมนทล (2556, หน้า 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ที่พบในชีวิตจริง

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, หน้า 50) ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษาคือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2555, หน้า 4) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือ คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้หมายรวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปความหมายของสะเต็มศึกษาได้ว่าเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ

คณิตศาสตร์ โดยการนำองค์ความรู้ ทฤษฎี ตลอดจนจุดเด่นของแต่ละสาขามาผสมผสานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา สร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ เพราะในโลกของความเป็นจริงนั้นจำเป็นที่จะต้องอาศัยองค์ความรู้ต่างๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน

1.2 ลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษามีแนวคิดและลักษณะในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2013, หน้า 50)

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ คณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชา มาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ

เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่ มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียน ได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิด รวบรวม (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมาคือการส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่า ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษา

ให้แต่ละรัฐนำสะเต็มศึกษามาใช้ ผลจากการศึกษา พบว่า ผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์ พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าผู้สอนสามารถใช้สะเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา มีการนำสะเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิด สร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

นอกจากนี้ทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2557) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะ 5 ประการ ได้แก่ 1) เป็นการสอนที่เน้น การบูรณาการ 2) ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้งสี่กับชีวิตประจำวัน และการทำอาชีพ 3) เน้นการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 4) ทำทลายความคิดของผู้เรียน และ 5) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น และความเข้าใจที่สอดคล้องกับเนื้อหาทั้งสี่วิชา ซึ่งจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ ส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อีกทั้งเห็นว่า วิชาเหล่านั้นเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สามารถนำมาใช้ได้ทุกวัน ซึ่งนอกเหนือจากนี้ยังกล่าวได้อีกว่า สะเต็มศึกษานั้นจะมุ่งเน้นการบูรณาการ (Focus on Integration) โดยจะมีการบูรณาการระหว่างสาขาวิชา (Interdisciplinary approach) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้มองเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิดต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานและความเชื่อมโยงของข้อมูล รวมทั้งการประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นสามารถบูรณาการได้หลายชั้น ซึ่งสามารถแบ่ง ระดับชั้นของการบูรณาการได้เป็น 4 ชั้นจากน้อยไปมากได้ดังนี้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 103 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary): ในขั้นนี้ผู้สอนจะจัดการเรียนการสอนทางด้านเนื้อหาและทักษะทางปฏิบัติการแยกเป็นสาขาวิชาทั้งสี่สาขาวิชาสะเต็มศึกษาแยกกันเป็น วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหาและมีการฝึกในแต่ละวิชาแยกกัน

2. การบูรณาการพหุวิทยาการ (Multidisciplinary): ชั้นนี้ผู้สอนจะจัดเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการแยกกันในแต่ละสาขาวิชาสะสมศึกษา แต่จะมีการกำหนดหัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เหมือนกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้ โดยผู้เรียนจะได้เรียนเนื้อหาและฝึกปฏิบัติการของแต่ละวิชาสะสมศึกษาโดยมีหัวข้อหลักกำหนดไว้อยู่

3. การบูรณาการสหวิทยาการ (Interdisciplinary): สำหรับชั้นนี้จะมีระดับในการบูรณาการสูงมากกว่าแบบที่หนึ่งและแบบที่สอง คือ ผู้สอนอาจจะมีมากกว่า 1 คน ที่จะช่วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในด้านเนื้อหาและทักษะการปฏิบัติการรวมกันมากกว่า 1 สาขาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของวิชาเหล่านั้น โดยผู้เรียนจะได้เรียนทั้งเนื้อหา และฝึกทักษะของ สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกันผ่านกิจกรรมที่ได้จัดไว้

4. การบูรณาการข้ามวิชา (Transdisciplinary) ในชั้นนี้ผู้สอนของทั้งสี่สาขาวิชาสะสมศึกษาจะร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะปฏิบัติการที่ได้จากทั้งสี่สาขาวิชาสะสมศึกษามาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งผู้เรียนจะได้รับความรู้ทางด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของทั้งสี่สาขาวิชาสะสมศึกษาแล้ว ผู้เรียนจะประยุกต์นำความรู้และทักษะที่ได้ไปใช้แก้ไขปัญหาในชีวิตจริง

ดังนั้นจะเห็นว่าลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสะสมศึกษานั้นเป็นการบูรณาการของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่ได้แยกส่วนการจัดการเรียนรู้เป็นสาขาวิชาเฉพาะ แต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการบูรณาการความรู้จากทั้งสี่สาขาวิชาในการสร้างองค์ความรู้และการแก้ปัญหาในบริบทของสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้องค์ความรู้และทักษะปฏิบัติการเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันด้วย เนื่องจากสะสมศึกษาเป็นการบูรณาการด้านบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันด้วย ทั้งนี้ ระดับในการบูรณาการที่ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้นั้นก็มีอยู่ถึง 4 ระดับ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งจะจัดการเรียนรู้ในระดับการบูรณาการไหนนั้นขึ้นอยู่กับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยวางเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะสมศึกษาในระดับการบูรณาการแบบสหวิทยาการเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2. การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

2.1 ความหมายการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีความหมายที่หลากหลายแตกต่างกัน ซึ่งมีผู้อธิบายความหมายของการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานกันไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2555) ได้ให้ความหมาย การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า วิธีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยจัดกิจกรรม ให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงและดำเนินการแก้ปัญหา โดยเชื่อว่า กระบวนการต่างๆ ที่ผู้เรียนดำเนินการ เช่น การคิดวิเคราะห์ปัญหา การแสวงหาทางแก้ปัญหา ปฏิบัติการแก้ปัญหา การเก็บข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผล โดยผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง รวมทั้งช่วยพัฒนาทักษะการคิดและทักษะทางสังคมของผู้เรียนได้ด้วย

เมเจอร์ และคณะ (Major, et al., 2000, p.2) กล่าวว่า วิธีการแก้ปัญหาเป็น รูปแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถพัฒนาการเรียนรู้ ความเข้าใจ เนื้อหา และทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน (6)

จอห์น และคณะ (John, et al., 2011, pp.282-283) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่จัดหลักสูตรที่มีโครงสร้างการแก้ไขปัญหา อย่าง หลวมๆ เพื่อให้ให้นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และทักษะจากหลายสาขาวิชาในระดับ การศึกษาชั้นสูงวิธีการเรียนการสอนนี้ใช้ปัญหาที่ซับซ้อนและน่าสนใจเป็นบริบทและ ตัวกระตุ้นการ เรียนรู้ โดยครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกและเป็นผู้แนะแนว ส่วนนักเรียนเป็น เจ้าของกระบวนการเรียนรู้ที่ดำเนินการเพื่อหาทางแก้ปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้น

มัตซึบะ ธรรมบุศย์ (2549, หน้า 42-43) ให้ความหมายว่า การใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็น นวัตกรรมทางการศึกษาที่สามารถนำไปใช้พัฒนาหลักสูตรและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ โดยมีหลักการที่สำคัญคือผู้สอนจะใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้น ผู้เรียนใช้ แสวงหาความรู้เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนด ทิศทางการเรียนรู้ ของตนเอง (Self-Directed Learning)

อภิชัย เหล่าพิเดช และอรพิน ศิริสัมพันธ์ (2556, หน้า 760) อธิบายว่า การจัดการ เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบ สร้างสรรค์นิยม (Constructivism) โดยให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ใน โลกเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาไปพร้อมกันด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและการแก้ไขปัญหาคือหัวใจ

มองในแง่ของยุทธศาสตร์การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นเทคนิคการสอน ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะในการคิดหลายรูปแบบ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

วาสนา ภูมิ (2555, หน้า 13) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากปัญหาหรือสถานการณ์ที่สนใจผ่านทางกระบวนการทำงานกลุ่ม การสืบค้น กระบวนการทำความเข้าใจและแก้ไขปัญหาด้วยเหตุผล ซึ่งตัวปัญหานั้นจะมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริงและเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้ ผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและจัดสภาพแวดล้อมแห่งการเรียนรู้

ปราณีต เชื้อทอง (2556, หน้า 29) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นกระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้โดยมีปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบด้วยวิธีการต่างๆ จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้เป็นลักษณะกระบวนการกลุ่มซึ่งจะช่วยฝึกให้ผู้เรียนฝึกการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง รวมถึงฝึกทักษะการคิดขั้นสูง มีทักษะในการแก้ปัญหาและการทำงานเป็นทีมได้ดีขึ้น

ทิตนา แชมมณี (2557, หน้า 137-138) ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรืออาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา นั้น รวมถึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและเกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานจะใช้สถานการณ์ปัญหาจริงหรืออาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญมาเป็นบริบทของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม รวมถึงฝึกทักษะการคิดขั้นสูง เกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหา และทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

2.2 ลักษณะของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญต่างๆ ของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

จิกซีเลียร์ (Giselears, 1996, pp.13-11) กล่าวถึง ลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 3 ประการ คือ

1. การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้สร้างความรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์ ทำให้เกิดข้อมูลใหม่ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา แต่การเกิดความรู้ใหม่ก็ขึ้นอยู่กับความรู้เดิมที่มีอยู่

2. การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อนักเรียนมีโอกาสในการกำกับตนเอง ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยนักเรียนจะได้กำกับตนเอง คือ 1) กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ 2) เลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ และ 3) ประเมินผลการบรรลุจุดประสงค์ ซึ่งเป็นการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเอง

3. ปัจจัยทางสังคมและองค์ประกอบแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ เพราะเป็นปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและนำความรู้ไปใช้เป็นกระบวนการแก้ปัญหาได้ กล่าวคือรูปแบบการเรียนรู้ที่เป็นไปตามสภาพแวดล้อมที่ทำให้ผู้เรียนประสบปัญหาจริง ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาและปัจจัยทางสังคมที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล นั่นคือการทำงานเป็นกลุ่มทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน อันจะก่อให้เกิดทางเลือกที่หลากหลายที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

ชาร์ลิน และคณะ (Charin, et al., n.d. อ้างอิงใน วัลลี สัตยาศัย, 2547, หน้า 16) ได้กล่าวถึง ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 7 ประการ ได้แก่

1. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
2. เป็นยุทธวิธีทางการศึกษาที่ไม่เป็นวิธีการแบบโดดเดี่ยวแต่มักใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น การบูรณาการการเรียนเป็นกลุ่มย่อย

3. เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง

4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (Active Participation)

5. ผู้เรียนมีการกระตุ้นความรู้เดิมที่มีอยู่มาใช้

6. บรรยากาศของการเรียนเป็นไปอย่างมีความหมาย เช่น รู้ว่าสิ่งที่เรียนคือสิ่งที่จะนำไปใช้ในอนาคต

7. ผู้เรียนมีโอกาสขยายและต่อเติมความรู้ความเข้าใจให้สมบูรณ์และเป็นระบบ

ทิสนา แชมมณี (2557, หน้า 138) กล่าวถึง ลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 10 ประการ ดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนมีการร่วมกันเลือกปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือตรงกับความต้องการของผู้เรียน
 2. ผู้สอนและผู้เรียนมีการออกไปเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาจริงหรือผู้สอนอาจจะจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา
 3. ผู้สอนและผู้เรียนมีการวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุของปัญหาร่วมกัน
 4. ผู้เรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหา
 5. ผู้สอนมีการให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล ศึกษาข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูล
 6. ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
 7. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม
 8. ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และประเมินผล
 9. ผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนและให้คำปรึกษา
 10. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งด้านผลงานและกระบวนการ
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 2-3) กล่าวถึง การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานว่าประกอบไปด้วยลักษณะ 7 ประการ ได้แก่
1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเรียนรู้
 2. ปัญหาที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียนหรือมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นจริง
 3. ผู้เรียนต้องได้เรียนรู้ด้วยตนเอง มีการค้นคว้าและแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ทำการวางแผนการเรียนเองในทุกขั้นตอน
 4. ผู้เรียนได้เรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยๆ
 5. การเรียนรู้ต้องมีลักษณะการบูรณาการความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน
 6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาหลังจากการผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 7. การประเมินผลเป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของผู้เรียน

จากที่กล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ตัวปัญหาจะเป็นจุดตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ด้วยเหตุผล และการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของตัวปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา คิดวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกันแก้ปัญหา โดยความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาภายหลังจากการผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกและให้คำปรึกษา อีกทั้งประเมินผลการเรียนรู้จากผลงานและตามสภาพจริง

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังนี้

ฮัฟฟ์แมน (Huffman, 1997. p.55) เสนอ 5 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวาดภาพร่าง

ขั้นที่ 2 การกำหนดปริมาณที่รู้จักและไม่รู้จัก

ขั้นที่ 3 การเลือกสมการ

ขั้นที่ 4 การแก้สมการ

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ

ดีไลซ์เอล (Delisle, 1997, pp.26-26) กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เชื่อมโยงไปสู่ปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนควรจะรู้สึกว่ายามีความสำคัญและน่าสนใจ โดยผู้สอนควรเลือกปัญหาที่เชื่อมโยงกับสิ่งที่ผู้เรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 จัดโครงสร้าง ในขั้นนี้ผู้สอนต้องแน่ใจว่าผู้เรียนเชื่อมโยงสู่ปัญหาได้แล้ว และผู้เรียนจะต้องจัดขอบเขตการทำงานเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ โดยผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายเพื่อจัดโครงสร้างของการทำงานอันประกอบด้วย

1. แนวคิด/แนวทางในการแก้ปัญหา (Ideas)
2. ข้อเท็จจริง (Facts)
3. ประเด็นที่ต้องศึกษาค้นคว้า (Learning issues)
4. แผนการดำเนินงาน (Action plan)

ขั้นที่ 3 เข้าไปสู่ปัญหา ในขั้นนี้ผู้เรียนจะใช้กระบวนการกลุ่มในการร่วมกันสำรวจปัญหาและร่วมกันอภิปรายโครงสร้างการเรียนรู้ จากนั้น ผู้เรียนจะแบ่งหน้าที่ในการศึกษา ค้นคว้า อย่างอิสระแล้วนำความรู้ที่ได้มาเสนอต่อกลุ่มจนกระทั่งได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับแก้ปัญหา ผู้สอน

จะเป็นผู้คอยแนะนำแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจช่วยเหลือนักเรียนได้ และหลังจากทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 กลับเข้าสู่ปัญหาอีกครั้งหลังจากที่ผู้เรียนทำการศึกษาค้นคว้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนและผู้เรียนจะร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียนอีกครั้ง โดยผู้เรียนแต่ละกลุ่มรายงาน การศึกษาค้นคว้า และระหว่างประเมินผู้สอนจะทำการประเมินแหล่งข้อมูล เวลาที่ใช้ และผลลัพธ์ ทั้งหมดของการดำเนินงานของผู้เรียน ถ้าประเมินพบว่า ความรู้ที่ได้มานั้นไม่เพียงพอก็จะมีกำหนดประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกครั้ง

ขั้นที่ 5 การผลิตผลงานหรือการแสดงความสามารถ ในขั้นนี้จะนำความรู้ที่ได้มาดำเนินงานตามแผนเพื่อผลิตผลงานหรือหาคำตอบของปัญหา

ขั้นที่ 6 การประเมินกระบวนการและปัญหา ในขั้นตอนของการประเมินนี้ ทั้งผู้สอนและผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งการประเมินทักษะการเรียนรู้ การให้เหตุผล การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม และประเมินปัญหาที่นำมาใช้ด้วย

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550, หน้า 8) ได้กล่าวว่า ขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อกระตุ้นผู้เรียน ให้เกิดความสนใจ

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นที่ 3 ดำเนินการค้นคว้า ผู้เรียนดำเนินการค้นคว้าด้วยตนเอง และใช้วิธี ค้นคว้าที่หลากหลาย

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้รับมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน แล้วอภิปรายผลของความรู้ที่สังเคราะห์ว่าเหมาะสมเพียงใด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าคำตอบ ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มจะสรุปและประเมิน ผลงานของกลุ่มตนเอง แล้วสรุปเป็นองค์ความรู้อีกครั้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอผลงานและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบขององค์ความรู้ และนำเสนอในรูปแบบที่หลากหลายร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินผลงาน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีขั้นตอนที่หลากหลายแตกต่างกันไป แต่หากพิจารณาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ได้แก่ การกำหนดปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา วางแผนสำหรับการ

ดำเนินการ ดำเนินการสืบเสาะข้อมูลที่หลากหลาย นำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ประเมินผลการแก้ปัญหา และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ในปัจจุบันมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานอย่างแพร่หลาย แต่นักการศึกษาหรือนักวิชาการที่กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ชัดเจนยังมีจำนวนไม่มาก ซึ่งจากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่มีความชัดเจน มีดังนี้

Lou, et al.(2010) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนว สะเต็มศึกษาโดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนร่วมระบุปัญหาผ่านการอภิปรายในกลุ่มและชั้นเรียน

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อระบุงค์ประกอบสำคัญของปัญหา และนำมาสืบค้นวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องวางแผนทางการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage) เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างวิธีการทางเลือกอื่นๆ ในการแก้ปัญหา หรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้าเพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหาตามแผนการหลักหรือตามแผนการสำรองที่วางเอาไว้ นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงวิธีการแก้ปัญหาอย่างง่ายได้

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage) เป็นขั้นการประเมินการแก้ปัญหาในขั้นก่อนหน้าและการปรับปรุงแก้ไขหากมีข้อผิดพลาด พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้

จากลักษณะของการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นในบริบทของสะเต็มศึกษามีจุดเน้นที่การจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาเป็นตัวขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้หรือมโนคติเกี่ยวกับเนื้อหาและสามารถเชื่อมโยงความรู้ตลอดจนการประยุกต์ใช้ความรู้ในแต่ละสาขาวิชาเพื่อการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาที่ผู้สอนหยิบยกขึ้นมาในการจัดการเรียนรู้นั้นมีความ

สอดคล้องต่อชีวิตจริงของตัวผู้เรียนหรือสังคมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่ส่งเสริมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้และหากผู้สอนได้จัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนและแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม จะเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักการทำงานเป็นกลุ่มและการร่วมมือกันในการแก้ปัญหา ซึ่งถือได้ว่าสอดคล้องต่อการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของลู และคณะ (Lou, et al., 2010, p. 199) ที่ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากมีความเหมาะสมกับบริบทที่ทำการวิจัยและมีขั้นตอนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ อีกทั้งมีการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ที่จะแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงมีการวางแผนทำงานในแต่ละขั้นตอนสามารถกำหนดบทบาทของตนเองภายในกลุ่มได้ และที่สำคัญยังส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อจะหาหนทางในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ ตามรายละเอียดแสดงแต่ละขั้นตอน ตามตารางที่ 1

ตาราง 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานของลู และคณะ (Lou, at al., 2010, p. 199) กับการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานของลู และคณะ (Lou, at al.)	สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
<p>ขั้นที่ 1 การสืบค้นปัญหา</p> <p>เป็นขั้นที่ให้นักเรียนร่วมระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาผ่านการอภิปรายในกลุ่มและชั้นเรียน</p>	<p>-การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน</p> <p>-การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม</p>
<p>ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา และนำมาสืบค้นวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ประเด็นความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์</p>	<p>-การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน</p>
<p>ขั้นที่ 3 การวางแผน</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องวางแผนทางการแก้ปัญหา</p>	<p>-การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา</p> <p>-การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม</p>
<p>ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างวิธีการทางเลือกอื่น ๆ ในการแก้ปัญหา หรือเพิ่มเติมจากการพิจารณาในขั้นก่อนหน้า เพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง</p>	<p>-การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา</p> <p>-การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม</p>
<p>ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง</p> <p>เป็นขั้นที่นักเรียนจะเริ่มสร้างแบบจำลองของเป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือแก้ปัญหตามแผนการที่วางเอาไว้ หรือตามแผนสำรองที่วางเอาไว้ นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องอธิบายถึงวิธีการแก้ปัญหาย่างง่ายดาย</p>	<p>-การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน</p> <p>-การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา</p> <p>-การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม</p>
<p>ขั้นที่ 6 การประเมิน</p> <p>เป็นขั้นการประเมินการแก้ปัญหาในขั้นก่อนหน้าและการปรับปรุงแก้ไขหากมีข้อผิดพลาด พร้อมทั้งอธิบายกระบวนการและสิ่งที่ได้เรียนรู้จากขั้นตอนนี้</p>	<p>-การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน</p> <p>-การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา</p> <p>-การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม</p>

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ซึ่งถือเป็นหนึ่งในหลายๆ ทักษะที่ต้องการให้เกิดกับตัวผู้เรียนและมุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถใช้ทักษะการแก้ปัญหานี้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งในบทเรียนและชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการให้ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนี้

เฮส และคณะ (2013, p.38) ได้ให้ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือคือ ทักษะจะเกิดขึ้นต่อเมื่อบุคคลหนึ่งๆ ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเองคนเดียว จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคคลอื่น และผู้แก้ปัญหาสามารถใช้ทรัพยากรและทักษะที่หลากหลายในการเผชิญกับปัญหา แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ โดยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือนั้นจะมีโครงสร้างด้วยกัน 5 ส่วน คือ ผู้ร่วมมือ มุมมองของผู้แก้ปัญหา การควบคุมทางสังคม การควบคุมการทำงาน และการสร้างองค์ความรู้ ภายใต้องค์ประกอบ 2 องค์ประกอบ คือองค์ความรู้และบริบททางสังคม

โอนีล จุง และจุง (2015, p.371) ได้ให้นิยามสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ทักษะที่ซับซ้อนที่ใช้องค์ความรู้และสมรรถนะทางสังคมในการแก้ปัญหา โดยใช้ความเชื่อมโยงระหว่างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และทักษะการร่วมมือ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาก็จะทำให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

พอลลาสทรี และคณะ (2013, p.38) ได้นิยามความหมายของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ วิธีการแก้ปัญหาคความขัดแย้งที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับเด็ก ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ผู้สอน พ่อ แม่ หรือผู้ปกครอง ได้ทำงานร่วมกันเพื่อที่จะได้เข้าใจเด็ก และหาวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2558) ได้ให้ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ เป็นการแก้ปัญหาร่วมกันตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยนำผลประโยชน์ที่ผ่านเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคิดเพื่อหาทางออกมากกว่าการประนีประนอมกับทุกฝ่าย ซึ่งการแก้ปัญหามีวิธีการและทางออกมากกว่าหนึ่งทางที่สามารถนำทุกฝ่ายไปสู่จุดที่พอใจและได้รับผลประโยชน์สูงสุด

OECD (2013 อ้างอิงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560, หน้า 47) ได้ให้ความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ คือ ความสามารถของบุคคลในการเข้าร่วมกระบวนการของกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีสมาชิกตั้งแต่สองคนขึ้นไป และใช้ความพยายามในการแก้ปัญหาโดยการแบ่งปันความเข้าใจและความ

พยายามซึ่งจำเป็นต้องใช้เพื่อนำมาสู่แนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการรวบรวมความรู้ ทักษะ และความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา ประกอบด้วย 3 สมรรถนะหลัก ได้แก่

1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง นักเรียนต้องสามารถระบุความรู้ที่สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนมี (รู้ว่าสมาชิกแต่ละคนรู้อะไรเกี่ยวกับปัญหา) ระบุมุมมองของคนอื่นเกี่ยวกับการทำงานร่วมกัน และสร้างมุมมองร่วมกันเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา รวมถึงสามารถสังเกตติดตามว่า ความรู้ความสามารถ และมุมมองของตนเองและสมาชิกกลุ่มจะมีผลต่อการทำงานร่วมกันอย่างไร โดยในการสร้างความเข้าใจพื้นฐานและมุมมองต่างๆ ร่วมกันนี้ต้องอาศัยความสามารถในการพูดคุยสื่อสารเป็นสำคัญจึงจะทำให้งานประสบความสำเร็จได้ นอกจากนี้นักเรียนต้องสามารถสร้าง ติดตาม และเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันตลอดการทำภารกิจ โดยมีการตอบสนองเมื่อผู้อื่นร้องขอข้อเสนอแนะ ส่งข้อเสนอแนะสำคัญเกี่ยวกับงาน สร้างหรือเจรจาต่อรองเพื่อหาข้อตกลงร่วมกัน ตรวจสอบว่าใครรู้อะไรบ้างและดำเนินการเพื่อแก้ไขสิ่งที่ยังบกพร่อง ทักษะเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับเรื่องการเรียนรู้จักตนเองของนักเรียนในด้านความเชี่ยวชาญในการทำงาน และการรู้จักตนเอง จุดอ่อนของตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่มในประเด็นที่สัมพันธ์กับงาน

2. การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา (Taking appropriate action to solve the problem) หมายถึง นักเรียนต้องสามารถระบุประเภทของกิจกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และดำเนินการตามขั้นตอนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหา รวมถึงมีความพยายามในการทำความเข้าใจข้อจำกัดของปัญหา สร้างเป้าหมายของกลุ่ม ลงมือปฏิบัติงานหรือทำภารกิจที่ได้รับมอบหมาย และติดตามผลการดำเนินงาน การทำภารกิจต้อง ใช้การสื่อสาร เช่น การอธิบาย การแสดงเหตุผล การเจรจาต่อรอง และการโต้แย้งด้วยเหตุผล เพื่อที่จะส่งผ่านข้อเสนอแนะและมุมมองภายในกลุ่ม และนำไปสู่การสร้างแนวทางการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์และเหมาะสม ผู้ที่สามารถแก้ไขปัญหได้อย่างมีประสิทธิภาพจะต้องรู้ข้อจำกัดต่าง ๆ ทำตามกฎเกณฑ์ แก้ไข ได้ตรงปัญหา และประเมินความสำเร็จของแผนที่ใช้แก้ปัญหาได้

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintaining team organisation) หมายถึง นักเรียนต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนและเพื่อนร่วมกลุ่ม ใช้ความรู้ของผู้ที่มีความชำนาญในกลุ่มเป็นแนวทางในการดำเนินงาน ทำตามกฎระเบียบ และตามบทบาทหน้าที่ เฝ้าติดตามการรักษาระเบียบของกลุ่ม และส่งเสริมให้การสื่อสารภายในกลุ่ม ดำเนินต่อไป ได้ โดยไม่เกิดอุปสรรคในการแก้ปัญหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน นักเรียนที่มีสมรรถนะ

นี้จะสามารถดำเนินการจนภารกิจเสร็จสิ้น มีการสื่อสารข้อสนเทศสำคัญ รวมถึงให้ข้อเสนอแนะ และสะท้อนความคิดเห็นถึงความสำเร็จของการแก้ปัญหาของกลุ่ม

ดังนั้นจากนิยามความหมายของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจึงสามารถสรุปได้ว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ หมายถึง ทักษะการแก้ปัญหาที่เกิดจากการร่วมมือกันของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ โดยจะต้องเกิดจากการระดมความคิดของแต่ละคนเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา หาแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ รวมถึงการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของแต่ละคนซึ่งนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา มี 3 สมรรถนะ ดังนี้

1. การสร้างและรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (Establishing and maintaining shared understanding) หมายถึง ผู้เรียนสามารถสื่อสารอภิปรายร่วมกัน เพื่อแบ่งปันข้อมูล ทำความเข้าใจ และตกลงร่วมกันเพื่อที่จะระบุว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร เกิดจากสาเหตุใด รวมถึง การสื่อสารร่วมกันถึงวิธีการดำเนินงาน การออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงาน และการอภิปรายร่วมกัน ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และการหาวิธีการแก้ไขปัญหาร่วมกัน

2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสม (Taking appropriate action to solve problem) หมายถึง หลังจากที่ผู้เรียนร่วมกันระบุปัญหาแล้ว ทุกคนสามารถระดมความคิดร่วมกัน เพื่อที่จะศึกษาและเลือกแนวทางที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม (Establishing and maintain team organization) หมายถึง ผู้เรียนรู้จักหน้าที่ และบทบาทของตนเอง รวมถึงปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย อีกทั้งทุกคนต้องปฏิบัติตามกฎและระเบียบของกลุ่มตามที่ตกลงกันเอาไว้ การติดตามและปรับแก้ความเข้าใจที่มีร่วมกัน

2. ความสำคัญของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

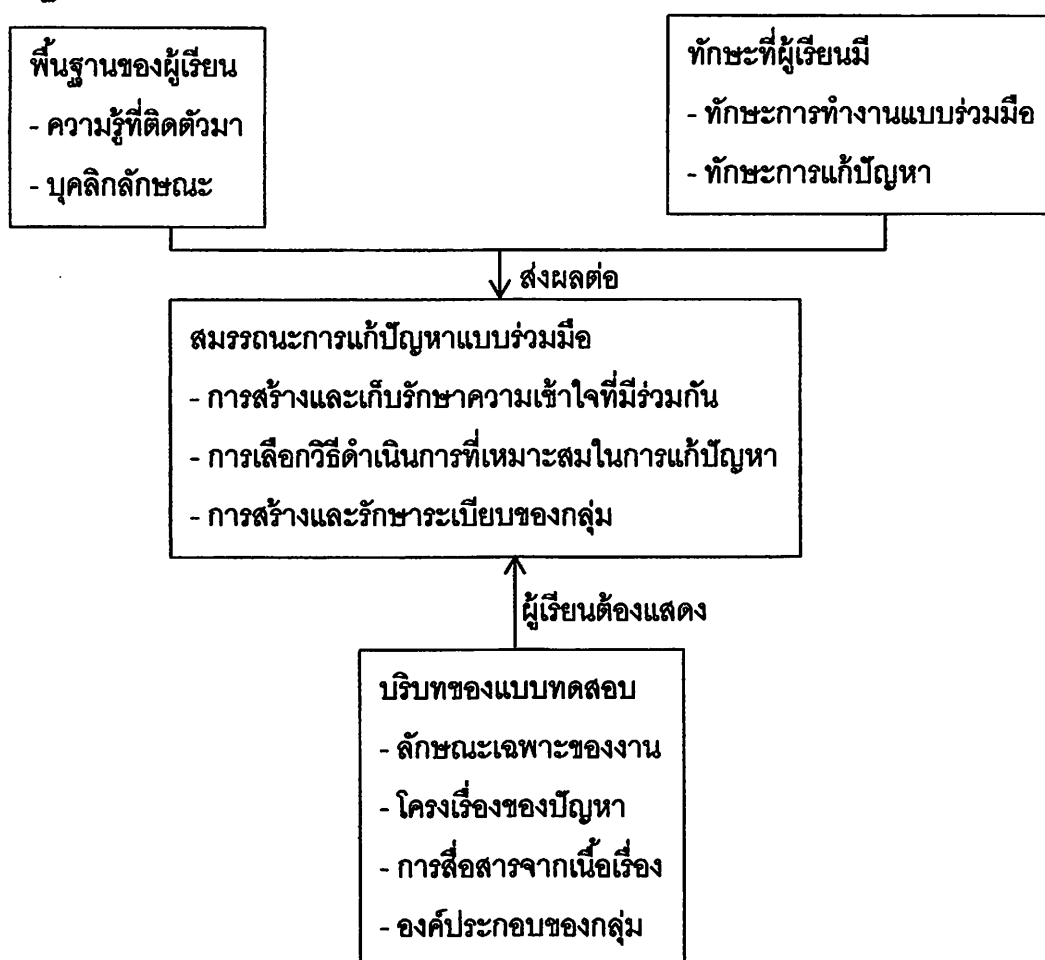
ในปัจจุบันการทำงานหรือภารกิจใดๆ ให้ประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพล้วนต้องอาศัยการทำงานร่วมกันที่ดีของสมาชิกในทีม ดังนั้นการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving หรือ CPS) จึงเป็นสมรรถนะที่สำคัญและมีความจำเป็นในการศึกษาและในการทำงานทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้ การทำงานร่วมกันเป็นทีมมีข้อได้เปรียบกว่าการทำงานคนเดียวใน ประเด็นต่างๆ ดังนี้ ทำให้เกิดการตัดสินใจในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ข้อสนเทศที่มาจากแหล่งความรู้ มุมมอง และประสบการณ์ที่หลากหลาย ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และแนวทางการแก้ปัญหาที่มีคุณภาพซึ่งได้มาจากแนวคิดของสมาชิกในกลุ่ม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2560, หน้า 47)

ดังนั้นในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ ควรเกิดจากบุคคลจากหลายฝ่ายมาร่วมคิดแก้ปัญหา ช่วยให้มีแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงกล่าวได้

ว่าการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นสมรรถนะที่สำคัญสำหรับทุกคน เพราะทุกคนล้วนต้องเผชิญหน้ากับปัญหาในแต่ละวัน อีกทั้งสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือยังมีความสำคัญต่อตลาดแรงงานด้วย (OECD, 2013)

3. กรอบโครงสร้างการประเมินด้านการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2558) ได้วางกรอบการประเมินการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไว้ ดังนี้



ภาพ 1 แสดงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ที่มา: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2558, หน้า 5

จากกรอบการประเมินจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสมรรถนะในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้แก่ พื้นฐานของนักเรียน ทักษะของนักเรียน และบริบทของสถานการณ์การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. พื้นฐานของนักเรียน

นักเรียนแต่ละคนมีความรู้ ประสบการณ์ และบุคลิกลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวล้วนส่งผลต่อ ความสำเร็จในกระบวนการแก้ปัญหาทั้งแบบทำงานคนเดียวและทำงานแบบร่วมมือกัน โดยความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนจะครอบคลุมความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การอ่าน การเขียน ทักษะ ICT และความรู้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น บุคลิกลักษณะของนักเรียน เช่น ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์ อารมณ์ เจตคติ ปัจจัยด้านบุคลิกภาพ (ความใจกว้าง การมีจิตสำนึก การเปิดเผย การประณีตประนอม ความมั่นคงทางอารมณ์) และแรงจูงใจ ตลอดจนความสามารถในการคิดของแต่ละคน เช่น ความสามารถของความจำที่ใช้ในการทำงาน ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงตรรกะ และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ต่างก็ส่งผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเช่นกัน

2. ทักษะของนักเรียน

สำหรับทักษะที่ผู้เรียนจะประกอบด้วยทักษะการทำงานแบบร่วมมือ ทักษะนี้คือการสร้างความเข้าใจร่วมกัน การมองจากมุมมองของผู้อื่น การอธิบาย การเข้าถึงผู้ฟัง การประสานงาน การโต้แย้งด้วยเหตุผล และการมีกฎระเบียบร่วมกัน นอกจากนี้ยังรวมถึงทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การสำรวจและทำความเข้าใจ การนำเสนอ และคิดหาวิธีการวางแผนและการดำเนินการ และการติดตามและสะท้อนผล

3. บริบทของแบบทดสอบ

ข้อสอบการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้กำหนดบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันกับเพื่อนและทำภารกิจให้บรรลุเป้าหมาย โดยบริบทของปัญหาแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ โครงเรื่องของปัญหา องค์ประกอบของกลุ่ม ลักษณะเฉพาะของงาน และการสื่อสารของเนื้อเรื่อง บริบทแต่ละด้านจะแบ่งเป็นมิติต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อระดับความยากง่ายในการทำภารกิจการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน

4. เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

Patrick Griffin (2014 อ้างอิงใน ธีรญา ไชยเดช, 2559) ได้กล่าวว่าสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เป็นทักษะหลายมิติมีทั้งด้านสังคม ด้านความร่วมมือ และด้านความรู้ จึงเสนอกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไว้โดยแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านความรู้ และด้านสังคม จึงเสนอตั้งเกณฑ์การประเมินไว้เป็น 6 ระดับ ดังนี้

ตาราง 2 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
6	ผู้เรียนมีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ สามารถหาข้อมูล วิเคราะห์ สังเคราะห์ ตรวจสอบข้อมูลและเลือกใช้ข้อมูลเป็น สามารถรู้ได้ว่าข้อมูลไหนมีประโยชน์ ต่องานและข้อมูลไหนไม่มีประโยชน์ มีความตระหนักต่อภาระงานที่ได้รับ และสามารถทำงานให้สำเร็จภายใน ระยะเวลาที่จำกัดได้	ผู้เรียนสามารถเข้าใจลักษณะและ องค์ประกอบของปัญหาได้อย่างดี สามารถสร้างองค์ความรู้และหา แนวทางในการแก้ปัญหาอย่าง หลากหลาย		ผู้เรียนมีการสื่อสารระหว่างเพื่อน ในกลุ่มเกี่ยวกับปัญหาได้อย่าง เข้าใจ มีการร่วมมือกันหาแนวทาง หรือวิธีสำหรับแก้ปัญหาที่ เหมาะสมที่สุดและมีกระบวนการ แก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ	ผู้เรียนมีการแบ่งหน้าที่การทำงาน อย่างชัดเจน สามารถบริหารจัดการ การทำงาน การแก้ปัญหาร่วมกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้การ แก้ปัญหาหรือการทำงานประสบ ความสำเร็จ ผู้เรียนแต่ละคนสามารถ ประเมินและแสดงความสามารถของ ตนเอง รู้จุดอ่อนจุดแข็งทั้งของตนเอง และของเพื่อนในกลุ่มได้
5	ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ มีการวางแผนการทำงานในระดับดี มีการตั้งเป้าหมายที่อยู่บนพื้นฐานของ ความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองได้รับ และมีการจด	ผู้เรียนสามารถระบุสาเหตุและ ผลกระทบของปัญหาได้ และสามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่าง เหมาะสม ทั้งในปัญหาระดับทั่วไป ไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ผู้เรียนสามารถปรับปรุงแก้ไข	ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นใน การทำงาน ตั้งใจฟังและ ยอมรับความช่วยเหลือต่างๆ ไม่ว่าจะเพื่อนในกลุ่มหรือผู้สอน ผู้เรียนมีการปรึกษาและพูดคุย กันในกลุ่มเกี่ยวกับการทำงาน	ผู้เรียนให้ความร่วมมือและยอมรับ ความเห็นจากเพื่อนในกลุ่มแต่ไม่ ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลง เป้าหมายในการทำงาน มีการ ร่วมมือกันทำงานและแก้ปัญหา ร่วมกันได้อย่างเหมาะสม	

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
	บันทึกข้อมูลที่มีประโยชน์และอาจมีประโยชน์ในอนาคตสำหรับการแก้ไขปัญหา	สมมติฐานที่ตนเองตั้งไว้สามารถหาวิธีตรวจสอบและพิสูจน์สมมติฐานนั้นได้อย่างเหมาะสม	และการแก้ปัญหาพร้อมกันมากกว่าการทำงานตัวคนเดียว		ข้อจำกัดของปัญหา ตลอดจนปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำงานได้อย่างเหมาะสม
4	ผู้เรียนมีการนำวิธีการแก้ปัญหามาลองผิดลองถูก มีการประยุกต์ตัดสินใจเปลี่ยนแปลงในเชิงลองผิดลองถูกและค่อยๆมีการสืบค้นอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการตั้งเป้าหมายในการทำงานและการแก้ปัญหาค่อนข้างแคบและมีข้อจำกัดโดยจะมองแค่การแก้ปัญหาย่อยให้สำเร็จก่อนแล้วค่อยไปวางแผนหาวิธีแก้ปัญหาอื่นๆ ต่อไป มีความเข้าใจปัญหาแต่ละระดับพื้นฐานเท่านั้น และยังขาดการวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนเพื่อการแก้ปัญหา การหาวิธีแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มที่ดี	ผู้เรียนสามารถระบุถึงความเชื่อมโยงและรูปแบบของปัญหาโดยใช้ข้อมูลที่มีและสามารถหาวิธีแก้ปัญหาระดับทั่วไปได้	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงวิธีการแก้ปัญหามากมาย	ผู้เรียนมีการแก้ไขปรับปรุงจากการสื่อสารร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อนำมาพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาให้มากขึ้นและมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข้อคิดเห็นร่วมกัน	ผู้เรียนมีการแสดงความคิดเห็นและแบ่งปันข้อมูลสำหรับการทำงานและแก้ปัญหาให้กับเพื่อนในกลุ่มตามความสามารถของตนเอง มีการแบ่งปันความเข้าใจร่วมกันและตระหนักถึงความสามารถและข้อจำกัดในการทำงานของตนเอง

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้		สังคม		
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
3	ผู้เรียนทราบว่าจำเป็นจะต้องมีข้อมูลมากกว่านี้เพื่อที่จะแก้ปัญหาและทำการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลมากเท่าที่จะหาได้แต่ก็ยังตระหนักได้ว่าข้อมูลที่ตนมีนั้นอาจจะยังไม่เพียงพอจึงมีการจัดสรรแบ่งปันข้อมูลเหล่านั้นกับเพื่อน	ผู้เรียนเริ่มเห็นความเชื่อมโยงของข้อมูลต่างๆเพื่อการแก้ปัญหาร่วมกันกับเพื่อน	ผู้เรียนแสดงให้เห็นถึงความพยายามในการแก้ปัญหา มีการปรึกษาพูดคุยกันในกลุ่ม มีการสื่อสารในเรื่องที่ตนเองได้รับ เช่น คำชี้แนะ คำสั่ง เป็นต้น	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำ ความเข้าใจปัญหาร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม	ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการทำงานก็ต่อเมื่อภาระงานนั้นเกี่ยวข้องกับงานที่ตนเองได้รับมาเท่านั้น
2	ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ปัญหาอย่างจำกัดและใช้เพียงข้อมูลที่มีอยู่ในมือหรือใช้ข้อมูลจากที่ผู้สอนสอนเท่านั้น ผู้เรียนแสดงให้เห็นการใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การตั้งเป้าหมายในการทำงานและการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีข้อจำกัด	ผู้เรียนมีการตรวจสอบสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลที่ผู้เรียนมี สามารถระบุสาเหตุและผลกระทบที่เป็นไปได้ มีการตรวจสอบซ้ำเพื่อความมั่นใจและการได้มาซึ่งข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อการแก้ปัญหา	ผู้เรียนมีส่วนร่วมเฉพาะเมื่อได้รับความช่วยเหลือ มีการสื่อสารพูดคุยกันในกลุ่มแค่ช่วงแรกๆหรือมีเหตุการณ์ที่สำคัญเกิดขึ้นเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ผู้เรียนมีความตระหนักในหน้าที่ของตนเองและเพื่อนในกลุ่ม และมีการส่งข้อมูลหรือแบ่งปันข้อมูลเฉพาะที่เกี่ยวข้องให้กับเพื่อนในกลุ่มตามหน้าที่ของตนเพื่อให้การทำงานดำเนินต่อไปได้	ผู้เรียนไม่มีการตอบสนองต่อการมีส่วนร่วมของเพื่อนในกลุ่มหรือต้องใช้เวลาานกว่าผู้เรียนจะยอมมีส่วนร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม และมีแนวโน้มที่จะปฏิเสธการร่วมมือใดๆจากเพื่อนในกลุ่ม	ผู้เรียนทำงานคนเดียวเป็นหลักทำตามหน้าที่ของตนเองเท่านั้น และมีความตระหนักถึงความสามารถและขีดจำกัดในการทำงานของตนเอง

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับ	องค์ความรู้			สังคม	
	การทำงาน	การสร้างองค์ความรู้	การมีส่วนร่วม	การให้ความร่วมมือ	การทำงานร่วมกัน
1	ผู้เรียนไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ การทำงาน การสืบค้นข้อมูลเป็นไปอย่างไม่เป็นระบบระเบียบ ไม่มีความพยายามที่จะแก้ปัญหา ใช้วิธีการแก้ปัญหาอย่างไม่หลากหลาย มีความพยายามที่จะแก้ปัญหาดังวิธีใดวิธีหนึ่ง	ผู้เรียนมีความพยายามในการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีเดิมซ้ำๆ ซึ่งขาดหลักฐานที่น่าเชื่อถือ ขาดความเข้าใจในปัญหา ผู้เรียนมีการหาข้อมูลเป็นรายบุคคลและทำตามที่ผู้สอนสอนเท่านั้น	ผู้เรียนมีการทำงานและการแก้ปัญหาด้วยตัวคนเดียว ผู้เรียนไม่มีการสื่อสารพูดคุยปรึกษากันในกลุ่มเลย ไม่มีการทำงานร่วมกันในกลุ่ม ไม่มีการแบ่งปันข้อมูล การสื่อสารระหว่างการเกิดขึ้นแค่ตอนรับงานหรือรับปัญหามาแล้วเท่านั้น		

สำหรับ PISA 2015 ได้มีการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยแสดงเป็นตารางเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (PISA 2015) กับสมรรถนะการแก้ปัญหา (PISA 2012) ดังนี้

ตาราง 3 กรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ทักษะ กระบวนการ	1) การสร้างและเก็บ รักษาความเข้าใจที่มี ร่วมกัน	2) การเลือก วิธีการดำเนินการ ที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	3) การสร้างและ รักษาระเบียบของ กลุ่ม
(A) การระบุและ การเข้าใจปัญหา	(A1) การค้นพบมุมมอง และความสามารถของ สมาชิก	(A2) การค้นพบ รูปแบบของการมี ปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหตาม เป้าหมาย	(A3) การเข้าใจ บทบาทหน้าที่ใน การแก้ปัญหา
(B) การแสดงและ การกำหนด	(B1) การแบ่งปันข้อมูลและ การเจรจาเกี่ยวกับการทำ ความเข้าใจปัญหาร่วมกัน	(B2) การระบุและ อธิบายภาระงานที่ ต้องทำให้เสร็จ	(B3) การอธิบาย บทบาทหน้าที่ของ ตนและของกลุ่ม
(C) การวางแผน และการ ดำเนินงาน	(C1) การสื่อสารกับสมาชิก เกี่ยวกับการกระทำการ แก้ปัญหา	(C2) การวางแผนใน การแก้ปัญหา	(C3) การทำตาม กฎระเบียบของกลุ่ม ที่ตกลงร่วมกัน
(D) การตรวจสอบ และการสะท้อน ผล	(D1) การตรวจสอบและ ปรับปรุงความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหาร่วมกัน	(D2) การตรวจสอบ ผลของดำเนินงาน และการประเมิน ความสำเร็จในการ แก้ปัญหา	(D3) การตรวจสอบ ให้คำแนะนำ และ ปรับปรุงบทบาท หน้าที่ของสมาชิก

แนวทางการวัดและประเมินผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือใน PISA 2015
(OECD, 2013) แสดงดังตารางที่ 4

ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
การสร้าง และเก็บ รักษาความ เข้าใจที่มี ร่วมกัน	1. ผู้เรียนมีการระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ที่ จำเป็นต่อการแก้ปัญหา หรือมีการสืบค้นข้อมูล เพื่อแก้ปัญหาได้น้อย มากหรือไม่มีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ที่ จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อ สร้างองค์ความรู้เพื่อการ แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับ บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญได้บางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถระบุ ปัญหาและองค์ความรู้ที่ จำเป็นต่อการแก้ปัญหา สามารถสืบค้นข้อมูลเพื่อ สร้างองค์ความรู้เพื่อการ แก้ปัญหาที่สอดคล้อง ตามบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้ อย่างเหมาะสมครบถ้วน
	2. ผู้เรียนสามารถ แบ่งปันความรู้ความ เข้าใจและมุมมองที่มีต่อ ปัญหาของตนเองกับ กลุ่มได้น้อยมาก หรือไม่ มีความสอดคล้องกับ บริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถแบ่งปัน ความรู้ความเข้าใจและ มุมมองที่มีต่อปัญหาของ ตนเองกับกลุ่มที่ สอดคล้องกับบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญได้ บางส่วน	2. ผู้เรียนสามารถแบ่งปัน ความรู้ความเข้าใจและ มุมมองที่มีต่อปัญหาของ ตนเองกับกลุ่มได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องกับบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือ ความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นจากการสื่อสาร หรือการแบ่งปันความ เข้าใจร่วมกันและมีความ สอดคล้องต่อบริบทและ	3. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อนที่ เกิดขึ้นจากการสื่อสาร และสามารถทำการแก้ไข ร่วมกับกลุ่มเพื่อหาทาง

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
	เข้าใจร่วมกันได้น้อย มากหรือไม่มีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	สถานการณ์ที่เผชิญ บางส่วน	ออกร่วมกันได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ
การเลือก วิธีการที่ เหมาะสมใน การ แก้ปัญหา	1. ผู้เรียนกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหา วางแผนใน การแก้ปัญหาได้น้อย มาก ถือเป็น การแก้ปัญหาในลักษณะ ลองผิดลองถูก หรือเป็น การแก้ปัญหาที่ไม่มี ความสอดคล้องต่อ บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหา และวางแผนใน การแก้ปัญหาผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่มที่มี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ บางส่วน	1. ผู้เรียนสามารถกำหนด เป้าหมายในการ แก้ปัญหาและวางแผนใน การแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ผ่านการร่วมมือกัน โดย คำนึงถึงข้อจำกัดและ เงื่อนไขของปัญหาและมี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ อย่างเหมาะสมครบถ้วน
	2. ผู้เรียนระบุแนว ทางการแก้ปัญหาได้ น้อยมากหรือไม่มีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางแก้ปัญหาได้ผ่าน การร่วมมือกันในกลุ่ม และมีความสอดคล้องต่อ บริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญได้บางส่วน	2. ผู้เรียนสามารถระบุ แนวทางการแก้ปัญหาที่ดี ที่สุดอันจะนำไปสู่การ บรรลุเป้าหมายหรือ ความสำเร็จในการ แก้ปัญหาได้อย่างมี
	3. ผู้เรียนดำเนินการ แก้ปัญหาตามแผนที่วาง ไว้อย่างไม่เหมาะสม	3. ผู้เรียนสามารถ ดำเนินการแก้ปัญหาตาม แผนที่วางไว้และมีความ สอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	3. ผู้เรียนสามารถระบุ ประสิทธิภาพผ่านการ ร่วมมือกันในกลุ่มและมี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ
	4. ผู้เรียนไม่สามารถ ตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือผลจาก	4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด	4. ผู้เรียนสามารถ อย่างเหมาะสมครบถ้วน
			3. ผู้เรียนสามารถมี

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
	การดำเนินการ แก้ปัญหาของกลุ่มได้	หรือจากผลการ ดำเนินการแก้ปัญหาและ ประเมินความสำเร็จของ วิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม ได้และมีความสอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ ที่เผชิญ	ดำเนินการแก้ปัญหาตาม แผนที่วางไว้ได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน และ ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ 4. ผู้เรียนสามารถ ตรวจสอบความผิดพลาด หรือผลจากการ ดำเนินการแก้ปัญหาและ ประเมินความสำเร็จของ วิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม พร้อมทั้งระบุแนวทาง ปรับปรุงแก้ไขได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วนและมี ความสอดคล้องต่อบริบท และสถานการณ์ที่เผชิญ
การสร้างและ รักษาระเบียบ ของกลุ่ม	1. ผู้เรียนไม่สามารถ ระบุหน้าที่การทำงาน ของตนเองและสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกได้ 2. ผู้เรียนปฏิบัติตาม หน้าที่ข้อตกลงของ กลุ่มอย่างไม่ เหมาะสม มีการ ทำงานคนเดียวเป็น	1 ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิกภายใต้ ความแตกต่างของ สมาชิกบางคนได้ 2 ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ ตามหน้าที่ข้อตกลงของ กลุ่มได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	1. ผู้เรียนสามารถระบุ หน้าที่การทำงานของ ตนเองและสมาชิก ภายใต้ความแตกต่าง ของสมาชิกแต่ละคนและ ปฏิบัติหน้าที่นั้นได้อย่าง เหมาะสมครบถ้วน สอดคล้องต่อบทบาท และสถานการณ์ที่เผชิญ 2. ผู้เรียนสามารถปฏิบัติ

ตาราง 4 (ต่อ)

ทักษะ กระบวนการ	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
หลัก	3. ผู้เรียนไม่มีการ รายงานปัญหาอันเกิด จากการทำงานของตน และสมาชิก ไม่มีการ วางแผนหรือแสดงความ พยายามในการ ปรับเปลี่ยนโครงสร้าง หน้าที่การทำงานของ กลุ่มเมื่อเกิดปัญหาหรือ มีสมาชิกไม่ปฏิบัติตาม หน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย หรือแสดงความ พยายามที่จะผลัก ภาระหน้าที่การทำงาน ของตนเองให้กับสมาชิก คนอื่น ๆ	3 ผู้เรียนสามารถ รายงานปัญหาอันเกิด จากการทำงานของ ตนเองและสมาชิก สามารถร่วมกัน วางแผนหรือปรับ เปลี่ยนหน้าที่การ ทำงานของตนเองและ สมาชิกเมื่อเกิดปัญหา อุปสรรคหรือเมื่อ สมาชิกในกลุ่มปฏิบัติ หน้าที่ไม่สอดคล้อง หรือไม่เป็นไปตาม แผนที่วางไว้	ตามหน้าที่ข้อตกลงของกลุ่ม สามารถตรวจสอบและแจ้ง เตือนสมาชิกในกลุ่มให้ไปให้ ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องต่อบทบาทและ สถานการณ์ที่เผชิญ 3. ผู้เรียนสามารถรายงาน ปัญหาอันเกิดจากการ ทำงานของตนเองและ สมาชิก สามารถร่วมกัน วางแผนหรือปรับเปลี่ยน หน้าที่การทำงานของตนเอง และสมาชิกเมื่อเกิดปัญหา อุปสรรคหรือเมื่อสมาชิกใน กลุ่มปฏิบัติหน้าที่ไม่ สอดคล้องหรือไม่เป็นไปตาม แผนที่วางไว้ ให้การ ช่วยเหลือและยอมรับการ ช่วยเหลือจากสระ ในกลุ่ม เพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้ง การแตกหัก หรืออุปสรรคต่อ การแก้ปัญหาของกลุ่มได้ อย่างเหมาะสม สอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ที่ เผชิญ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

นันทชา อัมฤทธิ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงานและพลังงาน และศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ย และวิเคราะห์เนื้อหา เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถแสดงออกได้มากที่สุดของการจัดการเรียนรู้

พวงจิตรา นานบุญมี (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือชนิดเลือกตอบ แบบบันทึกกิจกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือและแบบสังเกตการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบ 6 ขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน มีลักษณะดังนี้ ครูควรกำหนดให้นักเรียนแบ่งกลุ่มและมุ่งเน้นให้นักเรียนอภิปรายถึงความสามารถของแต่ละบุคคลที่เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ ครูควรกำชับในเรื่องของบทบาทหน้าที่ การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันอยู่ตลอดเพื่อให้นักเรียน สามารถทำตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ ในส่วนของการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 สมรรถนะอยู่ในระดับสูง เนื่องจากสถานการณ์ที่ใกล้เคียงประสบการณ์ของนักเรียนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจอยากเรียนรู้ ตั้งปัญหาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาร่วมกันนำไปสู่การอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาร่วมกัน รวมไปถึง

ถึงการกำหนดบทบาทหน้าที่และควบคุมให้นักเรียนทำตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นสามารถช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้

จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยมีเครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบทดสอบ และบันทึกประจำวัน สำหรับผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ควรจะมีการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ก่อนที่จะให้ผู้เรียนเข้าสู่บูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม อีกทั้งยังต้องมีการสรุปและประเมินผลเพิ่มเติม ซึ่งการบูรณาการกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมผู้วิจัย ได้กล่าวว่าประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นระบุปัญหา 2) ขั้นศึกษาปัญหา 3) ขั้นพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 4) ขั้นเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 5) ขั้นสร้างชิ้นงาน 6) ขั้นทดสอบ และประเมินวิธีแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ 7) ชี้นำเสนอวิธีแก้ปัญหา และ 8) ขั้นปรับปรุงแก้ไข นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับกลาง เพราะผู้เรียนได้รับความรู้และมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ไม่เท่ากัน แต่เมื่อทำงานเป็นกลุ่มพบว่าผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้ดี แต่มีอุปสรรคเมื่อลองแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Lou, et al. (2011) ทำการสำรวจผลกระทบของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่ใช้การบูรณาการในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) ต่อทัศนคติของนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในไต้หวัน ผู้วิจัยแบ่งนักเรียนหญิงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้แต่ละกลุ่มทำการประกวดรถเข็นไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตามขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา จากนั้นผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐาน ได้แก่ การบ้าน รายงานการทดลอง และการสังเกตจากเทปบันทึกในระหว่างดำเนินการวิจัย อีกทั้งเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมอย่างไม่เป็นทางการจากเนื้อหาการอภิปรายของแต่ละกลุ่มและชิ้นงานของนักเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้านเนื้อหา หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่ม (Focus group interview) แบบกึ่งโครงสร้างกับอาสาสมัครจาก 5 กลุ่มที่มีคะแนนสูงสุด เพื่อประเมินถึงวิธีการนำความรู้สะเต็มศึกษาไปใช้ของกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ด้านเนื้อหาเช่นกัน ผลการวิจัย

พบว่า 1) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยส่งเสริมทัศนคติที่มีต่อการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนได้และมีประโยชน์ต่อการเลือกประกอบอาชีพในอนาคต 2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานช่วยส่งเสริมนักเรียนให้แก้ปัญหาต่างๆ ที่ละขั้นตอนและนำไปสู่ความสำเร็จในการประกวด ส่งผลให้นักเรียนได้สัมผัสกับการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษา อย่างแท้จริง 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษา ไม่เพียงแต่ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ แต่ยังมีแนวโน้มว่านักเรียนจะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความรู้คณิตศาสตร์ที่มั่นคงมากขึ้น และ 4) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มความสามารถ และประสบการณ์การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

Tawfik, Trueman and Lorz (2013) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยความสะดวกการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อพัฒนามโนคติทางชีววิทยาของนักเรียนที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัย โดยผู้เรียนที่เข้าร่วมวิจัยจะได้ลงมือแก้ปัญหาแบบถึงโครงสร้างผ่านบริบทจริงในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและลดมลพิษ ผู้เรียนจะได้ศึกษาแหล่งน้ำจริงและกำหนดปัญหาที่จะดำเนินการแก้ปัญหาตามขั้นตอนโดยใช้การบูรณาการความรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังจากดำเนินการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบ ปลายภาค ผลการวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการอำนวยความสะดวกการเรียนรู้ในห้องเรียนสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถขับเคลื่อนการเรียนรู้ของผู้เรียนและ ส่งเสริมมโนคติทางชีววิทยาได้ เพราะผู้เรียนจะถูกถามคำถามในแต่ละขั้นตอนศึกษาความรู้ด้วยตนเอง และแก้ปัญหาในบริบทจริงผ่านกิจกรรม ซึ่งจะทำได้มาซึ่งประสบการณ์ที่คุ้มค่าของ ผู้เรียน แต่กิจกรรมเหล่านี้จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีของครูผู้สอน

Yi Lin, et al. (2015) ได้ศึกษาระบบการประเมินผลเพื่อทำการประเมินทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (CPS) ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยมีการประเมินอยู่ 8 ช่วง และมีนักวิจัย 4 คนที่ได้เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดจะเป็นเกณฑ์เดียวกับที่ OECD ได้กำหนดไว้ ซึ่งในการประเมินจะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยปัญหาที่ใช้ในการทดสอบผู้เรียนยกตัวอย่าง เช่น การออกแบบชั้นวางของ การใช้ไมโครเวฟ และการสร้างบ้าน เป็นต้น โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะเป็นผู้เรียนชาวไต้หวันที่ศึกษาอยู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 222 คน ซึ่งในการประเมินจะดูสมรรถนะการแก้ไขปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน ซึ่งมี 3 สมรรถนะย่อย ได้แก่ การสร้างและ เก็บ

รักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้าง และรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งพบว่าระบบการประเมินมีขั้นตอนยุ่งยาก แต่ก็เป็นที่น่าพึงพอใจ สำหรับผู้ใช้ ซึ่งระบบนี้สามารถใช้ในการประเมินผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียน แสดงออกถึงสมรรถนะทั้งสามนี้อย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ โดยส่วนใหญ่เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในรูปแบบต่างๆ ซึ่งสามารถพัฒนาสมรรถนะทั้ง 3 สมรรถนะหลักของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ แต่ส่วนใหญ่ยังไม่ครอบคลุมถึงสมรรถนะย่อยของแต่ละสมรรถนะและบริบทของโรงเรียนในการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์หรือนักเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่ที่ผ่านการสอบคัดเลือกในการเข้าเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาสมรรถนะย่อยโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ปรับปรุงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จาก Lou, et al. (2011) ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ใช้การบูรณาการแบบสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรม คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนเข้ากับชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริงได้ รวมถึงต้องการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในบริบทของโรงเรียนขนาดเล็ก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เชิงคุณภาพ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยในชั้นเรียนของ Schumuck (2006, pp.8-12 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 177) มีขั้นตอนการดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

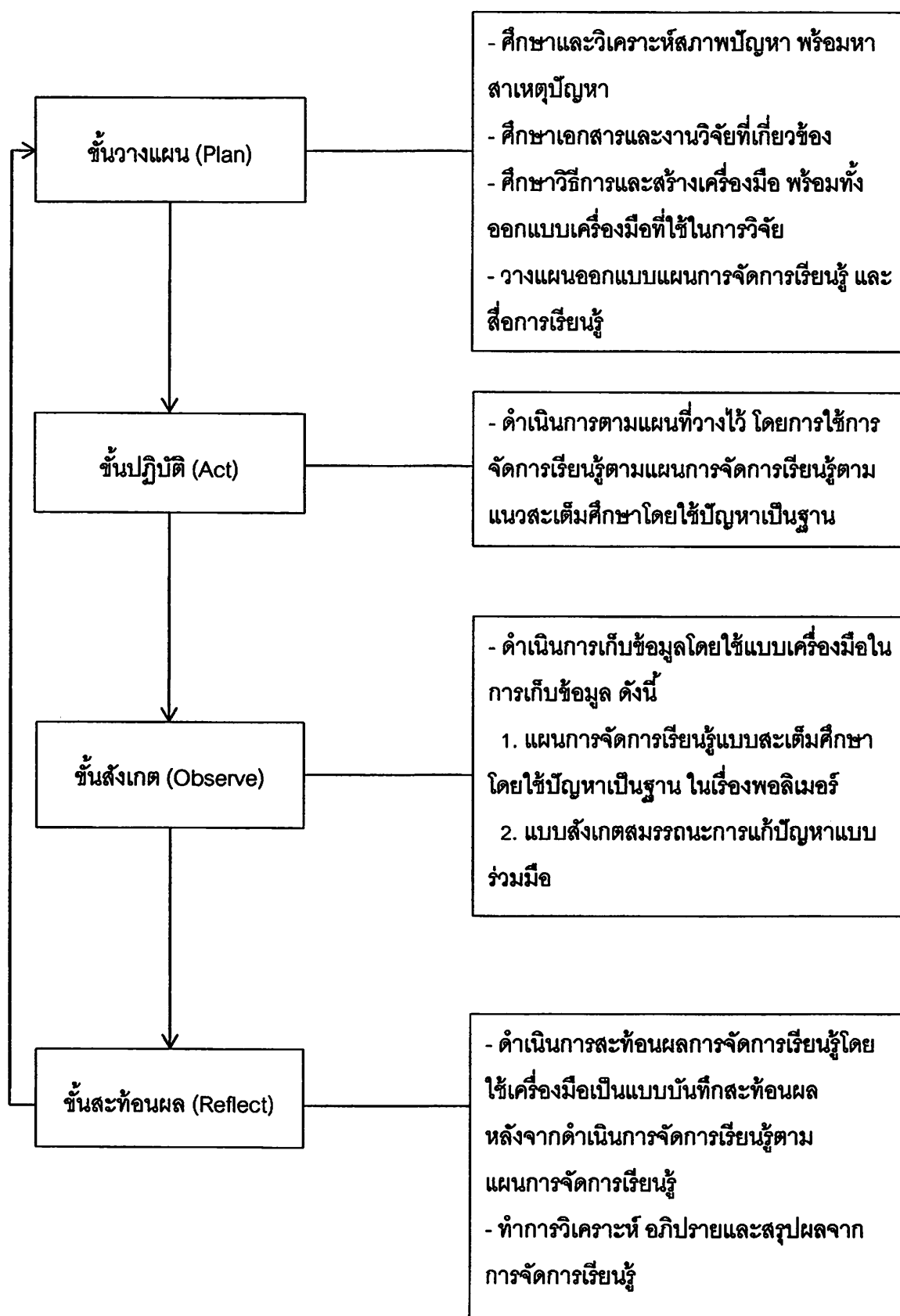
1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครูกำหนดวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่า ผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา ดังกล่าว

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครูนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

3. ขั้นสังเกต (Observe) ครูตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัยเพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นนี้ต้องใช้เครื่องมือต่างๆ มาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับขั้นวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าแนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ครูนำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงานและสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควรปรับแนวทางปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้ข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะวิจัยตามกระบวนการวิจัยในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ข้างต้น โดยจะดำเนินต่อเนื่องกัน 3 วงจร ซึ่งแสดงได้ดังรูป



ภาพ 2 แสดงรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในแต่ละวงจร

จากแผนภาพข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

1. ชั้นวางแผน (Plan)

1.1 วิเคราะห์และสำรวจปัญหาสำคัญที่ต้องให้มีการแก้ไข เพื่อให้ทราบว่าเป็นปัญหาคืออะไร เป็นอย่างไร ซึ่งทำโดยการศึกษารูปแบบพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้วิจัยได้รับผิดชอบในการจัดการเรียนรู้ด้านเคมีว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดความบกพร่องหรือปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน พบว่าในการทำงานหรือภารกิจที่ได้รับมอบหมายประเภทรายบุคคล นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนดได้ แต่เมื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่ม นักเรียนค่อนข้างแบ่งแยกงานกันอย่างชัดเจน ไม่มีการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่ม หรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อยทำให้งานหรือการแก้ปัญหานั้นๆ ไม่มีประสิทธิผลสำเร็จหรือไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1.2 ศึกษารูปแบบ ลักษณะ และขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาทุกรูปแบบ โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจากวารสารงานวิจัยต่างๆ

1.3 ศึกษามาตรฐาน และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษา

1.4 ศึกษาเนื้อหาเนื้อหา เรื่อง พอลิเมอร์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5 หนังสือคู่มือครูและหนังสืออ่านประกอบอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการเรียนรู้

1.5 ศึกษาและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2. ชั้นปฏิบัติ (Act)

ในชั้นนี้ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานของ Lou, et al.(2010) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา ขั้นที่ 3 การวางแผน ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง และขั้นที่ 6 การประเมิน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน โดยการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัยแล้ว โดย

ดำเนินงานทั้งหมด 3 วงจร ซึ่งจะใช้แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องพอลิเมอร์ ทั้งหมด 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง

3. ขั้นสังเกต (Observe)

ในขั้นนี้จะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นปฏิบัติ (Act) โดยผู้วิจัยจะทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่เริ่มต้นโดยการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน จากนั้นก็บันทึกลงแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และหลังจากการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยและครูประจำการจะเขียนบันทึกลงแบบบันทึกสะท้อนผลทุกครั้ง จนครบวงจร ปฏิบัติการทั้งหมด 3 วงจร

4. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

ขั้นนี้ผู้วิจัยจะนำผลการจัดการเรียนรู้จากขั้นสังเกต (Observe) มาสะท้อนผล เพื่อศึกษาว่ามีข้อบกพร่องหรือปัญหาใดที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการแก้ไขแล้วไปใช้กับวงจรถัดไป

ผู้เข้าร่วมวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีสายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 15 คน

บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นโรงเรียนขนาดเล็กแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ตารางเรียนของนักเรียนเริ่ม 08.50 น. – 15.40 น. และรูปแบบการเรียนนั้นเป็นลักษณะการเดินทางตามห้องเรียนในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ ในแต่ละห้องเรียนมีอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนรู้ที่ไม่เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้ เช่น โปรเจคเตอร์ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น และผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มนักเรียนที่มีสายการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งจากการสังเกตจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในรายวิชาเคมี พบว่าในการทำงานหรือภารกิจที่ได้รับมอบหมายประเภทรายบุคคล นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนดได้ แต่เมื่อสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่ม นักเรียนค่อนข้างแบ่งแยกงานกันอย่างชัดเจน ไม่มีการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่ม หรือมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกลุ่มค่อนข้างน้อยทำให้งานหรือการแก้ปัญหาต่างๆ ไม่มีประสิทธิผลสำเร็จหรือไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ

ร่วมมือเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ตลอดจนมีทักษะในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมผ่านกระบวนการกลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในการตอบคำถามการวิจัย ได้แก่

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ควรจัดการเรียนรู้อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ และแบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 แผน รวม 12 ชั่วโมง

ทั้งนี้ชิ้นงาน ใบบันทึกกิจกรรม และสมุดบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนถือเป็นส่วนหนึ่งของแผน

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาแนวคิดและวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจากวารสาร และงานวิจัยต่างๆ ว่ามีการจัดการเรียนรู้มีลักษณะอย่างไร แบบไหนสามารถนำมาพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้

2) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตามวิชาสะเต็มศึกษาตามกลุ่มสาระ ดังนี้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.4 – 6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 ม.4 – 6/2 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/3 ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัยหรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ และจำนวนครั้งของการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างเพียงพอ

ว 8.1 ม.4 – 6/4 เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจ ตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและลึกในเชิงปริมาณและคุณภาพ

ว 8.1 ม.4 – 6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง ครบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4 – 6/6 จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการรายงานผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้องและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม

ว 8.1 ม.4 – 6/7 วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ว 8.1 ม.4 – 6/8 พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจ ตรวจสอบ

ว 8.1 ม.4 – 6/9 นำผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตจริง

ว 8.1 ม.4 – 6/10 ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบการอธิบาย การลงความเห็น และการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

ว 8.1 ม.4 – 6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพื่อเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 ม.4 – 6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ค 6.1 ม 4-6/2 ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ค 6.1 ม.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

กลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศ

สาระที่ 2 การออกแบบและเทคโนโลยี

มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจเทคโนโลยีและกระบวนการเทคโนโลยี ออกแบบและสร้าง สิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้ เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน

ตัวชี้วัด

ง 2.1 ม.4-6/5 วิเคราะห์ และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของ เทคโนโลยีสะอาด

สาระที่ 3 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม

ง 3.1 ม 4-6/9 ติดต่อสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต

3) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 5 เรื่อง พอลิเมอร์

4) ศึกษารายละเอียดคำอธิบายรายวิชา และดูว่ามีหัวข้อที่ผู้เรียนจะต้องเรียนอะไรบ้าง จากนั้นเลือกหัวข้อที่จะนำมาทำวิจัย พร้อมทั้งศึกษาผลการเรียนรู้ วิธีวัด และการประเมินผล

5) เลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีจำนวน 6 ขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage)
- ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)
- ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage)
- ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)
- ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)
- ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage)

6) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ จำนวน 3 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย

- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พลาสติก จำนวน 4 ชั่วโมง
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ยาง จำนวน 4 ชั่วโมง
- แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เส้นใย จำนวน 4 ชั่วโมง

7) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คือ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข โดยในการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบ Likert ให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นในแบบประเมิน ซึ่งมีรายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ระดับการประเมิน 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมมากที่สุด

ระดับการประเมิน 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมมาก

ระดับการประเมิน 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมปานกลาง

ระดับการประเมิน 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมน้อย

ระดับการประเมิน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสม
น้อยมาก

ให้นำผลการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละ
รายการ แล้วนำมาเทียบเกณฑ์การพิจารณา (รัตนะ บัวสนธิ์, 2552 อ้างอิงใน วรรณฤกษ์ อติศักดิ์กุล,
หน้า 63-64) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

7.1) จุดประสงค์การเรียนรู้นอกจากด้านวิทยาศาสตร์แล้ว ควรมีด้าน
คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม
ศึกษา

7.2) ยังไม่มีการระบุพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีการแก้ปัญหาแบบกลุ่มในทุก
ขั้นตอน จึงควรระบุพฤติกรรมในการแก้ปัญหาแบบกลุ่มในทุกขั้นตอนเพื่อให้สอดคล้องกับ
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมากขึ้น

7.3) ควรเพิ่มรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนให้ละเอียด ชัดเจน และเข้าใจง่าย
ยิ่งขึ้น

7.4) ควรปรับจุดเน้นของกิจกรรมให้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม
ศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานให้มากขึ้น

8) นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข จนได้แผนการจัดการเรียนรู้มี
รายละเอียด ดังตารางที่ 5

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ตาราง 5 แสดงรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	สถานการณ์	สะเต็มศึกษา			
		วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
1. พลาสติก	สถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดจากการใช้ถุงพោះซ้ำ เพราะถุงพោះต้นซาก้าตันไม้เป็นถุงที่ถูกใช้เป็นจำนวนมากและเมื่อใช้เสร็จ ไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ และสลายตัวได้ยาก ทำให้ยากต่อการจัดการเนื่องจากเมื่อเผาจะก่อให้เกิดควันที่เป็นแก๊สพิษ และหากนำไปฝังก็จะทำให้ดินบริเวณนั้นเสื่อมสภาพไม่สามารถเพาะปลูกได้ <u>ชิ้นงานที่ต้องปฏิบัติ</u> ถุงพោះซ้ำที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นและมีคุณสมบัติที่เหมาะสม	ความรู้ทางเคมี - โครงสร้างและคุณสมบัติของพอลิเมอร์ - คุณสมบัติของพลาสติกชนิดต่างๆ - พลาสติกชีวภาพ	-การใช้เทคโนโลยี สารสนเทศในการสืบค้นและนำเสนอข้อมูล -กระบวนการทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการวางแผนในการแก้ปัญหา การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา รวมถึงการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการผลิตถุงพោះซ้ำจากพลาสติกชีวภาพ	-กระบวนการที่ใช้ในการวางแผน และออกแบบ วิธีการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับ กระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อผลิตถุงพោះซ้ำจากพลาสติกชีวภาพ	-การคำนวณ ปริมาณสารการเทียบอัตราส่วนสารที่ใช้ในการผลิต แผ่นฟิล์มเพื่อผลิต ถุงพោះซ้ำจากพลาสติกชีวภาพ และหาปริมาตรของ

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	สถานการณ์	สะเต็มศึกษา			
		วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
2. ยาง	สถานการณ์เกี่ยวกับอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้กรดซัลฟูริกและกรดฟอร์มิกในการทำยางก้อนด้วยหรือยางแผ่น โดยกรดซัลฟูริกเป็นกรดแก่ มีกลิ่นเหม็นแสบจมูก น้ำเสียจากกระบวนการผลิตยากต่อการบำบัดและส่งกลิ่นเหม็น ส่วนกรดฟอร์มิกเป็นของเหลวที่มีกลิ่นฉุน จัดเป็นกรดที่ความแรงของกรดไม่มากนัก และทำให้ยางแผ่นที่ได้มีคุณภาพ แต่หากไม่มีการป้องกันตนเองที่ดีพอในขณะที่ใช้กรดฟอร์มิก ทำให้สารเคมีเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่สามารถทำให้เกิดพิษ	ความรู้ทางเคมี - ประเภทและคุณสมบัติของยาง - การทำยางพาราก้อนและแผ่น - กรดและเบส	-การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้น นำเสนอข้อมูล -กระบวนการทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการวางแผนในการแก้ปัญหา การทดสอบปรับปรุงแก้ไข และหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา รวมถึงการเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทำยางพาราแผ่น	-กระบวนการที่ใช้ในการวางแผน และออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาที่สอดคล้องกับกระบวนการทางเทคโนโลยีเพื่อทำยางพาราแผ่น	-การคำนวณอัตราส่วนสารที่เหมาะสมในการทำยางพาราแผ่น

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	สถานการณ์	สะเต็มศึกษา			
		วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
	ได้ และราคาสูงกว่ากรดชนิดอื่นอยู่ 5-10 เท่า <u>ชิ้นงานที่ต้องปฏิบัติ</u> การใช้สารจากธรรมชาติมาแทน กรดโดยไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เกษตรกรและสิ่งแวดล้อม รวมถึงหา อัตราส่วนในการทำยางแผ่นจาก สารธรรมชาติ : น้ำ : น้ำยางสด				
3. เส้นใย	สถานการณ์จากหนังสือพิมพ์ฉบับ หนึ่งเกี่ยวกับกับเรื่องสารปนเปื้อนที่ เกิดจากการใช้กระดาษทิชชูและ กระดาษหนังสือพิมพ์ชับน้ำมันใน อาหารโดยมีสารปนเปื้อนคือสาร โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เมื่อทำ ปฏิกิริยากับโปรตีนและไขมัน จะมี	ความรู้ทางเคมี - ประเภทและ คุณสมบัติเส้นใย - กรดและเบส	-การใช้เทคโนโลยี สารสนเทศในการ สืบค้น นำเสนอข้อมูล -กระบวนการทาง เทคโนโลยีที่ใช้ในการ วางแผนในการ แก้ปัญหา การทดสอบ	-กระบวนการที่ใช้ใน การวางแผน และ ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหาที่สอดคล้อง กับกระบวนการทาง เทคโนโลยี เพื่อทำ กระดาษชับน้ำมันจาก	-การคำนวณอัตราส่วน สารที่เหมาะสมในการ ทำกระดาษชับน้ำมัน จากเส้นใยธรรมชาติ

ตาราง 5 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	สถานการณ์	สะเต็มศึกษา			
		วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
	ฤทธิ์กัดกร่อนเนื้อเยื่อรุนแรง การ กลืนกินทำให้แสบไหม้บริเวณปาก คอ และกระเพาะอาหาร ส่วนสาร ไดออกซิน เป็นสารที่สถาบันวิจัย มะเร็งระหว่างชาติจัดให้เป็นสารก่อ มะเร็งในมนุษย์ และการใช้กระดาษ หนังสือพิมพ์ซับน้ำมันจะทำให้ น้ำมันเป็นตัวละลายสารเคมีในหมึก พิมพ์ได้ <u>ชิ้นงานที่ต้องปฏิบัติ</u> กระดาษซับน้ำมันจากเส้นใย ธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค		ปรับปรุงแก้ไข และหา แนวทางที่เหมาะสมใน การแก้ปัญหา รวมถึง การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมใน การทำกระดาษซับ น้ำมันจากเส้นใย ธรรมชาติ	เส้นใยธรรมชาติ	

1.2 แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จะใช้ในการสะท้อนผลถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และข้อเสนอแนะที่ได้จากการจัดการเรียนรู้จะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ซึ่งมีวิธีการสร้างเครื่องมือดังนี้

1) กำหนดขอบเขตสิ่งที่จะบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ เช่น

1.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบระหว่างการจัดการเรียนรู้

1.2 แนวทางแก้ไขปัญหา

1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้

สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2) สร้างแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยลักษณะแบบบันทึกจะเป็นการเขียนบรรยายเป็นข้อๆ ตามคำถามที่ตั้งไว้

3) นำแบบบันทึกสะท้อนผลเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ

4) จากนั้นนำแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) นำแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ไปใช้เพื่อสะท้อนผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง โดยผู้บันทึกแบบบันทึกสะท้อนผล ได้แก่ ผู้วิจัย และครูประจำการ

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้หรือไม่ อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

มีลักษณะเป็นแบบสังเกตแบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และใช้กับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม โดยมีการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การสอบถามนักเรียนขณะทำกิจกรรม ดูจากการตอบคำถามในใบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และชิ้นงาน ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

1) ศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจาก PISA 2015

2) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ใช้กรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA 2015

ซึ่งมีสมรรถนะ 3 สมรรถนะ ดังนี้ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

3) สร้างแบบสังเกตที่มีลักษณะแบบกึ่งโครงสร้าง คือ มีแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) และเขียนบรรยายลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนที่สังเกตได้

4) นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง

5) จากนั้นนำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

6) นำแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้จริง โดยผู้สังเกตคือผู้วิจัย ซึ่งจะสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ในขณะที่มีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

2.2 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1) ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และเกณฑ์การประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2) สร้างแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยมีลักษณะเป็นการเขียนบรรยายเพื่อตอบคำถาม จำนวน 12 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

3) นำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคืออาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและข้อบกพร่อง โดยใช้แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) โดยใช้เกณฑ์พิจารณา ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 257)

+1 สำหรับข้อที่แน่ใจว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหา

0 สำหรับข้อที่ไม่แน่ใจว่าวัดได้ตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหา

-1 สำหรับข้อที่แน่ใจว่าวัดไม่ได้ตรงตามจุดประสงค์และเนื้อหา

โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องจากสมการ ดังต่อไปนี้ (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 257)

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

โดยที่ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน คะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
ประเมินในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้อง

จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบประเมิน
สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

4) จากนั้นนำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือมาปรับปรุงตาม
คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา จนได้แบบประเมินซึ่งมีรายละเอียด ดังตารางที่ 6

5) นำแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปใช้จริงกับผู้เรียน
หลังจากจบการจัดการเรียนรู้ทุกวงจรปฏิบัติการ

ตาราง 6 แสดงสรุปแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สถานการณ์	คำถาม ข้อที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย	วัตถุประสงค์
1. พลาสติก ถนอมอาหาร ภัยสุขภาพที่ อยู่ใกล้ตัว	1	การสร้างและ เก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน	แบ่งปันข้อมูลและ ทำความเข้าใจใน ปัญหาร่วมกัน	สามารถสื่อสารร่วมกันเพื่อ แบ่งปันข้อมูลที่สำคัญที่ เกี่ยวข้องกับปัญหาจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้
	2	การสร้างและ เก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน	ตรวจสอบและแก้ไข ความเข้าใจที่มี ร่วมกัน	สามารถสื่อสาร อธิบาย ความเข้าใจผิดให้ตรงกัน
	3	การสร้างและ เก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน	เข้าใจบทบาทหน้าที่ ของตนเองและ สมาชิกกลุ่ม	สามารถแบ่งหน้าที่ของ สมาชิกในกลุ่มได้ตาม ความถนัดของแต่ละคน
	4	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ร่วมกันวางแผน ออกแบบ และ ดำเนินงานร่วมกัน	สามารถร่วมกันวางแผน ออกแบบ และดำเนินงาน ร่วมกัน

ตาราง 6 (ต่อ)

สถานการณ์	คำถาม ที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย	วัตถุประสงค์
	5	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ระบุเพื่อหาแนวทางที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	สามารถอภิปรายใน การเลือกแนวทางการ แก้ปัญหาที่เหมาะสม จากสถานการณ์ที่ กำหนดให้
	6	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	ปฏิบัติตามหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมาย	สามารถปฏิบัติตาม หน้าที่ที่ได้รับ มอบหมาย
2. ตะปู เรือใบกับ ความ ปลอดภัย ชายแดนใต้	7	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของ สมาชิกภายในกลุ่ม	สามารถค้นพบ มุมมองและ ความสามารถของ สมาชิกภายในกลุ่ม
	8	การสร้างและเก็บ รักษาความเข้าใจที่ มีส่วนร่วม	สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุ ถึงปัญหา และการ ดำเนินงานภายใน กลุ่ม	สามารถสื่อสาร ร่วมกันเพื่อระบุปัญหา จากการดำเนินงาน และบอกแนวทางการ แก้ปัญหาที่สอดคล้อง กับปัญหา
	9	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ระบุและอธิบายภาระ งานที่ต้องปฏิบัติให้ เสร็จ	สามารถระบุและ อธิบายภาระงานที่ ต้องปฏิบัติให้เสร็จ
	10	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	อธิบาย และประพฤติ ตนตามกฎของกลุ่มที่ ได้ตั้งไว้	อธิบาย และประพฤติ ตนตามกฎของกลุ่มที่ ได้ตั้งไว้

ตาราง 6 (ต่อ)

สถานการณ์	คำถาม ที่	สมรรถนะ	สมรรถนะย่อย	วัดพฤติกรรม
	11	การสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม	ให้ข้อเสนอแนะเพื่อ เป็นข้อปรับปรุงในการ ทำงานร่วมกัน	สามารถสื่อสารและให้ ข้อเสนอแนะเพื่อเป็น ข้อปรับปรุงในการ ทำงานร่วมกัน
	12	การเลือกวิธีการ ดำเนินการที่ เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	ตรวจสอบผลการ ดำเนินงาน และ ประเมินผล ความสำเร็จของงาน	สามารถตรวจสอบผล การดำเนินงาน และ ประเมินผล ความสำเร็จของงาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยอธิบายจุดประสงค์ในการเรียน วิธีการจัดการเรียนรู้ และการทำกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าใจ

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน เรื่อง พอลิเมอร์ จำนวน 3 แผน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3. ในขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือ ดังนี้

3.1 แบบสังเกตพฤติกรรมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ: ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน รวมไปถึงข้อมูลจากใบบันทึกกิจกรรม และชิ้นงาน ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยจะบันทึกข้อมูลลงในแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการทำกิจกรรมในแต่ละครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อจัดแบ่งกลุ่มระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

3.2 แบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้: ผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้แหล่งข้อมูลมาจากการสังเกตผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติ พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกิดจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน รวมไปถึงข้อมูลจากใบกิจกรรม ชิ้นงาน และการ

สนทนารวมอย่างไม่เป็นทางการระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนต่อไปโดยบันทึกลงในแบบบันทึกสะท้อนผล นอกจากนี้ครูประจำการที่เป็นผู้บันทึกสะท้อนผลร่วมกับผู้วิจัยทำการสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้น จากนั้นนำผลข้อมูลสะท้อนผลมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรถัดไป จนครบ 3 วงจรปฏิบัติการ

4. ผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังจากการจัดการเรียนรู้ครบทุกวงจรปฏิบัติการ โดยใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อจัดแบ่งกลุ่มระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน

5. นำผลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเครื่องมือต่างๆ คือ แบบบันทึกสะท้อนผล แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบสังเกต ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนการหาคุณภาพของข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ควรจัดการเรียนรู้ได้อย่างไร

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยแหล่งข้อมูลมาจากแบบบันทึกสะท้อนผล ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) มีขั้นตอนดังนี้

1.1 เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยอ่านข้อมูลทั้งหมดจากเครื่องมือวิจัย

1.2 รวบรวมข้อมูลที่สามารนำมาตอบคำถามวิจัยได้ให้เป็นหมวดหมู่เดียวกันในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.3

ตีความข้อมูลจากข้อมูลจากแบบบันทึกสะท้อนผลว่าในแต่ละชั้นของการจัดการเรียนรู้เกิดปัญหาอะไรบ้าง และควรมีการปรับปรุงชั้นการจัดการเรียนรู้แต่ละชั้นหรือไม่ อย่างไร

1.4 สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละวงจร

1.5 ตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้า (Triangulation) แบบ Resource triangulation โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผลจากผู้วิจัย และครูประจำการ หลังจากนั้นตีความข้อมูล และประเมินผลว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกัน หรือในทิศทางที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพของ เครื่องมือโดยวิธีการนี้ ถ้าใช้เครื่องมือเดียวกันและแหล่งข้อมูลต่างกัน แต่มีผลการประเมินเป็นไปในทิศทางเดียวกันจะแสดงให้เห็นได้ว่าข้อมูลนั้นมี

ความน่าเชื่อถือ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2557) ซึ่งหมายถึงว่าการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยมีความสอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และส่งผล ให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถืออีกด้วย

1.6 วิเคราะห์ในภาพรวมว่าแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือว่าควรมีการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้นเป็นอย่างไร

2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พลติเมอร์ สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้หรือไม่ อย่างไร

ในการวิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียน หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมีแหล่งข้อมูล คือ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

2.1 เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือวิจัยทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยได้อ่านข้อมูลทั้งหมด และแบ่งหมวดหมู่ข้อมูลไว้เป็น 3 ส่วน ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบ PISA 2015

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตในชั้นเรียนตามสมรรถนะย่อย โดยดูว่าในแต่ละวงจรปฏิบัติการผู้เรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยอย่างไร โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำของแต่ละสมรรถนะย่อย จากนั้นสรุปว่าผู้เรียนมีการพัฒนา สมรรถนะย่อยนั้นหรือไม่ อย่างไร

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยผู้วิจัยจัดข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่ตามสมรรถนะย่อยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามกรอบ PISA 2015

2.4 ผู้วิจัยตีความคำตอบของผู้เรียนว่าตรงกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้จัดแบ่งกลุ่มระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระดับไหนบ้าง

2.5 จัดหมวดหมู่ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ ระดับสูง ระดับกลาง และระดับต่ำของแต่ละสมรรถนะย่อย และนำไปหาค่าร้อยละ

2.6 ทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าด้านการรวบรวมข้อมูล หรือ Methodological triangulation (สุภาวงศ์ จันทวานิช, 2546, หน้า 129-130) ตรวจสอบโดยการนำข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และแบบประเมินสมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือ มาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินงานว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่เหมือนกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2.7 สรุปภาพรวมทั้งหมดว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังจากสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ได้หรือไม่ อย่างไร

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามกระบวนการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ และศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้นจำนวน 12 ชั่วโมง และผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม 2562 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2562 ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลการวิจัย ดังนี้

1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1
2. ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ เพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตที่ได้จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ พฤติกรรมการเรียนรู้ ชิ้นงาน ใบกิจกรรม และการสนทนาอย่างไม่เป็นทางการระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียด ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ชั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 พลาสติก แผนที่ 2 ยาง และแผนที่ 3 เส้นใย ซึ่งแต่ละแผนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง ทำการจัดการเรียนรู้ในวันพุธ เวลา 11.20 น. – 12.10 น. และวันพฤหัสบดี เวลา 10.30 น.- 12.10 น. ของทุกๆ สัปดาห์ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Lou, et al., 2010, p. 199) มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage)

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage)

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลาสติก เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 30 มกราคม 2562 ถึงวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2562 ซึ่งรายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง พลาสติก เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาขยะจากถุงพลาสติคซึ่งย่อยสลายยาก โดยให้นักเรียนผลิตพลาสติกชีวภาพเพื่อนำมาทำถุงพลาสติคเพื่อแก้ปัญหาขยะจากถุงพลาสติคซึ่งย่อยสลายยาก ซึ่งนักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องของปฏิกิริยาพอลิเมอร์ โครงสร้างพอลิเมอร์ สมบัติของพอลิเมอร์ พลาสติก และพลาสติกชีวภาพมาใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรม

2. ชั้นปฏิบัติ (Act) และชั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผน และในขั้นนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันระบุปัญหาผ่านการอภิปรายในกลุ่มและในชั้นเรียน โดยก่อนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาผู้วิจัยได้นำเข้าสู่บทเรียนด้วยการใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับปัญหาที่มาจากพลาสติก พบว่าสามารถดึงดูดใจทำให้นักเรียนสนใจและเห็นภาพรวมของประเด็นปัญหาด้านพลาสติกได้ และแต่ละกลุ่มจะต้องศึกษาสถานการณ์เกี่ยวกับขยะที่เกิดจากการใช้ถุงพลาสติคและ

ต้องทำถูกเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้ง่าย และร่วมกันระบุปัญหา ซึ่งพบว่านักเรียนบางส่วนมีพฤติกรรมไม่ช่วยสมาชิกกลุ่มระบุปัญหา และผู้วิจัยสังเกตพบว่าการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาโดยไม่ผ่านการคิดรายบุคคลนั้นส่งผลให้นักเรียนบางคนไม่ได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและไม่มีส่วนร่วม ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการระบุปัญหาจากสถานการณ์”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนในกลุ่มที่ 1 ไม่ช่วยกันระบุปัญหา บางกลุ่มให้เพียงคนเดียวในกลุ่มคิดทำให้ระบุปัญหาไม่ครบ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

และในขั้นนี้ได้แบ่งกลุ่มนักเรียนคลตามความสามารถกลุ่มละ 5 คน แล้วให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มตามความถนัดและความสามารถ สังเกตพบว่า การที่ผู้วิจัยไม่มีการอธิบายหน้าที่แต่ละหน้าที่ก่อนทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจบทบาทและความสำคัญของหน้าที่แต่ละหน้าที่ทำให้มีวิธีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานที่ไม่เหมาะสม ดังจะเห็นได้จากการแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ ดังนี้

“นักเรียนแบ่งหน้าที่โดยการเลือกตามความชอบ”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

“ครูควรอธิบายวิธีการแบ่งหน้าที่ก่อนเพราะนักเรียนบางกลุ่มจับฉลากเพื่อแบ่งหน้าที่”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ปัญหาขยะพลาสติกที่เกิดจากการใช้ถุงเพาะชำที่ย่อยสลายยากสามารถสร้างความสนใจให้นักเรียนทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมเนื่องจากเป็นปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันและเป็นกิจกรรมที่ทำหายในการทำพลาสติกด้วยตัวเอง ดังจะเห็นได้จากบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

“เราสามารถทำพลาสติกได้เองจริงๆ เหยอะ หนูอยากทำเร็วๆ แล้วค่ะ”

(บทสนทนาระหว่างการจัดการเรียนรู้, 30 มกราคม 2562)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึงองค์ประกอบสำคัญของปัญหาเพื่อนำมาสืบค้นความรู้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนศึกษาจากใบความรู้ที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ให้และสืบค้นเพิ่มเติม ผู้วิจัยสังเกตพบว่านักเรียนบางส่วนไม่มีส่วนร่วมในขั้นนี้ ดังจะเห็นได้จากการแบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้ ดังนี้

“นักเรียนหลายกลุ่มไม่ช่วยกันระบุสาเหตุและเงื่อนไขของปัญหาเช่นเดียวกับขั้นที่ 1”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

และนอกจากจะศึกษาจากใบความรู้แล้ว นักเรียนส่วนใหญ่สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมโดยการสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตมากกว่าการใช้แหล่งข้อมูลอื่นๆ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย แต่เนื่องจากผู้วิจัยไม่มีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือให้กับนักเรียนทำให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่สืบค้นได้ ดังจะเห็นได้จากการสนทนาแบบไม่เป็นทางการระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยในระหว่างจัดการเรียนรู้ และการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“...ทำไมสองเว็บไซต์นี้อธิบายพลาสติกไม่เหมือนกัน ควรเชื่อเว็บไซต์ไหนครับ”

(บทสนทนาระหว่างการจัดการเรียนรู้, 30 มกราคม 2562)

“ครูไม่มีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือนอกจากใบความรู้ และครูควรติดตามการสืบค้นของนักเรียนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage)

ผู้วิจัยชี้แจงวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีให้เลือกใช้ รวมถึงข้อควรระวังต่างๆ และให้แต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนในการแก้ปัญหา โดยก่อนวางแผนผู้วิจัยให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ตัวอย่างในการทำพลาสติกชีวภาพแล้วจึงให้นักเรียนวางแผน ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถร่วมมือกันเพื่อวางแผนแก้ปัญหาได้เองเพราะนักเรียนลอกเลียนแบบจากตัวอย่าง เช่น การเลือกใช้แป้งมันสำปะหลัง และกลีเซอริน รวมถึงวิธีการทำเหมือนกับตัวอย่าง มีบางกลุ่มเท่านั้นที่ทำการสืบค้นเพิ่มเติมและนำข้อมูลต่างๆ มาอภิปรายจนออกมาเป็นแนวทางการทำพลาสติกชีวภาพของกลุ่ม รวมถึงในการอธิบายและให้เหตุผลในการเลือกอุปกรณ์และสารที่ใช้ของนักเรียนยังขาดการให้เหตุผลในเชิงหลักการหรือทฤษฎีที่เพียงพอ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและการบันทึกในใบกิจกรรม ดังนี้

"นักเรียนลอกวัสดุ อุปกรณ์ ปริมาณสาร และวิธีการทำพลาสติกชีวภาพจากตัวอย่าง และเมื่อสอบถามไม่สามารถบอกเหตุผลได้ "

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

"การวางแผนจะช่วยให้นักเรียนทำพลาสติกชีวภาพได้อย่างเป็นระบบ แต่การมีตัวอย่างทำให้นักเรียนไม่ได้คิดเอง"

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

6. การวางแผนและการดำเนินการ (Plan A)

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

แป้งมัน	20 g	อัตราส่วนผสมรวม
น้ำ	300 ml	ทำในหม้อเคลือบ
กลีเซอริน	20 ml	เพิ่มทราเวลลิ่ง
ซีกเมนต์	2 ใม	ใส่ไว้ใส่หม้อ เติไว้ด้วยสาร
หม้อเคลือบ	1 อัน	ใส่ไว้ด้วยสาร
ส้อม	ขนาด 20x20 cm	ใส่ไว้ตามสารในหม้อ
ใบไม้	1 อัน	ใส่ไว้กับส้อม

ภาพ 3 แสดงตัวอย่างการบันทึกอุปกรณ์และสารเคมีในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)

ในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องวางแผนสำรองเพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง จากการสังเกตพบว่าเนื่องจากผู้วิจัยขาดการกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลใน

การวางแผนสำรองทำให้นักเรียนวางแผนสำรองโดยไม่คำนึงถึงอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในแผนการหลัก ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนวางแผนสำรองโดยขาดหลักการเพราะเมื่อสอบถามไม่สามารถบอกเหตุผลได้ ”

(ผู้วิจัย,แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนไม่มีการปรึกษากันในการวางแผนสำรองและไม่ใช้หลักการในการวางแผนทำให้แผนการไม่เป็นระบบ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่วางไว้ พบว่าสารเคมีและอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ไม่เพียงพอเนื่องจากบางกลุ่มเมื่อทำตามแผนการหลักไม่สำเร็จแล้วจะไม่ทำตามแผนสำรองที่วางไว้แต่จะทำการเปลี่ยนชนิดของสาร อัตราส่วนของสาร หรือชนิดของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการลองผิดลองถูก ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและตัวอย่างภาพนักเรียนบางกลุ่มทำพลาสติกชีวภาพพร้อมกันถึง 2 ชิ้น ซึ่งเป็นหลักฐานว่านักเรียนไม่ได้ทำตามแผนการที่วางไว้ ซึ่งทำเพียง 1 ชิ้น ดังนี้

“เมื่อแผ่นพลาสติกที่ทำครั้งแรกไม่สำเร็จ ในการแก้ไขปรับปรุงมีบางกลุ่มใช้การคาดคะเนโดยไม่มีการชั่งหรือวัดปริมาณสารที่ใช้ทำให้สารไม่เพียงพอ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)



ภาพ 4 แสดงตัวอย่างการทำพลาสติกชีวภาพเพื่อนำไปทำถุงเพาะชำ เรื่อง พลาสติก

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน รวมถึงวัสดุ อุปกรณ์ วิธีการทำ ผลการทดสอบ ปัญหาที่พบ และแนวทางแก้ไข และเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการประเมินผลงานของกลุ่มตนเองและของกลุ่มอื่น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่าในการนำเสนอ นักเรียนทุกกลุ่ม ใช้วิธีการออกมาอ่านใบกิจกรรมให้ฟัง และนักเรียนเริ่มคุยกันนอกเรื่องเมื่อกลุ่มของตนเองนำเสนอเสร็จ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและภาพตัวอย่างการนำเสนอ ดังนี้

“การนำเสนอไม่น่าสนใจ และนักเรียนบางคนไม่ตั้งใจฟังการนำเสนอ”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนที่นำเสนออ่านให้ฟัง บางคนไม่สนใจฟังและคุยกัน”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)



ภาพ 5 แสดงตัวอย่างการนำเสนอจากกิจกรรม เรื่อง พลาสติก

และในขั้นนี้สุดท้ายนักเรียนต้องร่วมกันสรุปองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรม พบว่านักเรียนทุกคนตั้งใจและมีส่วนร่วมในการสรุปความรู้ ซึ่งพบว่าการสรุปความรู้ไม่สอดคล้องกับระดับศึกษาโดยความรู้ที่สรุปเป็นเพียงความรู้จากคำถามทำกิจกรรมซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหารายวิชาเคมีเท่านั้น ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและการตอบคำถามทำกิจกรรมในใบกิจกรรม ดังนี้

“ควรสรุปองค์ความรู้ด้านสะเต็มที่ใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาในตอนสุดท้าย เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

3. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พลาสติก โดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูประจำการ ซึ่งสามารถนำมาสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาหรือข้อค้นพบที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อค้นพบ
1.ขั้นการยืนยันปัญหา	- ผู้วิจัยไม่อธิบายหน้าที่แต่ละหน้าที่ก่อนการแบ่งหน้าที่ให้นักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจบทบาทและความสำคัญของหน้าที่แต่ละหน้าที่ทำให้มีวิธีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น จับฉลาก เลือกตามความชอบ เป็นต้น -รูปแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาโดยไม่ผ่านการคิดรายบุคคลนั้นส่งผลให้มึนักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วม	-การใช้วีดิทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาในการนำเข้าสู่บทเรียนสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี -การใช้ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนมาใช้เป็นสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน -ก่อนการแบ่งหน้าที่ผู้วิจัยควรชี้แจงการแบ่งหน้าที่เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมกลุ่มที่เหมาะสมกับพร้อมทั้งอธิบายความสำคัญของแต่ละหน้าที่ -ให้นักเรียนได้ระบุปัญหาด้วยตัวเองก่อนนำไปอภิปรายในกลุ่ม รวมถึงมีครูคอยกระตุ้นและติดตาม
2.ขั้นการชี้แจงปัญหา	-นักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการชี้แจงปัญหา	-ให้นักเรียนได้ชี้แจงปัญหาด้วยตัวเองก่อนนำไปอภิปรายในกลุ่ม -ควรแนะนำแหล่งข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต หรือแนะนำข้อมูลที่น่าเชื่อถือจากแหล่งข้อมูลที่

ตาราง 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อค้นพบ
	-ให้นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของ ข้อมูลที่สืบค้นได้	หลากหลาย เช่น หนังสือ การทำการทดลอง บทความวิจัย เว็บไซต์ เป็นต้น รวมถึงควรติดตาม การสืบค้นของแต่ละกลุ่มเพื่อตรวจสอบความ น่าเชื่อถือของข้อมูล
3. ขั้นตอนการ วางแผน	-นักเรียนไม่สามารถร่วมมือกัน วางแผนแก้ปัญหาได้ -การให้นักเรียนดูตัวอย่างการสร้าง ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหา นักเรียนจะ ลอกเลียนแบบโดยไม่ได้สร้างแนว ทางการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานที่ เกิดจากความคิดของสมาชิกในกลุ่ม -การอธิบายและให้เหตุผลในการ เลือกสารเคมี อุปกรณ์และปริมาณ สารที่ใช้ของนักเรียนยังขาดการให้ เหตุผลในเชิงหลักการหรือทฤษฎี	-ควรติดตามอย่างใกล้ชิดและเข้าไปกระตุ้นให้ นักเรียนสื่อสารกันเพื่อร่วมกันวางแผน -ไม่ควรนำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานหรือการ แก้ปัญหามาให้นักเรียนดูก่อนการวางแผนหาก สถานการณ์การแก้ปัญหานั้นไม่ยาก ไม่มีความ ซับซ้อนมาก หรือสามารถหาแหล่งข้อมูลที่ใช้ใน การอ้างอิงได้ง่าย -ในการให้เหตุผลในการเลือกสารเคมีและปริมาณ สารที่ใช้ควรให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นจาก หลักการ ทฤษฎี หรือตัวอย่างผลการทดลองจาก โครงงานหรืองานวิจัยมาใช้ในการอ้างอิง
4. ขั้นตอนการ วางแผนสำรอง	-ขาดการกระตุ้นให้นักเรียนบอก เหตุผลในการวางแผนสำรองทำให้นัก เรียนละกลุ่มวางแผนสำรองโดย ไม่คำนึงถึงอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น ในแผนการหลัก	-ควรกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลในการวางแผน สำรอง หรือให้เขียนเหตุผลลงในใบกิจกรรม หรือ อาจให้นำเสนอก่อนลงมือปฏิบัติจริง
5. ขั้นตอนการปรับ โครงสร้าง	-สารเคมีและอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยเตรียม ไว้ไม่เพียงพอเนื่องจากบางกลุ่มเมื่อ ทำตามแผนการหลักไม่สำเร็จแล้วจะ ไม่ทำตามแผนสำรองที่วางไว้แต่จะ ทำการเปลี่ยนชนิดของสาร อัตราส่วนของสาร หรือชนิดของวัสดุ ที่ใช้ในการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการลองผิด ลองถูก	-ควรเตรียมอุปกรณ์และสารให้เพียงพอในการทำ กิจกรรม แต่ควรจำกัดจำนวนอุปกรณ์และปริมาณ สารเคมีต่อกลุ่มตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนเพื่อ สร้างเงื่อนไขให้นักเรียนทำตามแผนการที่วางไว้ และช่วยจำกัดการลองผิดลองถูกของนักเรียนได้ เพราะนักเรียนจะต้องวางแผนและเลือกวิธีการที่ คิดว่าเหมาะสมที่สุดก่อนจึงจะทำการเลือก อุปกรณ์

ตาราง 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อค้นพบ
6. ขั้นการ ประเมิน	-ในการนำเสนอชิ้นงานหรือวิธี แก้ปัญหาให้นักเรียนใช้วิธีการออกมา อ่านใบกิจกรรมให้ฟัง -นักเรียนเริ่มคุยกันนอกเรื่องเมื่อกลุ่ม ของตัวเองนำเสนอเสร็จ -การสรุปองค์ความรู้ไม่สอดคล้องกับ การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม ศึกษา	-ควรกำหนดเกณฑ์และเงื่อนไขการนำเสนอว่าควร นำเสนอด้วยวิธีการที่หลากหลายและน่าสนใจ -ควรมีการสรุปองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อ ตรวจสอบและสร้างความเข้าใจร่วมกัน รวมถึง เพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ในวงจรนี้แสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังจัดการเรียนรู้ได้ไม่เหมาะสม เนื่องจากขาดการอธิบายหน้าที่แต่ละหน้าที่ให้นักเรียนเข้าใจ รูปแบบการเรียนรู้ยังไม่ส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองก่อนนำไปอภิปรายกลุ่ม ไม่มีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือนอกจากใบความรู้ ไม่กระตุ้นให้นักเรียนร่วมมือกันวางแผนแก้ปัญหาทำให้นักเรียนลอกตัวอย่างที่นำมาให้ดู ขาดการกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลของการวางแผนสำรอง ไม่จำกัดจำนวนอุปกรณ์และปริมาณสารเคมีต่อกลุ่มทำให้อุปกรณ์และสารเคมีไม่เพียงพอ ไม่มีการกำหนดเงื่อนไขในการนำเสนอ ขาดการติดตาม รวมถึงไม่สร้างข้อตกลงกับนักเรียนในการฟังการนำเสนอ ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการต่อไปผู้วิจัยจะผลการสะท้อนมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้แบบร่วมมือตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ด้วยตนเอง

วงจรปฏิบัติการที่ 2

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องยาง ตามผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ยาง เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2562 ซึ่งรายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ยาง เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้สารเคมีจับตัวยางที่เป็น

อันตรายต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อม โดยให้นักเรียนผลิตสารจับตัวน้ำยาที่ปลอดภัยและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้จับตัวน้ำยาให้เป็นยางแผ่นหรือยางก้อน ซึ่งนักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้พอลิเมอร์ในเรื่องยาง และปฏิกิริยาการจับตัวของน้ำยามาใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรม

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผน และในขั้นนี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดแยกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage)

ก่อนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยใช้วีดิทัศน์เกี่ยวกับที่มาของยางและวิธีการทำยางก้อนถ้วยและยางพาราแผ่นเพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและสถานการณ์ปัญหา และในขั้นนี้แต่ละกลุ่มจะต้องศึกษาสถานการณ์ปัญหาสถานการณ์ หลังจากเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาด้วยตนเองแล้วจึงนำมาผลัดกันพูดแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาจนได้ข้อสรุปของกลุ่ม โดยมีการกำหนดเวลาทั้งในการระบุปัญหาด้วยตนเองและการอภิปรายในกลุ่ม พบว่านักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำความรู้นั้นมาอภิปรายร่วมกับสมาชิกกลุ่มทำให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการระบุปัญหาและระบุปัญหาได้ครบถ้วนมากขึ้น แต่ปัญหาที่สังเกตพบ คือ สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ใกล้ตัวนักเรียนเนื่องจากในพื้นที่ที่นักเรียนอยู่อาศัยไม่มีสวนยางพาราทำให้นักเรียนไม่สนใจและกระตือรือร้นเท่าที่ควรเมื่อเปรียบเทียบกับวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนทุกคนสามารถระบุปัญหาลงสมุด และร่วมกันนำมาอภิปรายโดยการพูดทีละคนเพื่อหาข้อสรุปได้ตามเวลาที่กำหนด สามารถระบุปัญหาได้ครบถ้วนมากขึ้น แต่ยังขาดความกระตือรือร้น”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“ครูเป็นส่วนสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียนทำตามกำหนดเวลาและให้นักเรียนได้ระบุปัญหาด้วยตนเองแล้วนำมาอภิปรายร่วมกันในกลุ่มทำให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมมากขึ้นในขั้นยืนยันปัญหาทำให้ระบุปัญหาได้ดีขึ้น แต่ปัญหามีความสอดคล้องหรือส่งผลต่อผู้เรียนน้อย”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ในขั้นนี้ยังได้แบ่งกลุ่มนักเรียนคละตามความสามารถกลุ่มละ 5 คน แล้วอธิบายแต่ละหน้าที่ให้นักเรียนเข้าใจจึงให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ตามความถนัดและความสามารถ สังเกตพบว่านักเรียนเข้าใจบทบาทและความสำคัญของหน้าที่ดีขึ้นทำให้มีวิธีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานที่เหมาะสมมากขึ้นกว่าวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนแบ่งหน้าที่โดยการเลือกตามความสามารถมากขึ้น เช่น คนพูดเข้าใจง่ายให้เป็นผู้นำเสนอ”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“การอธิบายให้นักเรียนเข้าใจและเห็นความสำคัญของหน้าที่ทำให้นักเรียนไม่มีการจับฉลากแบ่งหน้าที่เหมือนครั้งก่อน”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึงองค์ประกอบสำคัญของปัญหาเพื่อนำมาสืบค้นความรู้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นอกจากใบความรู้ที่จัดเตรียมไว้ให้ ผู้วิจัยยังได้แนะนำแหล่งข้อมูลซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือในอินเทอร์เน็ตให้นักเรียนได้สืบค้น สังเกตพบว่า นักเรียนสามารถระบุความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วขึ้น ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ อีกทั้งสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งที่น่าเชื่อถือนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยแนะนำให้ได้ แต่มีนักเรียนบางกลุ่มนักเรียนบางกลุ่มยังไม่สามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยจึงต้องให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดในการเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือนอกเหนือจากแหล่งข้อมูลที่ผู้วิจัยแนะนำ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น และได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสืบค้นข้อมูลได้เร็วขึ้นและน่าเชื่อถือ แต่ควรให้นักเรียนเขียนอ้างอิงที่มาเพื่อเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล และควรติดตามอย่างใกล้ชิด”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage)

ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ อุปกรณ์ สารเคมี และข้อควรระวังต่าง ๆ รวมถึงจำกัดจำนวนอุปกรณ์ และปริมาณสารเคมีต่อกลุ่มในการทำสารที่ใช้จับตัวยางพาราเพื่อสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนทำตามแผนการที่วางไว้ และช่วยจำกัดการลองผิดลองถูกในขั้นของการลงมือปฏิบัติของนักเรียนได้ เพราะนักเรียนจะต้องวางแผนและเลือกวิธีการที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด โดยผู้วิจัยไม่ให้นักเรียนดูตัวอย่างในการแก้ปัญหาแต่ให้นักเรียนสืบค้นแนวทางการแก้ปัญหาแล้วนำข้อมูลมาอภิปรายและร่วมกันวางแผน และมีผู้วิจัยกระตุ้นให้นักเรียนสื่อสารกันเพื่อร่วมกันวางแผนและกระตุ้นโดยการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงการสร้างชิ้นงานกับหลักการและทฤษฎี พบว่านักเรียนสามารถวางแผนวิธีการแก้ปัญหาได้ สามารถให้เหตุผลในเชิงหลักการมากขึ้นในการเลือกสารและปริมาณสารที่ใช้มากขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรที่ 1 แต่ปัญหาที่พบคือผู้วิจัยไม่ได้กำชับหรือกำหนดเวลาที่แน่นอนในการวางแผนทำให้ผู้เรียนใช้เวลาในการวางแผนมากเกินไปส่งผลให้เวลาในการทำกิจกรรมเกินกำหนดดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนสามารถร่วมกันวางแผนและบอกเหตุผลได้ แต่เนื่องจากไม่มีตัวอย่างการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหามาให้ดูเหมือนวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ใช้เวลาวางแผนนานเกินไป”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนใช้เวลาในการวางแผนนานเกินไปทำให้กิจกรรมล่าช้า”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

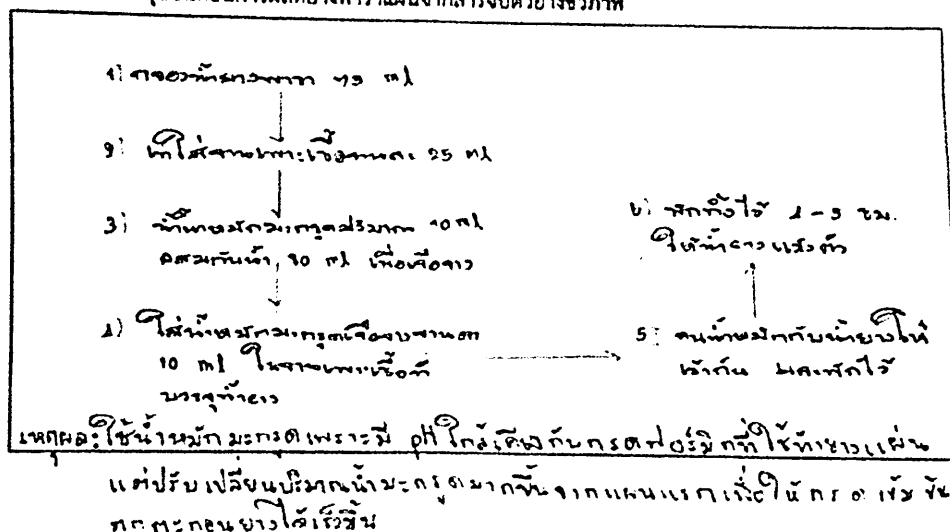
ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องวางแผนสำรองเพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง ในวงจรปฏิบัติการนี้ผู้วิจัยคอยติดตามทุกกลุ่มอย่างใกล้ชิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลในการวางแผนสำรอง พบว่า นักเรียนสามารถบอกเหตุผลในการวางแผนสำรองได้ แต่ผู้วิจัยไม่กำหนดเวลาที่แน่นอนในการวางแผนทำให้ผู้เรียนใช้เวลาในการวางแผนสำรองนานทำให้กิจกรรมล่าช้าดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและการบันทึกแผนสำรองในใบกิจกรรม ดังนี้

“แต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการวางแผนสำรองดี โดยมีครูคอยกระตุ้นในการให้เหตุผลในการวางแผนสำรอง แต่ใช้เวลานานเกินไปทำให้กิจกรรมในการลงมือทำมีเวลาน้อย”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

8.4 ขั้นตอนการผลิตยางพาราแผ่นจากสารจับตัวบางชีวภาพ



ภาพ 6 แสดงตัวอย่างการวางแผนสำรองและการให้เหตุผลในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง
ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่วางไว้ ทดสอบ และปรับปรุงอีกครั้ง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ ผู้วิจัยได้มีการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารที่ต้องใช้ไว้ อย่างเพียงพอและเนื่องจากในขั้นการวางแผนมีการจำกัดจำนวนอุปกรณ์และสารเคมี สังเกตพบว่า เมื่อลงมือปฏิบัตินักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ลองผิดลองถูกแต่ทำตามแผนหลักหรือแผนสำรองที่วางไว้ทำ แต่นักเรียนบางกลุ่มไม่ร่วมมือกันทำหากไม่มีครูคอยกระตุ้น ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบ บันทึกระยะก่อนผลและภาพตัวอย่างการใช้สารจากธรรมชาติในการทำยางพาราแผ่น ดังนี้

“นักเรียนทำตามแผนที่วางไว้ ไม่ใช้วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีเกินที่กำหนด และใน การทำต้องคอยกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนช่วยกัน”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“อุปกรณ์และสารเพียงพอในการทำกิจกรรม และนักเรียนช่วยกันทำตามแผนที่วางไว้ ได้ดีแต่บางกลุ่มจะต้องได้รับการกระตุ้นครูจึงควรติดตามอย่างใกล้ชิด และขั้นนี้เป็นขั้นที่ส่งเสริมให้ นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาจากการลงมือปฏิบัติ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน รวมถึงวัตถุประสงค์ อุปกรณ์ วิธีการทำ ผลการทดสอบ ปัญหาที่พบ และแนวทางแก้ไข และเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการประเมินผลงานของกลุ่มตนเองและของกลุ่มอื่น ในการนำเสนอได้มีการกำหนดเกณฑ์และเงื่อนไขการนำเสนอว่า ควรนำเสนอด้วยวิธีการที่น่าสนใจโดยห้ามอ่านใบกิจกรรมและสร้างข้อตกลงให้นักเรียนตั้งใจฟัง โดยกำหนดให้แต่ละกลุ่มตั้งคำถามจากสิ่งที่ได้ฟังเพื่อถามหลังจากนำเสนอเสร็จ พบว่า นักเรียนมีการนำเสนอที่ดีขึ้นคือไม่อ่านใบกิจกรรม แต่เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้กำหนดหัวข้อในการนำเสนอให้ชัดเจน นักเรียนส่วนใหญ่จึงนำเสนอหัวข้อตามใบกิจกรรมในทุกหัวข้อทำให้การนำเสนอไม่น่าสนใจ และใช้เวลานาน ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

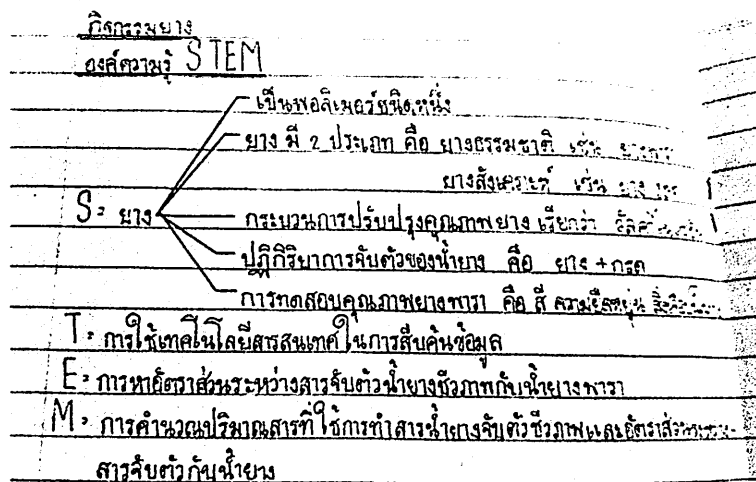
“นักเรียนนำเสนอโดยไม่อ่านใบกิจกรรมตามที่ตกลง แต่นักเรียนนำเสนอโดยการท่องทุกหัวข้อในใบกิจกรรมทำให้การนำเสนอไม่น่าสนใจและใช้เวลานาน”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนตั้งใจฟังการนำเสนอมากขึ้นจากการให้นักเรียนตั้งคำถาม ส่วนในการนำเสนอครูไม่กำหนดหัวข้อในการนำเสนอว่าควรนำเสนอในหัวข้อใดทำให้นักเรียนนำเสนอทุกหัวข้อในใบกิจกรรมโดยขาดการสรุปประเด็นสำคัญ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 14 กุมภาพันธ์ 2562)

และในการสรุปองค์ความรู้ได้ให้นักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ด้านสะเต็มศึกษาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแล้วบันทึกลงในสมุดเพื่อตรวจสอบและสร้างความเข้าใจร่วมกัน และเพื่อเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและความเชื่อมโยงของเนื้อหาที่เรียน รวมถึงเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังจะเห็นได้จากการบันทึกความรู้สะเต็มศึกษาลงในสมุด ดังนี้



ภาพ 7 แสดงตัวอย่างการบันทึกองค์ความรู้สะเต็มศึกษาจากกิจกรรม เรื่อง งาม ลงในสมุด

3. ขั้นสะท้อนผล (Reflect)

การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง งาม โดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูประจำการ สามารถนำมาสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาหรือข้อค้นพบที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อ ค้นพบ
1. ขั้นการยืนยัน ปัญหา	-สถานการณ์ปัญหาที่ใช้ใกล้ตัวนักเรียนทำให้ นักเรียนไม่สนใจเท่าที่ควร	-เลือกสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ ตัวหรือเรื่องที่นักเรียนสนใจ
2. ขั้นการชี้แจง ปัญหา	-ยังไม่สามารถทำให้นักเรียนบางกลุ่มสามารถ ประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้	-ควรให้นักเรียนเขียนอ้างอิงที่มา ของข้อมูลเพื่อเป็นการเพิ่มความ น่าเชื่อถือของข้อมูล และควร ติดตามอย่างใกล้ชิด
3. ขั้นการวางแผน	-นักเรียนใช้เวลาในการวางแผนมากเกินไปส่งผล ให้เวลาในการทำกิจกรรมเกินกำหนด	-ควรกำหนดระยะเวลาในการ วางแผนและกำชับเรื่องการ รักษาเวลาในการทำงาน

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอนการ จัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อ ค้นพบ
4. ขั้นการวางแผน สำรอง	-นักเรียนใช้เวลาในการวางแผนสำรองนานทำให้ กิจกรรมล่าช้า	-ควรกำหนดระยะเวลาในการ วางแผนและกำชับเรื่องการ รักษาเวลาในการทำงาน
5. ขั้นการปรับ โครงสร้าง	-ขาดการกระตุ้นอย่างทั่วถึงทำให้นักเรียนบางกลุ่ม ไม่ร่วมมือกันปฏิบัติ	-ควรพูดกระตุ้นให้นักเรียนทุกคน ช่วยกันลงมือปฏิบัติ และติดตาม อย่างใกล้ชิด
6. ขั้นการประเมิน	-ไม่มีการกำหนดหัวข้อในการนำเสนอให้ชัดเจน นักเรียนส่วนใหญ่จึงนำเสนอหัวข้อตามใบกิจกรรม ในทุกหัวข้อ ทำให้การนำเสนอไม่น่าสนใจและใช้ เวลานาน	-ควรกำหนดหัวข้อในการ นำเสนอโดยให้นำเสนอเฉพาะ ประเด็นสำคัญ

การจัดการเรียนรู้ในวงจรมีแสดงให้เห็นว่า ผู้วิจัยยังจัดการเรียนรู้ได้ไม่เหมาะสม เนื่องจากใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน ไม่สามารถทำให้นักเรียนบางกลุ่มประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้ ไม่ได้กำชับหรือกำหนดเวลาที่แน่นอนในการวางแผน ขาดการกระตุ้นอย่างทั่วถึงทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่ร่วมมือกันปฏิบัติ รวมถึงไม่มีการกำหนดหัวข้อในการนำเสนอให้ชัดเจน ดังนั้นในวงจรปฏิบัติการต่อไปผู้วิจัยจะผลการสะท้อนมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้แบบร่วมมือตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ได้ด้วยตนเองต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 3

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง เส้นใย ตามผลการสะท้อนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เส้นใย เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562 ถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2562 ซึ่งรายละเอียดกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เส้นใย เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้กระดาษทิชชูและกระดาษหนังสือพิมพ์ชับน้ำมันในอาหารเพราะกระดาษทิชชูและกระดาษหนังสือพิมพ์มี

กระบวนการตีวัตถุให้เป็นเนื้อเยื่อต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโซดาไฟซึ่งเป็นสารอันตราย โดยให้นักเรียนทำกระดาษขับน้ำมันจากอาหารที่ปลอดภัยจากสารอันตราย ซึ่งนักเรียนจะต้องประยุกต์ใช้ความรู้พอลิเมอร์ เรื่อง เส้นใยและความรู้เรื่องกรดเบสมาใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรม

2. ขั้นปฏิบัติ (Act) และขั้นสังเกต (Observe)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผน และในขั้นนี้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตจะทำการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดแยกตาม ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage)

ก่อนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยใช้วิธีทัศน์เกี่ยวกับกระดาษทิชชูแล้วร่วมกันอภิปรายว่ากระดาษทิชชูมีประโยชน์อย่างไร ทำมาจากอะไร และใช้สารเคมีใดบ้างในการทำ และสารเคมีที่ใช้มีอันตรายหรือไม่เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน เรื่อง เส้นใย จากนั้นได้แบ่งกลุ่มนักเรียนคละตามความสามารถกลุ่มละ 5 คน เนื่องจากนักเรียนเข้าใจหน้าที่และมีความคุ้นเคยในการทำหน้าที่จึงสังเกตพบว่านักเรียนนักเรียนมีวิธีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานที่เหมาะสมมากขึ้นและสามารถแบ่งหน้าที่ได้อย่างรวดเร็ว และให้แต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหา ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่ใช้เป็นสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับสารปนเปื้อนจากการใช้ทิชชูขับน้ำมันในอาหาร พบว่าสามารถสร้างความสนใจให้แก่ นักเรียนได้ ดังจะเห็นได้จากการสนทนาแบบไม่เป็นทางการระหว่างนักเรียนกับผู้วิจัยในระหว่างจัดการเรียนรู้ และจากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“สถานการณ์ที่ใช้เป็นสถานการณ์ที่น่าสนใจเพราะเป็นเรื่องใกล้ตัวนักเรียน และมีการสร้างชิ้นงานที่น่าสนใจ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

“...ต้องกลับบ้านไปบอกแม่แล้วว่าเอากระดาษทิชชูธรรมดาขับน้ำมันอาหารมันอันตราย เพราะแม่เอากระดาษทิชชูที่เป็นมันขับน้ำมันพวกของทอดตลอดเลย”

(บทสนทนาระหว่างการจัดการเรียนรู้, 20 กุมภาพันธ์ 2562)

และให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาด้วยตนเองแล้วจึงนำมาผลัดกันพูดแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาจนได้ข้อสรุปของกลุ่ม โดยมีการกำหนดให้ส่งสมุดบันทึกการระบุปัญหาด้วยตนเองท้ายคาบและกำหนดเวลาทั้งในการระบุปัญหาด้วยตนเองและการอภิปรายในกลุ่ม พบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการระบุปัญหา สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและนำความรู้ นั้นมาอภิปรายร่วมกับสมาชิกกลุ่มและในชั้นเรียนได้

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึงองค์ประกอบสำคัญของปัญหาเพื่อนำมาสืบค้นความรู้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนอกจากใบความรู้ที่จัดเตรียมไว้ให้ผู้วิจัยยังได้แนะนำแหล่งข้อมูลซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่น่าเชื่อถือในอินเทอร์เน็ตให้นักเรียนได้สืบค้น และกำหนดให้นักเรียนบอกแหล่งที่มาของข้อมูล สังเกตพบว่า นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและสามารถสืบค้นเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือนอกเหนือจากที่ผู้วิจัยแนะนำให้ได้ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

"นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้รวดเร็วขึ้น และได้ข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ"

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

"นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลเป็นอย่างดี ผู้สอนมีการแนะนำแหล่งข้อมูลที่หลากหลายทำให้นักเรียนสืบค้นได้อย่างรวดเร็ว และนักเรียนเขียนอ้างอิงที่มาทำให้ข้อมูลน่าเชื่อถือ"

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage)

ผู้วิจัยชี้แจงวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และข้อควรระวังต่าง ๆ รวมถึงจำกัดจำนวนอุปกรณ์ โดยให้เฟรมในการขึ้นรูปกระดาษ 1 เฟรมต่อกลุ่ม และให้เลือกใช้สารเพียง 1 ชนิดในปริมาณที่กำหนด ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟิวริก น้ำมะขาม น้ำส้มสายชู ปูนขาว ซีเมนต์ ผงฟู และให้นักเรียนสืบค้นเพื่อเลือกเส้นใยธรรมชาติในท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมในการนำมาทำกระดาษ ชีบน้ำมันกลุ่มละ 1 ชนิด เพื่อสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนทำตามแผนการที่วางไว้ และช่วยจำกัดการลองผิดลองถูกในขั้นการลงมือปฏิบัติเพราะนักเรียนจะต้องวางแผนและเลือกวิธีการที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด และมีผู้วิจัยคอยติดตามทุกกลุ่มอย่างใกล้ชิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสื่อสารกัน ร่วมกันวางแผนและมีตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงการสร้างชิ้นงานกับหลักการและทฤษฎี พบว่านักเรียนสามารถวางแผนวิธีการแก้ปัญหาได้ สามารถให้เหตุผลในเชิงหลักการมากขึ้นในการเลือกสารและปริมาณสารที่ใช้มากขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรที่ 1 และ 2 อีกทั้งมีการกำหนดเวลาที่

แน่นอนในการวางแผนทำให้นักเรียนสามารถวางแผนได้ทันตามเวลาที่กำหนด ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนสามารถร่วมกันวางแผนและบอกเหตุผลในการเลือกใช้สารได้อย่างมีหลักการ และสามารถวางแผนได้รวดเร็วมากขึ้น”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนทุกกลุ่มช่วยกันวางแผนเป็นอย่างดี สามารถวางแผนได้ทันตามเวลาที่กำหนด”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)

ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องวางแผนสำรองเพื่อรองรับกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริง โดยมีการกำหนดเวลาในการวางแผนสำรองและผู้วิจัยคอยกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลในการวางแผนสำรอง พบว่า นักเรียนสามารถวางแผนสำรองได้ตามเวลาที่กำหนด และสามารถบอกเหตุผลในการวางแผนสำรองได้ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนสามารถวางแผนสำรองได้ตามเวลาที่กำหนด และบอกเหตุผลในการวางแผนสำรองได้เมื่อสอบถาม”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

“แต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการวางแผนสำรองดีทำให้เสร็จทันเวลา”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)

เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่วางไว้ ทดสอบ และปรับปรุงอีกครั้ง โดยผู้วิจัยได้มีการเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารที่ต้องใช้ไว้อย่างเพียงพอ รวมถึงมีการจำกัดวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีในขั้นการวางแผนเพื่อป้องกันการลองผิดลองถูกเมื่อเกิดปัญหาในการลงมือปฏิบัติ พร้อมทั้งผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันลงมือปฏิบัติ ซึ่งสังเกตพบว่า นักเรียนร่วมมือกันดำเนินการตามแผนที่วางไว้ทั้งการทำกระดาษซับน้ำมัน และการทดสอบ รวมไปถึง

ถึงการแก้ไขเมื่อเจอปัญหาเป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผลและภาพตัวอย่างการทำกระดาษซับน้ำมัน ดังนี้

“นักเรียนช่วยกันทำตามแผนที่วางไว้และร่วมมือกันในการแก้ปัญหาได้ดี”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)



ภาพ 8 แสดงตัวอย่างการทำกระดาษซับน้ำมัน เรื่อง เส้นใย

และในการทำกระดาษซับน้ำมันจะต้องมีการนำเส้นใยมาเกลี่ยเป็นแผ่นในเฟรมขึ้นรูปกระดาษ ซึ่งต้องใช้น้ำเป็นตัวช่วยในการเกลี่ยกระดาษทำให้ต้องทำกิจกรรมนอกห้องเรียนและขั้นตอนในการทำให้กระดาษแห้งนั้นต้องนำไปตากแดดที่นอกห้องเรียน ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มไม่ได้ลงมือปฏิบัติพร้อมกันโดยกลุ่มไหนวางแผนเสร็จก่อนจะลงมือทำกระดาษก่อนจึงมีความวุ่นวายเกิดขึ้นระหว่างจัดการเรียนรู้เพราะนักเรียนเดินเข้าและออกห้องบ่อย ส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมชั้นเรียนของผู้วิจัย ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนบางกลุ่มปรึกษากันด้วยเสียงที่ดังขณะทำกระดาษทำให้รบกวนผู้อื่น และเดินเข้าออกบ่อยทำให้ไม่เป็นระเบียบและวุ่นวาย”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน ร่วมกันประเมินชิ้นงาน และสรุปองค์ความรู้สะสมเต็มศึกษาที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งในการนำเสนอมีการกำหนดเงื่อนไขในการนำเสนอคือควรนำเสนอให้น่าสนใจ เข้าใจง่าย และมีหัวข้อในการนำเสนอ คือ เส้นใยธรรมชาติที่เลือกพร้อมบอกเหตุผลที่เลือก สารที่ใช้ในการกระบวนการตีวัตถุให้เป็นเส้นใยที่ละเอียดแทน

การใช้ NaOH พร้อมบอกเหตุผล และวิธีการทำกระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติ ผลการเปรียบเทียบสีของกระดาษและการดูดซับน้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกับกระดาษซับน้ำมันที่มีขายตามท้องตลาด รวมถึงสร้างข้อตกลงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มตั้งคำถามจากสิ่งที่ได้ฟังเพื่อถามหลังจากนำเสนอเสร็จ และเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการประเมินผลงานของกลุ่มตนเองและของกลุ่มอื่นพบว่า นักเรียนมีการนำเสนอที่ดีขึ้นมีการสรุปประเด็นจากหัวข้อที่กำหนดทำให้เข้าใจได้ง่ายและใช้เวลาอันน้อยลง และนักเรียนส่วนใหญ่ตั้งใจฟังการนำเสนอเพื่อที่จะตั้งคำถาม รวมถึงนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการประเมินงานของกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่นๆ ดังจะเห็นได้จากการสังเกตในแบบบันทึกสะท้อนผล ดังนี้

“นักเรียนนำเสนอได้น่าสนใจและเข้าใจง่ายมากขึ้น และทุกคนมีส่วนร่วมในการประเมินชิ้นงานและสรุปองค์ความรู้ด้านสะเต็มที่ใช้ในการแก้ปัญหา”

(ผู้วิจัย, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

“นักเรียนนำเสนอได้ดีขึ้น น่าสนใจ และนักเรียนทุกคนตั้งใจฟังการนำเสนอ”

(ครูประจำการ, แบบบันทึกสะท้อนผล, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

3. ชั้นสะท้อนผล (Reflect)

หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง เส้นใย โดยใช้แบบบันทึกสะท้อนผลของผู้วิจัยและครูประจำการ ซึ่งผลการปฏิบัติสามารถนำมาสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาหรือข้อค้นพบที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงการสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อค้นพบ
1. ขั้นการยืนยันปัญหา	-	-การใช้ปัญหาที่ใกล้ตัวและการสร้างชิ้นงานที่น่าสนใจสามารถทำให้นักเรียนสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้
2. ขั้นการชี้แจงปัญหา	-	-การแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อทำให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและน่าเชื่อถือ

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ปัญหา	แนวทางการแก้ปัญหา/ข้อค้นพบ
3. ขั้นตอนการวางแผน	-	-การกำหนดเวลาทำให้นักเรียนวางแผนได้ตามกำหนด -การกำหนดปริมาณวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ทำให้นักเรียนต้องวางแผนอย่างรอบคอบและป้องกันการล่องผิดหลงดูในการปฏิบัติ
4. ขั้นตอนการวางแผนสำรอง	-	-การกำหนดเวลาทำให้นักเรียนวางแผนสำรองได้ตามกำหนด
5. ขั้นตอนการปรับโครงสร้าง	-มีความวุ่นวายเกิดขึ้นระหว่างจัดการเรียนรู้เพราะการเริ่มลงมือปฏิบัติไม่พร้อมกันและมีขั้นตอนที่ต้องทำนอกชั้นเรียน	-ควรกำหนดให้นักเรียนลงมือปฏิบัติพร้อมกันตามเวลาที่กำหนดเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมชั้นเรียน
6. ขั้นตอนประเมิน	-	-การกำหนดหัวข้อในการนำเสนอทำให้นักเรียนสามารถสรุปประเด็นสำคัญของข้อมูลและทำการนำเสนอเข้าใจง่าย

จากข้อค้นพบในทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถนำมาสรุปได้ว่า แนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ควรจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เน้นกระบวนการกลุ่ม มีการติดตามให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด และมีการกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนสะท้อนความคิดและประเมินความเข้าใจร่วมกันผ่านการอภิปราย จะทำให้นักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้น ดังนี้

1. ขั้นตอนยืนยันปัญหา (The problem confirm stage) ในขั้นแรกของการยืนยันปัญหาควรแบ่งกลุ่มนักเรียนคละตามความสามารถและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ โดยก่อนการแบ่งหน้าที่ครูควรอธิบายหน้าที่แต่ละหน้าที่เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของแต่ละหน้าที่ และให้นักเรียนได้มีการระบุภาระหน้าที่ในการทำกิจกรรมอย่างชัดเจนตามความสามารถของแต่ละบุคคล ตัวอย่างเช่น หัวหน้า ผู้นำเสนอ ผู้เตรียมอุปกรณ์ เป็นต้น รวมถึงควรให้นักเรียนแต่ละคนติดสัญลักษณ์ตามหน้าที่เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตสมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือ และก่อนให้ศึกษาศถานการณ์ปัญหาควรมีการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนก่อนเข้าสู่กิจกรรมโดยอาจใช้วีดิทัศน์หรือการทดลองที่เกี่ยวกับพอลิเมอร์ หลังจากนั้นจึงให้นักเรียนศึกษาศถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุปัญหา โดยต้องให้นักเรียนทุกคนระบุปัญหาด้วยตนเองก่อนนำมาอภิปรายในกลุ่มและแต่ละกลุ่มนำมาอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกันอีกครั้ง ซึ่งควรใช้สถานการณ์ปัญหาเรื่องพอลิเมอร์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน อาจเป็นปัญหาสังคม สุขภาพ หรือสิ่งแวดล้อมมาใช้เป็นสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้เพื่อทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน

2. **ขั้นการชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage)** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อศึกษาองค์ประกอบสำคัญของปัญหา ได้แก่ สาเหตุ และเงื่อนไขของปัญหา โดยใช้ประเด็นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งครูควรแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความหลากหลายในการสืบค้นให้นักเรียน เช่น หนังสือ การทำการทดลอง บทความวิจัย เว็บไซต์ หรือวิดีโอ เป็นต้น รวมถึงควรให้นักเรียนอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

3. **ขั้นการวางแผน (The planning stage)** ก่อนการวางแผนครูควรอธิบายถึงวัตถุประสงค์ และสารเคมีที่มีให้ และข้อควรระวังต่างๆ รวมถึงชี้แจงการจำกัดจำนวนอุปกรณ์และปริมาณสารเคมีต่อกลุ่มเพื่อสร้างเงื่อนไขให้นักเรียนนำไปใช้ในการวางแผน เช่น การกำหนดปริมาณแบ่งที่ใช้ทำพลาสติกต่อกลุ่ม เป็นต้น โดยในการวางแผนไม่ควรนำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างหากสถานการณ์ปัญหานั้นไม่ได้มีความซับซ้อนมากหรือสามารถหาแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงได้ง่ายเพราะจะเป็นการปิดกั้นการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนเนื่องจากนักเรียนมักลอกเลียนแบบจากตัวอย่างที่ให้ อีกทั้งในการให้เหตุผลในการวางแผนเลือกสารเคมี อุปกรณ์และปริมาณสารที่ใช้ควรให้นักเรียนสืบค้นจากหลักการทฤษฎี ตัวอย่างผลการทดลองจากโครงการหรืองานวิจัยมาใช้ในการอ้างอิงเพื่อให้เหตุผลในเชิงหลักการหรือทฤษฎีและมีความน่าเชื่อถือ โดยมีครูคอยกระตุ้นตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงการสร้างชิ้นงานกับหลักการและทฤษฎี และกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนอย่างเป็นระบบชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ อีกทั้งควรกำหนดเวลาในการวางแผนและกำกับให้นักเรียนรักษาเวลาเพื่อให้กิจกรรมไม่ล่าช้า

4. **ขั้นการวางแผนสำรอง (The contingency plan stage)** ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อวางแผนสำรองเพื่อรองรับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากแผนแรก โดยควรเปิดโอกาสและสนับสนุนให้นักเรียนได้สืบค้นแนวทางการแก้ปัญหาจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและ

นำเชื้อถื้อเพื่อนำมาวางแผนสำรอง รวมถึงครูควรกระตุ้นให้นักเรียนบอกเหตุผลในการวางแผนสำรองและควรกำหนดเวลาในการวางแผนและกำกับให้นักเรียนรักษาเวลาเพื่อให้กิจกรรมไม่ล่าช้า

5. **ขั้นการปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage)** ในขั้นนี้ครูควรเตรียมวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีให้เพียงพอในการทำกิจกรรมรวมถึงมีการจำกัดจำนวนและปริมาณของวัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีเพื่อป้องกันการล่องผิดลองถูก จากนั้นให้นักเรียนได้ลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการหลักที่วางเอาไว้แล้วนำไปทดสอบ หากผลการทดสอบหรือการสร้างชิ้นงานพบปัญหาควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงชิ้นงานอีกครั้งตามแผนสำรองที่วางเอาไว้ ควรมีการกำหนดเวลาในการเริ่มและสิ้นสุดของขั้นตอนนี้เพื่อให้นักเรียนรักษาเวลาและรักษาระเบียบซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุมชั้นเรียน

6. **ขั้นการประเมิน (The assessment stage)** ควรให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานเพื่อเป็นการประเมินชิ้นงานในการแก้ปัญหาโดยมีการกำหนดเกณฑ์และเงื่อนไขการนำเสนอและควรกำหนดหัวข้อและเวลาในการนำเสนอเพื่อให้การนำเสนอน่าสนใจและดำเนินไปอย่างราบรื่น รวมถึงมีการสร้างข้อตกลงร่วมกันโดยให้แต่ละกลุ่มตั้งคำถามจากสิ่งที่ได้ฟังและถามคำถามที่ตั้งหลังจากการนำเสนอเสร็จเพื่อทำให้นักเรียนทุกคนตั้งใจฟัง จากนั้นนักเรียนและครูร่วมกันประเมินชิ้นงานโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นเพื่ออภิปรายร่วมกันถึงจุดที่ต้องปรับปรุง พร้อมกับการสรุปองค์ความรู้ด้านสะเต็มอีกครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและเป็นการตรวจสอบและสร้างความเข้าใจร่วมกัน

ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์

ในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และชิ้นงานระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ และใช้แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลที่ได้ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้

สมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	ร้อยละจำนวนนักเรียนแยกตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ											
	วงจรที่ 1			วงจรที่ 2			วงจรที่ 3			Post test		
	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
1. การสร้างและเก็บรักษา ความเข้าใจที่มีร่วมกัน												
- ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่ม	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	15 (100.00)	0 (0.00)	2 (13.33)	13 (86.67)
- แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจ ในปัญหาร่วมกัน	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	6 (40.00)	9 (60.00)
- สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึง ปัญหา และการดำเนินงาน ภายในกลุ่ม	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	6 (40.00)	9 (60.00)
- ตรวจสอบและแก้ไขความ เข้าใจร่วมกัน	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	4 (26.67)	11 (73.33)

ตาราง 10 (ต่อ)

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ร้อยละจำนวนนักเรียนแยกตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ												
	วงจรที่ 1			วงจรที่ 2			วงจรที่ 3			Post test			
	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่ เหมาะสมในการแก้ปัญหา													
- ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทาง ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	7 (46.67)	8 (53.33)	
- ร่วมกันวางแผนออกแบบ และ ดำเนินงาน	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	6 (40.00)	9 (60.00)	
- ระบุและอธิบายภาระงานที่ต้อง ปฏิบัติให้เสร็จ	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	3 (20.00)	12 (80.00)	
- ร่วมกันตรวจสอบผลการ ดำเนินงาน และประเมินผล ความสำเร็จของงาน	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	2 (13.33)	13 (86.67)	

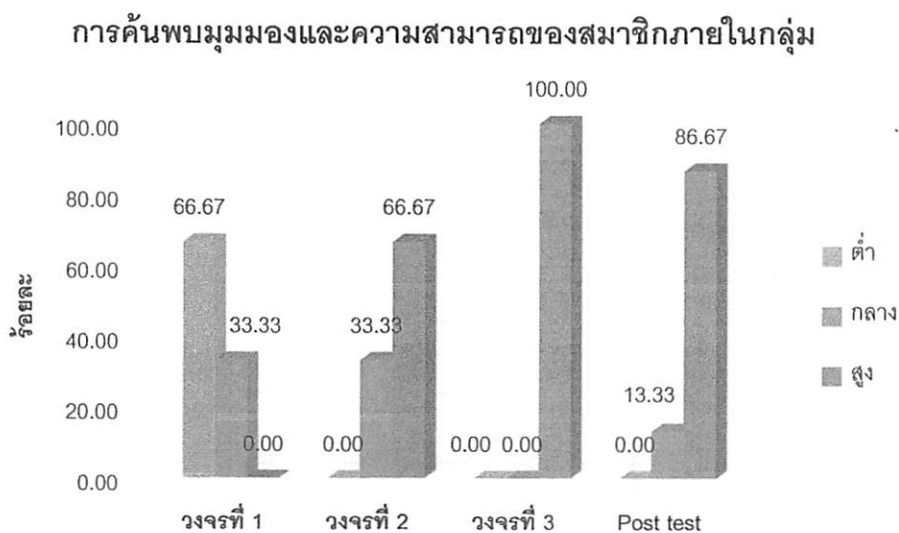
ตาราง 10 (ต่อ)

สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ	ร้อยละจำนวนนักเรียนแยกตามระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ											
	วงจรที่ 1			วงจรที่ 2			วงจรที่ 3			Post test		
	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง	ต่ำ	กลาง	สูง
3. การสร้างและรักษาระเบียบ ของกลุ่ม												
- เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	15 (100.00)	0 (0.00)	6 (40.00)	11 (60.00)
- ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมายได้	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	15 (100.00)	0 (0.00)	2 (13.33)	13 (86.67)
- อธิบาย และประพฤติตนตาม กฎของกลุ่มที่ตั้งไว้	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	10 (66.67)	5 (33.33)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	3 (20.00)	12 (80.00)
- ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	5 (33.33)	10 (66.67)	0 (0.00)	0 (0.00)	15 (100.00)	0 (0.00)	2 (13.33)	13 (86.67)
สรุปสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	63.89	36.11	0.00	13.89	55.56	30.56	0.00	22.22	77.78	0.00	27.22	72.78

จากตาราง สรุปได้ว่าระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่ดีขึ้นตามลำดับ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 63.89 อยู่ในระดับต่ำ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 55.56 อยู่ในระดับกลาง และเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 77.78 อยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 71.11 อยู่ในระดับสูง แต่เมื่อพิจารณาแยกตามสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 ด้าน พบว่าสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันอยู่ในระดับสูง โดยสมรรถนะย่อยที่พัฒนาได้มากที่สุด คือ ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม สำหรับสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหามีอยู่ในระดับสูง โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทุกสมรรถนะย่อยที่พัฒนาได้เท่ากันแต่การประเมินหลังการจัดการเรียนรู้สมรรถนะย่อยที่พัฒนาได้มากที่สุด คือ ร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน และสำหรับสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มอยู่ในระดับสูง โดยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ทุกสมรรถนะย่อยที่พัฒนาได้มากที่สุด คือ เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน แต่การประเมินหลังการจัดการเรียนรู้สมรรถนะย่อยที่พัฒนาได้มากที่สุด คือ ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน

1.1 การค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกทำให้สามารถแบ่งหน้าที่ตามความสามารถของสมาชิกกลุ่มได้อย่างเหมาะสม ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้แบ่งหน้าที่ตามความสามารถแต่แบ่งตามความชอบหรือใช้การจับฉลาก ซึ่งทำให้งานล่าช้าและไม่มีประสิทธิภาพ และจากผลการทำงานที่ล่าช้าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 ได้นักเรียนแบ่งหน้าที่ตามความสามารถของสมาชิกกลุ่ม โดยมีการปรับเปลี่ยนหน้าที่ตามความสามารถและความเหมาะสม ดังภาพ 9 ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 10 และ 11

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้า, เลขานุการ, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล
1. [redacted] กิด	ประธาน	มีความเป็นผู้นำสูงและมีความเป็นผู้นำ
2. [redacted] กว	เลขา	มีความละเอียด
3. [redacted] วงศ์	ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์	มีความรับผิดชอบเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย
4. [redacted] ใส	ผู้นำเสนอ	มีความกล้าแสดงออก
5. [redacted] ธิ	เก็บข้อมูล	มีความละเอียดรอบคอบและมีความรับผิดชอบ

(ใบกิจกรรมวงจรปฏิบัติการที่ 1)

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้า, เลขานุการ, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์, ผู้สืบค้นข้อมูล, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล
1. [redacted] ทวี	ประธาน	มีความเป็นผู้นำสูงและมีความเป็นผู้นำ
2. [redacted] ใส	เลขา	มีความละเอียดรอบคอบ และ มีความรับผิดชอบ
3. [redacted] ทรง	ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์	มีความรับผิดชอบเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย
4. [redacted] เกศ	ผู้นำเสนอ	มีความกล้าแสดงออก
5. [redacted] ธิ	เก็บข้อมูล	มีความละเอียดรอบคอบและมีความรับผิดชอบ

(ใบกิจกรรมวงจรปฏิบัติการที่ 2)

ภาพ 9 แสดงการเปรียบเทียบการบันทึกหน้าที่ของสมาชิกในใบกิจกรรมวงจรปฏิบัติการที่ 1 กับวงจรปฏิบัติการที่ 2

7. จากสถานการณ์ในข้างต้น ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มนี้ พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี)

ผลสัมฤทธิ์
 1. เป็นหัวหน้ากลุ่ม
 2. เป็นคนจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี
 3. เป็นคนบันทึกผลการทดลอง
 4. เป็นคนทำความสะอาด

ข้อสังเกต
 1. นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทดลอง
 2. นักเรียนทุกคนสามารถอธิบายผลการทดลองได้
 3. นักเรียนทุกคนสามารถสรุปผลการทดลองได้

ภาพ 10 แสดงสมรรถนะการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S6

7. จากสถานการณ์ในข้างต้น ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มนี้ พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี)

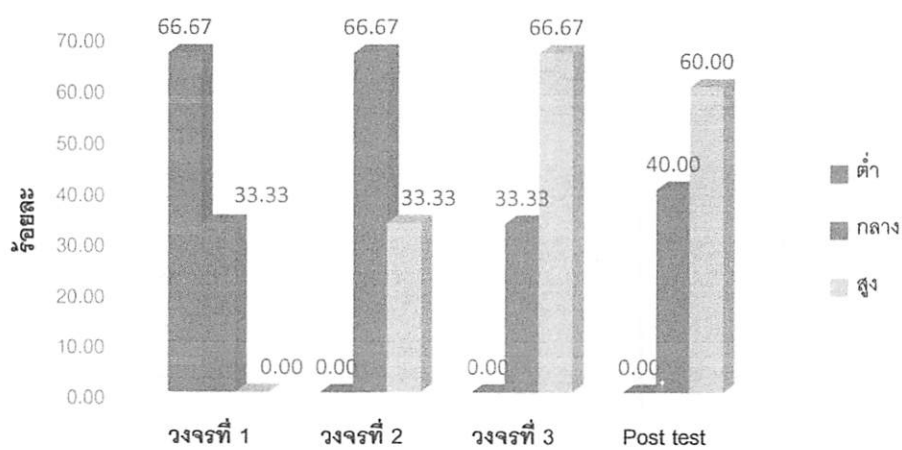
ผลสัมฤทธิ์
 1. เป็นหัวหน้ากลุ่ม
 2. เป็นคนจัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี
 3. เป็นคนบันทึกผลการทดลอง
 4. เป็นคนทำความสะอาด

ข้อสังเกต
 1. นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทดลอง
 2. นักเรียนทุกคนสามารถอธิบายผลการทดลองได้
 3. นักเรียนทุกคนสามารถสรุปผลการทดลองได้

ภาพ 11 แสดงสมรรถนะการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S12

1.2 การแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน

การแบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนสามารถแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจปัญหาได้ครอบคลุมและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

จากการสังเกตพบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนไม่มีการสื่อสาร แบ่งปันข้อมูล หรือร่วมกันอภิปรายเพื่อระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไข โดยให้คนเพียงคนเดียวในกลุ่มเป็นผู้คิด หรือบางกลุ่มมีสมาชิก 2-3 คน เท่านั้น ที่แบ่งปันข้อมูลร่วมกันอภิปรายเพื่อระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์ ทำให้การระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไขในบางกลุ่มไม่ครบถ้วนครอบคลุมเพราะมาจากความคิดของคนส่วนหนึ่งในกลุ่มเท่านั้น ดังภาพ 12

2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

3. สาเหตุของปัญหา คืออะไร

.....

4. เงื่อนไขของสถานการณ์ คืออะไร

.....

ภาพ 12 แสดงตัวอย่างการระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 พบว่าหลังจากให้นักเรียนระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์เป็นรายบุคคล แล้วนำมาอภิปรายในกลุ่มโดยให้พูดให้สมาชิกฟังทีละคนจากนั้นจึงนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนทำให้นักเรียนมีสมรรถนะย่อย “การแบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน” ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางและสูงตามลำดับ เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสื่อสาร แบ่งปันข้อมูล และร่วมกันอภิปรายเพื่อทำความเข้าใจปัญหาได้ดีขึ้น ถึงแม้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยต้องมีการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนทุกคนพูดถึงผลการทำความเข้าใจปัญหาของตนเองกับสมาชิกกลุ่ม แต่พบว่าเมื่อกระตุ้นนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนกันมากขึ้น จนในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปันข้อมูล เพื่อระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์ โดยที่ผู้วิจัยไม่ต้องกระตุ้น ทำให้สามารถระบุนิยาม สาเหตุ และเงื่อนไขได้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้และไปในทิศทางเดียวกัน ดังภาพ 13 และ 14 ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 15 และ 16

- 2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
 การจัดการภายในขององค์กรที่มีประสิทธิภาพ

- 3. สาเหตุของปัญหา คืออะไร
 จากที่กล่าวถึงในข้อ 1 ปรากฏว่าผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในสถานที่ต่าง ๆ มีความ
 ไม่เหมือนกัน และเป็นการยากที่จะควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เหมือนกัน

- 4. เจ็บใจของสถานการณ์ คืออะไร
 ไร้ประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

ภาพ 13 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

- 2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร
 การควบคุมคุณภาพสินค้าให้คงที่และมีคุณภาพสูง เช่น ยางรถยนต์ และ สายเคเบิล

- 3. สาเหตุของปัญหา คืออะไร
 การจัดการภายในขององค์กรที่มีประสิทธิภาพ

- 4. เจ็บใจ คืออะไร
 การจัดการภายในขององค์กรที่มีประสิทธิภาพ

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไข ลงในใบกิจกรรม เรื่อง เส้นใย
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

- 1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่สมาชิกในทีมต้องทำการแก้ไขคืออะไร
 ปัญหาคือ การจัดการภายในขององค์กรที่มีประสิทธิภาพ

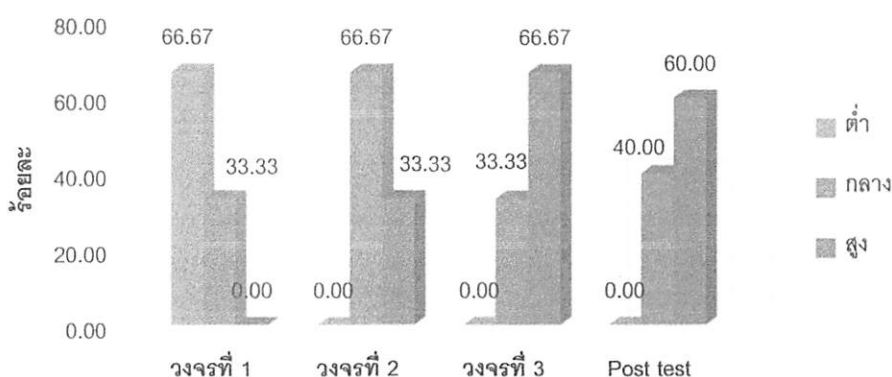
ภาพ 15 แสดงสมรรถนะการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับสูง
ของนักเรียน S9

- 1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่สมาชิกในทีมต้องทำการแก้ไขคืออะไร
 ต้องผลิตพลาสติกถนอมอาหาร ที่เมื่อโดนน้ำมัน หรือสภาพที่เป็นกรดแล้วไม่เกิด

ภาพ 16 แสดงสมรรถนะการแบ่งปันข้อมูลและทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกันระดับสูง
ของนักเรียน S3

1.3 การสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม

การสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงาน
ภายในกลุ่ม



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่มที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถสื่อสารเพื่อระบุปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และร่วมกันอภิปรายถึงการดำเนินงานในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

จากการสังเกตในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนไม่สื่อสารพูดคุยร่วมกันเพื่อแบ่งหน้าที่ในการสร้างชิ้นงานทำให้นักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในการทำ และในขณะดำเนินการสร้างชิ้นงานและทดสอบชิ้นงานไม่มีการอภิปรายร่วมกันถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานจึงทำให้นักเรียนแก้ปัญหาด้วยการลองผิดลองถูกไม่ทำตามแผนสำรองที่วางไว้ ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย “การสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม” อยู่ในระดับปานกลางและสูงตามลำดับ เนื่องจากในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ในการวางแผนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาแต่ละกลุ่มมีสมาชิกเพียง 2-3 คน จาก 5 คน ที่ร่วมกันสื่อสารพูดคุยถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือทดสอบชิ้นงาน แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในการวางแผนสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีการสื่อสารพูดคุยเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา และร่วมกันอภิปรายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการสร้างชิ้นงานหรือทดสอบชิ้นงาน ดังจะเห็นได้จากการสื่อสารกันในการทดสอบความเป็นกรดเบสของสารที่ใช้การย่อยสลายเส้นใยแทนโซดาไฟในวงจร

ปฏิบัติการที่ 3 ดังภาพ 17 ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่
อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 18 และ 19



ภาพ 17 แสดงภาพตัวอย่างการสื่อสารกันในการดำเนินงานภายในกลุ่ม เรื่องเส้นใย
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

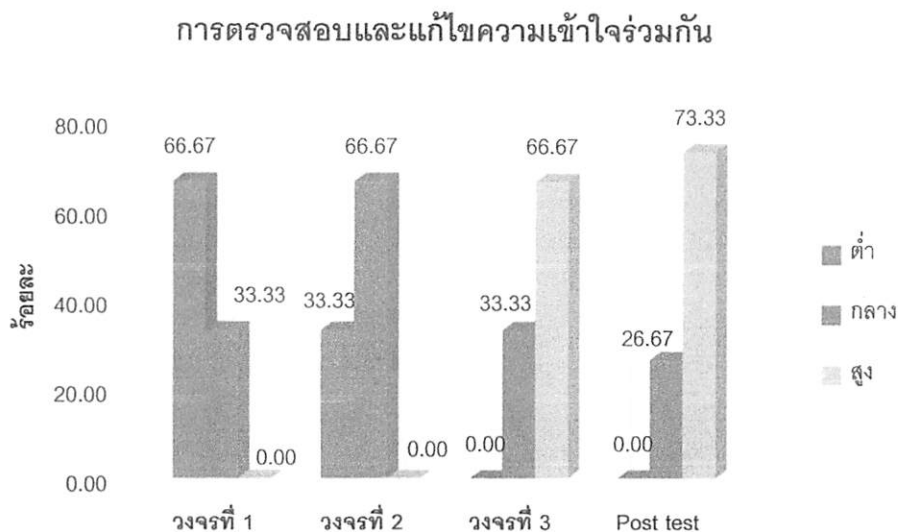
8. หากในการทดลองเพื่อหาวัสดุที่สามารถฝาดตะปูเรือใบโดยใช้วัสดุชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำวัสดุนั้นมาทำเป็น
ล้อเพื่อทดสอบประสิทธิภาพพบว่าทำให้รถเคลื่อนที่ได้ช้าและกินน้ำมัน หากนักเรียนเป็นหนึ่งในทีมงาน
นักเรียนคิดว่าปัญหาน่าจะมาจากอะไร จะดำเนินการแก้ไขอย่างไร
.....เมื่อเวลาผ่านไปฝาดตะปูเรือใบจะตึงแรงเสียดทานมากเกินทำให้กินน้ำมันและช้า
แก้ไขโดย หาวัสดุใหม่มาทำยางเพื่อเปลี่ยนอันเก่า จะได้ผลดีกว่าอีก 1 ตัว กิน จะได้อีก
ยาวที่สุด

ภาพ 18 แสดงสมรรถนะการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน
กลุ่มระดับสูงของนักเรียน S1

8. หากในการทดลองเพื่อหาวัสดุที่สามารถฝาดตะปูเรือใบโดยใช้วัสดุชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำวัสดุนั้นมาทำเป็น
ล้อเพื่อทดสอบประสิทธิภาพพบว่าทำให้รถเคลื่อนที่ได้ช้าและกินน้ำมัน หากนักเรียนเป็นหนึ่งในทีมงาน
นักเรียนคิดว่าปัญหาน่าจะมาจากอะไร จะดำเนินการแก้ไขอย่างไร
.....ปัญหาน่าจะมาจาก ขอบล้อที่สึกหรอเกินไปซึ่งทำให้กินน้ำมันมาก แก้ไขโดย เปลี่ยนล้อใหม่
เมื่อใช้เสร็จแล้วเปลี่ยนล้ออีกตัว

ภาพ 19 แสดงสมรรถนะการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน
กลุ่มระดับสูงของนักเรียน S8

1.4 การตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน

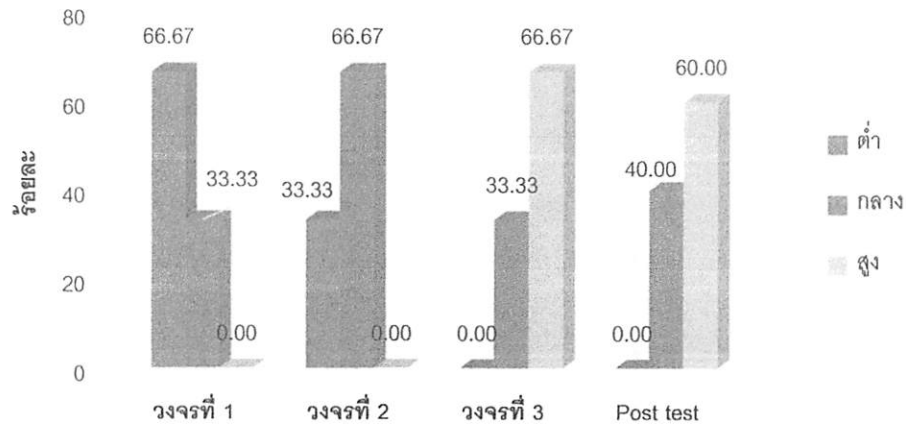


จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกันที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจผิดของสมาชิกได้อย่างเหมาะสม มีเหตุผล และมีความประณีตประนอม ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

จากการสังเกตพบว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากก่อนลงมือปฏิบัติถึงแม้จะมีการแบ่งหน้าที่แล้วแต่ไม่มีการตรวจสอบว่าสมาชิกทั้งหมดเข้าใจวิธีการหรือไม่ จึงไม่มีการแก้ไขความเข้าใจให้ตรงกัน ส่งผลให้ไม่สามารถทำพลาสติกชีวภาพได้ทันในเวลาที่กำหนด ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย “การตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน” อยู่ในระดับปานกลางและสูงตามลำดับ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 อยู่ในระดับสูงเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีการสื่อสารพูดคุยสื่อสารอภิปราย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจร่วมกัน และสามารถแก้ไขปัญหาร่วมกันเมื่อเกิดความไม่เข้าใจภายในกลุ่มได้ สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 20 และ 21

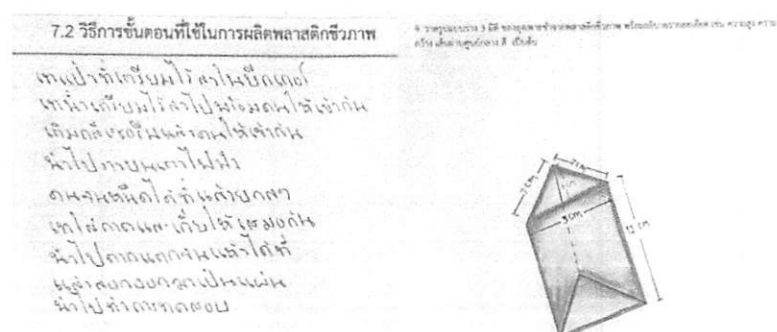
2.2 การร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน

การร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน



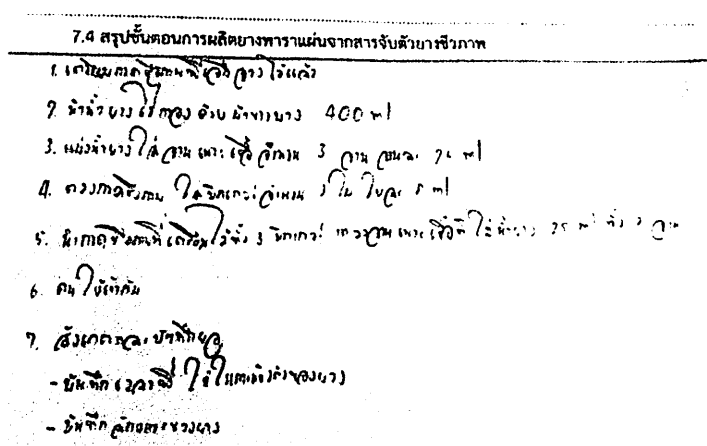
จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการร่วมกันวางแผน ออกแบบและดำเนินงานที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถวางแผนออกแบบและดำเนินงานได้อย่างเป็นขั้นตอน และมีการบอกรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย "การร่วมกันวางแผน ออกแบบและดำเนินงาน" อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีการสื่อสารหรืออภิปรายกันเพื่อร่วมกันวางแผนแต่มักจะมอบหน้าที่การวางแผนให้คนที่เก่งที่สุดวางแผน หรือให้สมาชิก 2-3 คนร่วมกันวางแผนและออกแบบในการสร้างชิ้นงานทำให้การวางแผนและออกแบบไม่ชัดเจนทั้งใน ส่วนปริมาณสาร อุปกรณ์ รวมถึงวิธีการ ดังตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในการทำ พลาสติกชีวภาพเพื่อนำมาทำถุงเพาะชำ ดังภาพ 26



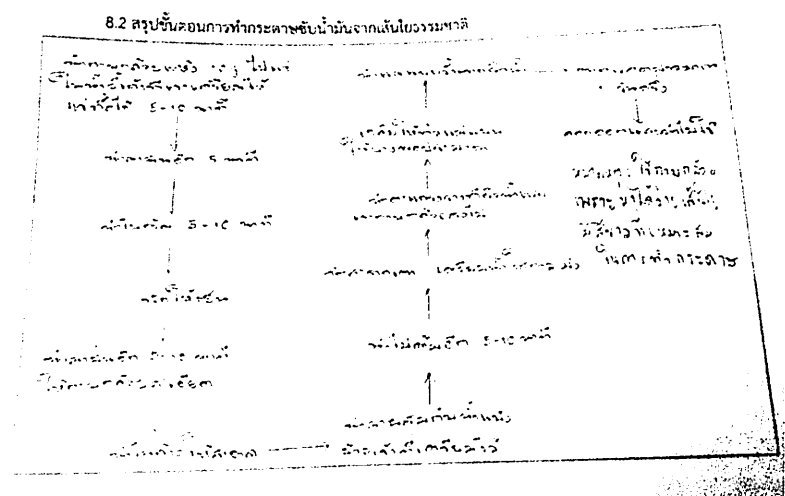
ภาพ 26 ตัวอย่างการวางแผนและออกแบบในการทำพลาสติกชีวภาพ วงจรปฏิบัติการที่ 1

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า สำหรับการออกแบบและดำเนินงานของผู้เรียน จากการสังเกตพฤติกรรมพบว่ายังมีเพียง 1 กลุ่มเท่านั้น ที่ยังไม่ค่อยมีการสื่อสารร่วมกัน และช่วยกันทำงาน จะมีเพียงหัวหน้ากลุ่มและสมาชิกบางคนเท่านั้นที่จะช่วยกันวางแผน ส่วนสมาชิกที่เหลือจะทำกิจกรรมอย่างอื่น จึงส่งผลทำให้การดำเนินงานภายในกลุ่มค่อนข้างล่าช้าและมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่ไม่ชัดเจน แต่นักเรียนกลุ่มอื่นๆ มีการสื่อสารอย่างเป็นทางการเป็นเหตุเป็นผลเพื่อเลือกวิธีดำเนินงาน และออกแบบวางแผนการทำงานได้ และมีสมาชิกอย่างน้อย 2-3 คน ทำการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันจากแนวทางที่ได้สืบค้นทำให้มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่ชัดเจน ดังภาพ 27



ภาพ 27 ตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในใบกิจกรรม เรื่อง ยาง ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า ผู้เรียนมีการวางแผนในการดำเนินงานอย่างชัดเจน พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการวางแผน รวมถึงมีชุดคีย์เพื่อทบทวนหน้าที่ในการเตรียมดำเนินการในขั้นตอนต่อไปทำให้การลงมือปฏิบัติเป็นไปตามระยะเวลาตรงตามแผนที่วางไว้ นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีการสื่อสารร่วมกันมากขึ้นทำให้มีแนวทางที่ชัดเจนในการแก้ปัญหา ดังภาพ 28 สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 29 และ 30



ภาพ 28 ตัวอย่างการวางแผนและการออกแบบในใบกิจกรรม เรื่อง เส้นใย ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

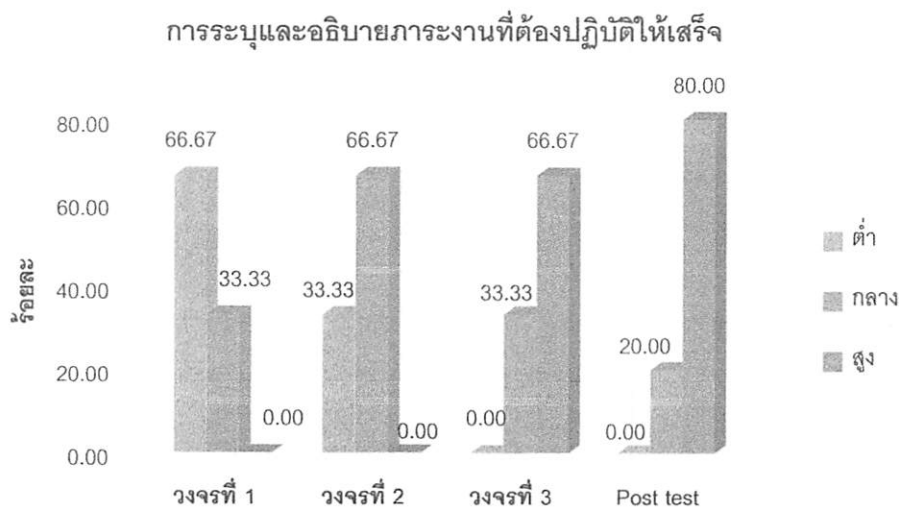
4. นักเรียนจะมีวิธีการวางแผนขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นได้อย่างไร
1. การสังเกต สังเกตว่าดินเหนียวที่ผสมกับกระดาษของนักเรียนข้างต้น มีโอกาสให้เจือปน อาจหากระดาษในแนว
 2. สืบค้นข้อมูล ถึงดินเหนียวที่ผสมกับกระดาษ และหาวิธีการของนักเรียนที่ใกล้เคียงกับวิธีการวางแผนข้างต้น
 3. วางแผนข้อมูล ทำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แล้วจึงหาแนวทางนำมาใช้จริงจนได้ข้อสรุปข้อ
 4. ทดลอง ทำวิธีการทดลองไว้ก่อน และ ทำการทดลอง
 5. สรุปผล สังเกตออกมาซึ่งก็อาจใช้ทั้งข้อสังเกตที่ค้นพบ ผลการทดลองของเร ใช้ผลสืบเนื่อง
- ปีหน้าควรรังไว้

ภาพ 29 แสดงสมรรถนะการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงานระดับสูงของนักเรียน S3

4. นักเรียนจะมีวิธีการวางแผนขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นได้อย่างไร
1. สังเกต
 2. สืบค้น
 3. วางแผน
 4. ทดลอง
 5. สรุปผล

ภาพ 30 แสดงสมรรถนะการร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงานระดับสูงของนักเรียน S8

2.3 การระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุและอธิบายได้ว่าควรจะทำเนิกรอย่างไรจึงจะทำให้การแก้ปัญหาประสบผลสำเร็จ ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะย่อย “การระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ” อยู่ในระดับต่ำ สังเกตได้จากการวางแผนและออกแบบไม่ชัดเจนทำให้เกิดความสับสนของสมาชิกในระหว่างการทำงานได้ จึงทำให้มีสมาชิกกลุ่ม 1-2 คน เท่านั้นที่สามารถระบุอธิบายและเข้าใจขั้นตอนในการทำพลาสติกชีวภาพและการขึ้นรูปถุงเพาะชำได้ ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นี้ นักเรียนยังมีการสอบถามถึงวิธีการกับสมาชิกกลุ่มถึงแม้ว่านักเรียนจะมีใบกิจกรรมซึ่งมีวิธีการทำอยู่ก็ตาม แต่เมื่อมีสมาชิกสอบถามพบว่าจำนวนนักเรียนที่สามารถอธิบายให้สมาชิกเข้าใจมีมากกว่าในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งส่วนใหญ่มีแค่คนเดียวที่สามารถอธิบายได้ และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เนื่องจากทุกคนมีส่วนร่วมในการวางแผนการดำเนินงานทำให้นักเรียนเข้าใจหน้าที่ของตนเองมากขึ้นทำให้การทำงานราบรื่นและเสร็จทันเวลา จะเห็นได้จากแบบสังเกตที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกต ดังจะเห็นได้จากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ และสอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 31 และ 32

“นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจะต้องทำกระดาษซับน้ำมันอย่างไร”

(ผู้วิจัย, แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ, 27 กุมภาพันธ์ 2562)

9. นักเรียนจะสื่อสารอย่างไรกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการใช้ในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการใช้ในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

ภาพ 31 แสดงสมรรถนะการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จระดับสูงของนักเรียน S8

9. นักเรียนจะสื่อสารอย่างไรกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

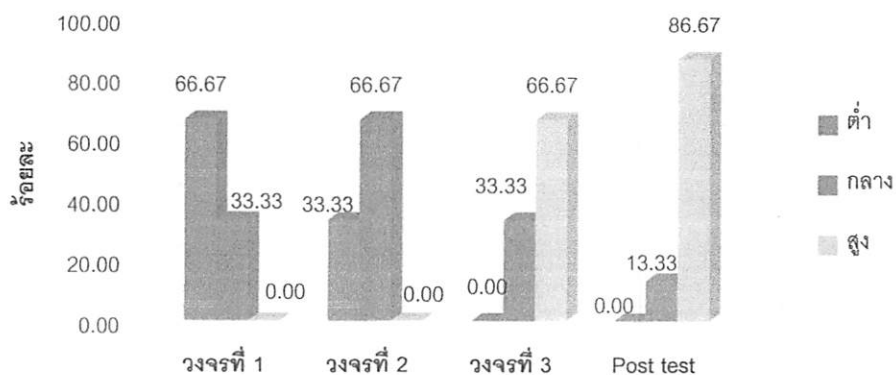
นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

นักเรียนจะสื่อสารกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการในการแก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

ภาพ 32 แสดงสมรรถนะการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จระดับสูงของนักเรียน S15

งาน 2.4 การร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน

การร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผล ความสำเร็จของงาน



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงานที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถร่วมกันติดตามการดำเนินงานในทุกขั้นตอนเพื่อตรวจสอบและประเมินความสำเร็จของการแก้ปัญหาได้ ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ผลจากการวางแผนที่ไม่ชัดเจนทำให้สมาชิกกลุ่มตรวจสอบและติดตามผลการทำพลาสติกชีวภาพได้ยาก อีกทั้งสมาชิกในกลุ่มขาดการสื่อสารร่วมกันถึงผลการดำเนินงานและไม่มีประเมินผลความสำเร็จของงาน ดังจะเห็นได้จากบทสนทนาแบบไม่เป็นทางการระหว่างผู้วิจัยและนักเรียน

ผู้วิจัย : กลุ่มนี้ทำถึงขั้นตอนไหนแล้วคะ

นักเรียน : หนูกำลังตั้งไฟคนแบ้งให้ละลายคะ หนูต้องคนจนมันเหนียวแค่นั้นคะ แค่นี้พอรีเปลา

ผู้วิจัย : แล้วที่วางแผนไว้เป็นอย่างไระคะ

นักเรียน : หนูก็ไม่รู้ เดียวถามเพื่อนก่อนนะคะ

(บทสนทนายาระหว่างการจัดการเรียนรู้, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

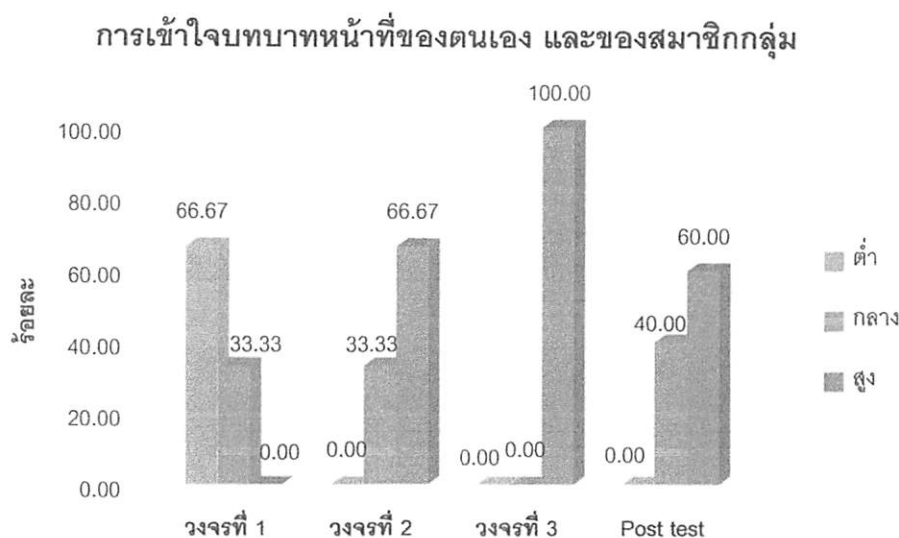
ซึ่งเกิดจากการที่สมาชิกของกลุ่มไม่เข้าใจบทบาทและภาระของตนเองจึงไม่สามารถประเมินผลสำเร็จของงานได้ว่าสิ่งที่ตนได้รับผิดชอบในการให้ความร้อนแบ้งนั้นลักษณะของแบ้งที่กลุ่มต้องการเป็นเช่นไร ส่งผลให้เกิดความล่าช้าและเมื่อนำไปทดสอบผลไม่เป็นตามที่คาดไว้ เช่น พลาสติกมีความยืดหยุ่นต่ำเกินไปทำให้ขึ้นรูปได้ยาก ดังผลการทดสอบใน ภาพ 33

ครั้งที่	ชนิดของสารและปริมาณสารที่ใช้	ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)
1	ขี้เถ้า 50 กรัม	5	10%
2	กลีเซอรีน 10 กรัม	5	20%
3	น้ำส้มสายชู 10 กรัม	5	10%
	เฉลี่ย	40	19.3%

ภาพ 33 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดสอบพลาสติกชีวภาพในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

3.1 การเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม



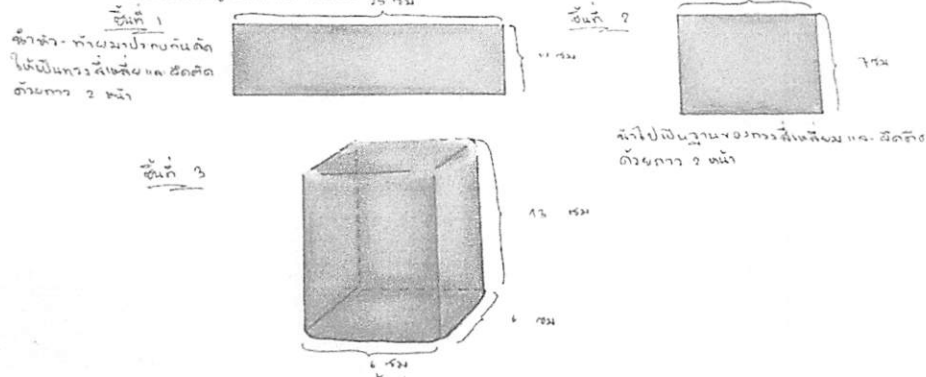
จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่มที่ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและสมาชิก โดยไม่ละทิ้งหน้าที่ตนเองและไม่แทรกแซงหน้าที่ของผู้อื่น ดังการพัฒนาในแต่ละวจนจรปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวจนจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ นักเรียนไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ที่ตนเองและสมาชิกได้รับเนื่องจากความแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มที่ไม่ได้พิจารณาถึงความสามารถที่แท้จริงของสมาชิกในกลุ่ม จึงเป็นเหตุทำให้การดำเนินงานล่าช้าและไม่ยอมรับหน้าที่ของตนเองและสมาชิกกลุ่ม โดยเฉพาะหน้าที่เลขานุการที่จะต้องเป็นผู้บันทึกสรุปการอภิปรายของสมาชิกกลุ่มแต่ในการทำกิจกรรมในวจนจรปฏิบัติการที่ 1 กลับพบว่านักเรียนจะแบ่งข้อกันเขียน สังเกตได้จากลายมือในใบกิจกรรมที่ไม่ใช่ของคนๆ เดียว ดังตัวอย่างการบันทึกในใบกิจกรรมข้อที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นคนละลายมือ ดังภาพ 36

8. ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดึงสูงสุด การยืดตัว และความสามารถในการฉีกหรือพับเก็บ และระยะเวลาในการเริ่มย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ

ครั้งที่	ชนิดของสารและปริมาณสารที่ใช้	ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	ความสามารถในการฉีกหรือพับ	ระยะเวลาในการเริ่มย่อยสลาย (วัน)
1	พริกไทย ๑๐๐	๑	๒๐	สามารถฉีกหรือพับได้	1๕
2	กัวโนซีน ๒๐๐	๕	๒๐	สามารถฉีกหรือพับได้	11
3	น้ำ ๑๐๐ ml + เติลีย	๑๕.๕๖	๒๐.๕๖	สามารถฉีกหรือพับได้	12.๕7

9. วาดรูปแบบร่าง 3 มิติ ของถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ พร้อมอธิบายรายละเอียด เช่น ความสูง ความกว้าง เส้นผ่านศูนย์กลาง สี เป็นต้น



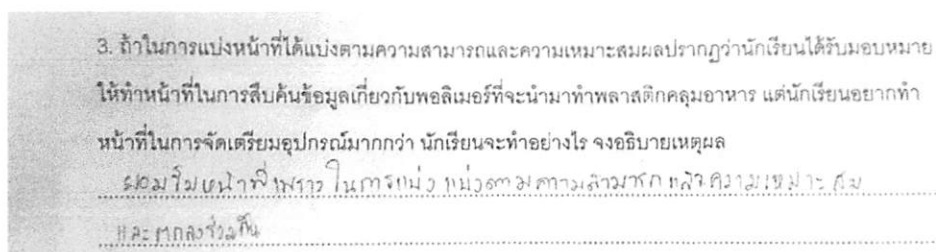
ภาพ 36 ตัวอย่างการไม่เข้าใจหน้าที่ของนักเรียนจากการบันทึกในใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในหน้าที่ของตนเอง และสมาชิกมากขึ้นเนื่องจากบางกลุ่มมีการสับเปลี่ยนหน้าที่ที่แตกต่างจากกิจกรรมแรก โดยแบ่งหน้าที่ตามความสามารถของสมาชิกทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 37 และ 38

3. ถ้าในการแบ่งหน้าที่ที่ได้แบ่งตามความสามารถและความเหมาะสมผลปรากฏว่านักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพอลิเมอร์ที่จะนำมาทำพลาสติกคลุมอาหาร แต่นักเรียนอยากทำหน้าที่ในการจัดเตรียมอุปกรณ์มากกว่า นักเรียนจะอย่างไร จึงอธิบายเหตุผล

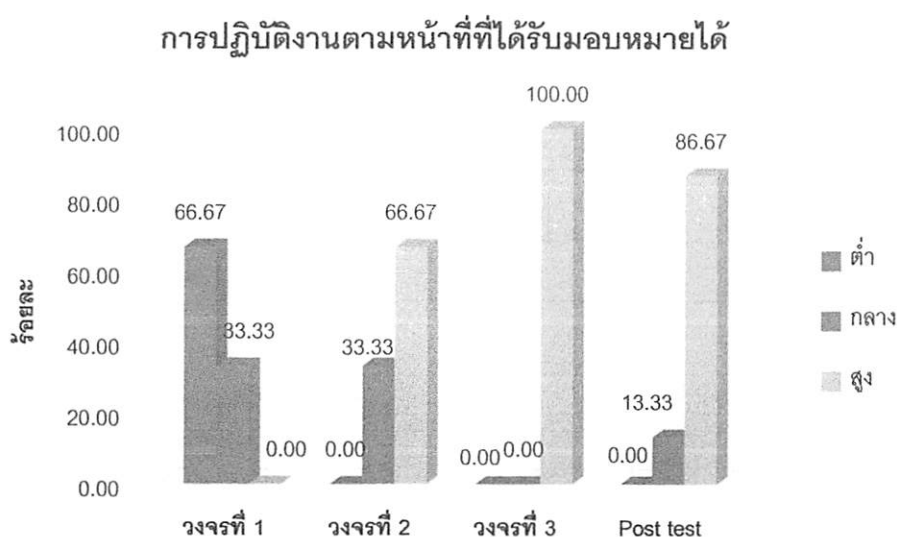
ขอโทษหน้าที่ เพราะในการแบ่ง แบ่งตามความสามารถแล้ว.....

ภาพ 37 แสดงสมรรถนะการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S2



ภาพ 38 แสดงสมรรถนะการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่มระดับสูงของนักเรียน S15

3.2 การปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะย่อยการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้และบอกสิ่งที่ต้องทำในหน้าที่ที่ตนได้รับมอบหมายอย่างครบถ้วน ดังการพัฒนาในแต่ละวเจอร์ปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวเจอร์ปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากนักเรียนไม่มีความเข้าใจในหน้าที่จึงปฏิบัติตามหน้าที่ของตนเองได้ไม่ดีนัก รวมถึงการวางแผนการดำเนินการที่ไม่ชัดเจนทำให้เกิดความสับสนและปฏิบัติหน้าที่ไม่บรรลุตามเป้าหมาย โดยมักจะมีสมาชิกทำคนเดียวหรือต่างคนต่างทำ แต่ในบางกลุ่มปฏิบัติตามหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายและมีการสื่อสารกันระหว่างสมาชิกแต่เป็นเพียงสมาชิกบางส่วนของกลุ่มเท่านั้น แต่เมื่อพบปัญหาในกิจกรรมแรกทำให้งิจกรรมต่อมาในวเจอร์ปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนได้มีการปรับปรุงการแบ่งหน้าที่ มีการสื่อสาร

ในการวางแผนที่ชัดเจนร่วมกันมากขึ้นทำให้เข้าใจหน้าที่ของตนเองจึงส่งผลให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายได้ สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 39 และ 40

6. เมื่อได้รับข้อตกลงเกี่ยวกับวิธีการผลิตพลาสติกถนอมอาหารกินได้ นักเรียนที่เป็นหนึ่งในทีมวิจัยได้รับมอบหมายจากหัวหน้าให้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี นักเรียนจะต้องเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีอะไรบ้าง

- อุปกรณ์ คือ เครื่องชั่ง น้ำหนัก ภาชนะแก้ว ภาชนะพลาสติก ภาชนะแก้ว ภาชนะพลาสติก และผ้าขาว ที่ใช้มีภาชนะ
- สารเคมี คือ เบโซรียอติลีนิก ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และเบโซรียอติลีนิก

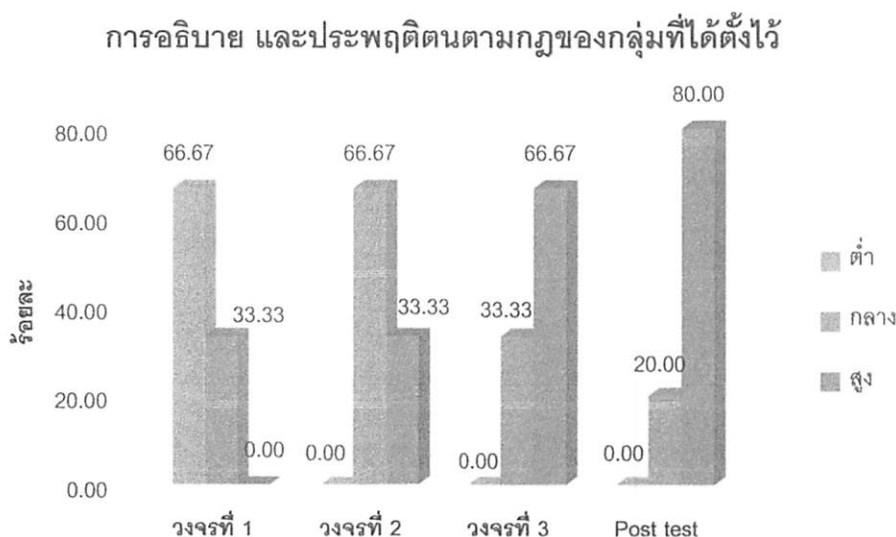
ภาพ 39 แสดงสมรรถนะการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ระดับสูงของนักเรียน S11

6. เมื่อได้รับข้อตกลงเกี่ยวกับวิธีการผลิตพลาสติกถนอมอาหารกินได้ นักเรียนที่เป็นหนึ่งในทีมวิจัยได้รับมอบหมายจากหัวหน้าให้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี นักเรียนจะต้องเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีอะไรบ้าง

1) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
2) น้ำกลั่น	น้ำกลั่น
3) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
4) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
5) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
6) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
7) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
8) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์
9) เบโซรียอติลีนิก	ไซยาไนด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์

ภาพ 40 แสดงสมรรถนะการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ระดับสูงของนักเรียน S4

3.3 การอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยการอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้และสามารถอธิบายกฎเพื่อให้สมาชิกเข้าใจและปฏิบัติตาม ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เนื่องมาจากการไม่แบ่งหน้าที่ตามความสามารถและการวางแผนการดำเนินงานที่ไม่ชัดเจนทำให้นักเรียนไม่มีความเข้าใจในหน้าที่จึงทำให้เกิดความสับสนในการปฏิบัติตามหน้าที่ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายและประพุดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ ทั้งมีการให้ผู้ที่ไม่ใช่เลขานุการบันทึกใบกิจกรรม ไม่สามารถทำพลาสติกชีวภาพได้ในเวลาที่กำหนด ดังบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการระหว่างการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

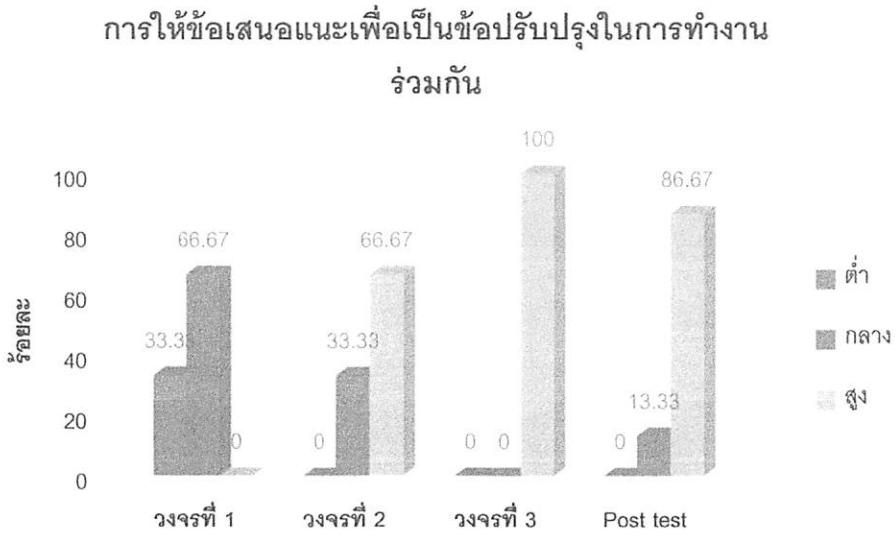
ผู้วิจัย : ตอนนี้เหลือเวลาอีกไม่นานแล้ว พลาสติกของกลุ่มนี้นำมาขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำหรือยังคะ

นักเรียน : พลาสติกกลุ่มหนูยังไม่แห้งเลยคะ เพราะตอนเอาไปตากหนูลืมเอาอิฐทับไว้มันเลยพับจนไม่โดนแดดคะ

(บทสนทนายระหว่างการจัดการเรียนรู้, 6 กุมภาพันธ์ 2562)

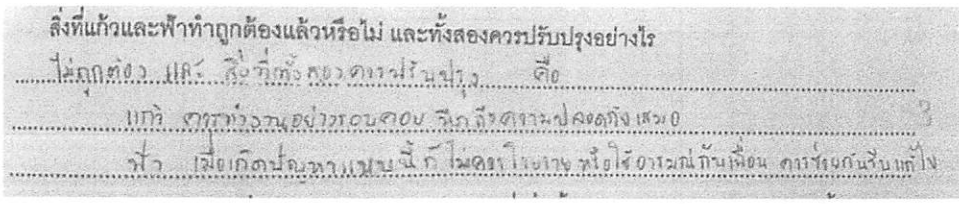
เมื่อพบปัญหาในกิจกรรมแรกทำให้กิจกรรมต่อมาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนได้มีการปรับปรุงการแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ มีการสื่อสารในการวางแผนที่ชัดเจน

3.4 การให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน



จากแผนภูมิพบว่านักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะย่อยการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันดีขึ้นตามลำดับส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันได้อย่างเหมาะสม ดังการพัฒนาในแต่ละวงจรปฏิบัติการและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน ดังนี้

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับกลาง เนื่องจากหลังจากนำเสนอชิ้นงานได้เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินชิ้นงานตนเองและกลุ่มอื่นพร้อมทั้งร่วมกันชี้ให้เห็นถึงข้อดีและสิ่งที่ควรปรับปรุงของชิ้นงานนั้นๆ โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มักมีสมาชิก 2-3 คน ของกลุ่มที่เป็นผู้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง สอดคล้องกับวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 แต่ทั้งสองวงจรมีนักเรียนมีส่วนร่วมมากขึ้นเนื่องผู้วิจัยได้กำหนดทุกคนต้องแสดงความคิดเห็นเพื่อบอกข้อดีและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงชิ้นงานทั้งของกลุ่มตัวเองและกลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับผลการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดังภาพ 43 และ 44



ภาพ 43 แสดงสมรรถนะการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ระดับสูงของนักเรียน S8

สิ่งที่แก้วและฟ้าทำถูกต้องแล้วหรือไม่ และทั้งสองควรปรับปรุงอย่างไร

ผิดที่แก้ว คือ แก้ว ภาควิชาการมีบทวิเคราะห์ผิดตรง คอมพิวเตอร์ และ ความปลอดภัยไม่มีความ
 ปลอดภัยเลย คือ รหัสใช้มากที่สุด ฟ้า ไม่ควรวินิจฉัยเรื่องต่อว่าเพื่อนร่วมชั้นกัน แก้วใจเกิน
 และพูดใจเพื่อนคนอื่น

ภาพ 44 แสดงสมรรถนะการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน
 ระดับสูงของนักเรียน S3

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งมุ่งศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ 2) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์ ซึ่งผู้วิจัยจะสรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ มีทั้งหมด 6 ขั้นตอน คือ 1) การยืนยันปัญหา 2) การชี้แจงปัญหา 3) การวางแผน 4) การวางแผนสำรอง 5) การปรับโครงสร้าง 6) การประเมิน ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา (The problem confirm stage) เป็นขั้นให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ซึ่งควรเป็นปัญหาที่มีอยู่จริงในชีวิตประจำวันและไม่ไกลตัวนักเรียนเกินไป เช่น ปัญหาสุขภาพ ปัญหาสิ่งแวดล้อม ปัญหาภัยพิบัติต่างๆ ที่กำลังเป็นประเด็นทางสังคม เป็นต้น อีกทั้งมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน และมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เรียนที่สามารถบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีได้ แล้วให้นักเรียนได้ระบุปัญหาด้วยตัวเองลงในสมุดและเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำผลการระบุปัญหาของตนเองมาอภิปรายในกลุ่มโดยให้สมาชิกได้รับฟังที่ละคนจนครบเพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและสรุปปัญหาจากสถานการณ์ และนำข้อสรุปของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายอีกครั้งในชั้น

เรียน โดยก่อนทำกิจกรรมควรมีการนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยอาจใช้ วิดีทัศน์ การทดลอง หรือเกมการแข่งขัน ที่มีความสอดคล้องกับกิจกรรม และแบ่งกลุ่มนักเรียน ออกเป็นกลุ่มละ 3-5 คนต่อกลุ่ม แล้วจึงให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ก่อนเริ่มกิจกรรม

บทบาทครูผู้สอน จะต้องแนะนำกิจกรรมให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับลักษณะการดำเนิน กิจกรรม ก่อนทำกิจกรรมควรแบ่งนักเรียนแบบความสามารถ ชี้แจงหน้าที่แต่ละหน้าที่ ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่โดยคำนึงถึงความสามารถและความเหมาะสม จากนั้นติดตามลักษณะตามหน้าที่ เพื่อการตรวจสอบและติดตามการปฏิบัติงานของกลุ่มและการมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมโดยมี ภาระหน้าที่ที่ชัดเจน รวมถึงติดตามและให้คำแนะนำในการยืนยันปัญหาาร่วมกันของแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา (The problem clarification stage) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละ กลุ่มอภิปรายเพื่อศึกษาองค์ประกอบสำคัญของปัญหา คือ สาเหตุและเงื่อนไขของสถานการณ์ ปัญหา โดยใช้ประเด็นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียน จะต้องอธิบายสาเหตุและเงื่อนไขของสถานการณ์ด้วยตนเองลงสมุดก่อนนำมาอภิปรายในกลุ่มและ ในชั้นเรียนตามลำดับ

บทบาทครูผู้สอน ควรแนะนำแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีความหลากหลายในการ สืบค้นให้แก่ นักเรียน เช่น หนังสือ การทำการทดลอง บทความวิจัย เว็บไซต์ หรือวิดีโอ เป็นต้น รวมถึงควรให้นักเรียนอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ รวมถึงมี การติดตามตรวจสอบข้อมูลและให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 3 การวางแผน (The planning stage) เป็นขั้นที่ให้แต่ละกลุ่มระดมความคิดและ ได้แย้งกันด้วยเหตุผล หลักการ และทฤษฎี เพื่อวางแผนเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ที่สุดท้ายได้สถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้ซึ่งรวมถึงวัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี และเวลา

บทบาทครูผู้สอน ต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้เพียงพอ แต่อย่างไรก็ ตามต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์และปริมาณสารเคมีต่อกลุ่มเพื่อสร้างเงื่อนไขในการวางแผนและลด การลองผิดลองถูกเมื่อลงมือปฏิบัติ และก่อนการวางแผนครูควรอธิบายข้อควรระวังต่างๆ รวมถึง เกณฑ์การประเมินชิ้นงานและระยะเวลาที่ใช้ในการวางแผน และไม่ควรนำตัวอย่างการสร้างชิ้นงาน หรือการแก้ปัญหามาให้ดูเป็นตัวอย่างหากสถานการณ์ปัญหานั้นไม่ได้มีความซับซ้อนมาก หรือ สามารถหาแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงได้ง่าย และครูควรกระตุ้นนักเรียนโดยการตั้งคำถาม เพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงการสร้างชิ้นงานกับหลักการและทฤษฎี และกระตุ้นให้นักเรียนวางแผน อย่างเป็นระบบชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง (The contingency plan stage) เป็นขั้นที่ให้แต่ละกลุ่มระดมความคิดและโต้แย้งกันด้วยเหตุผล หลักการ และทฤษฎี เพื่อวางแผนสำรองรองรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากแผนการหลัก

บทบาทครูผู้สอน ควรกำหนดระยะเวลาในการวางแผนสำรองและเน้นย้ำความสำคัญของแผนสำรองที่สามารถรองรับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากแผนการหลักได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงครูควรกระตุ้น ติดตาม และให้คำแนะนำให้นักเรียนบอกเหตุผลในการวางแผนสำรองว่าจะสามารถรองรับข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากแผนการหลักได้อย่างไร

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง (The planning reorganization stage) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ลงมือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการหลักที่วางเอาไว้แล้วนำไปทดสอบ หากผลการทดสอบหรือการสร้างชิ้นงานพบปัญหาควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงชิ้นงานอีกครั้งตามแผนสำรองที่วางเอาไว้

บทบาทครูผู้สอน ควรมีการกำหนดเวลาในการเริ่มและสิ้นสุดของขั้นตอนนี้เพื่อให้นักเรียนรักษาเวลาและรักษาระเบียบซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุมชั้นเรียน และครูควรติดตามการดำเนินงานของแต่ละกลุ่มอย่างใกล้ชิด หากกลุ่มใดไม่ปฏิบัติตามหน้าที่ หรือไม่มีการสื่อสารร่วมกัน ครูต้องไปกระตุ้นและซักถามเหตุผล

ขั้นที่ 6 การประเมิน (The assessment stage) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานและทดสอบชิ้นงานอีกครั้งเพื่อเป็นการประเมินชิ้นงานในการแก้ปัญหา หลังจากนำเสนอเสร็จนักเรียนและครูร่วมกันประเมินชิ้นงานโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นเพื่ออภิปรายร่วมกันถึงข้อดี ข้อเสีย สิ่งที่ต้องปรับปรุง จากนั้นนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ทั้งจากการปฏิบัติกิจกรรมและองค์ความรู้ทางด้านสะเต็มศึกษา

บทบาทครูผู้สอน ควรมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน เงื่อนไขในการนำเสนอ หัวข้อในการนำเสนอ และเวลาที่ใช้ในการนำเสนอ รวมถึงมีการสร้างข้อตกลงร่วมกันก่อนการนำเสนอโดยให้แต่ละกลุ่มตั้งคำถามจากสิ่งที่ได้ฟังและถามคำถามหลังจากการนำเสนอเสร็จเพื่อทำให้นักเรียนทุกคนตั้งใจฟัง

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่าทั้ง 6 ขั้นตอนนี้สามารถส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ โดยเฉพาะในขั้นที่ยืนยันปัญหา เพราะหากนักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาได้หรือไม่สามารถระบุปัญหาได้อย่างครบถ้วนจะทำให้ไม่สามารถระบุสาเหตุและเงื่อนไขของปัญหา รวมถึงไม่สามารถวางแผนในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและตรงจุด จึงส่งผลให้ไม่สามารถสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้สิ่งที่จะช่วย

กระตุ้นความสนใจของนักเรียนคือการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเป็นประเด็นทางสังคมที่กำลังได้รับความสนใจ มีการสร้างชิ้นงานและกิจกรรมที่ทำทลายความสามารถของผู้เรียน

ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์

ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้ ในภาพรวมของแต่ละสมรรถนะที่ได้จากการแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในแต่ละวงจรปฏิบัติการที่สูงขึ้นในทุกสมรรถนะตามลำดับ คือ จากระดับต่ำไปสู่ระดับสูง โดยในวงจรปฏิบัติการแรกนักเรียนไม่สามารถแบ่งหน้าที่ตามความสามารถของสมาชิกและนักเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกภายในกลุ่มจึงทำให้ขาดการแบ่งปันข้อมูลทั้งในการระบุปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การติดตามผลการดำเนินงาน ส่งผลให้งานไม่สำเร็จตามที่คาดหวังไว้ และในวงจรปฏิบัติการต่อมามีการพัฒนาสมรรถนะตามลำดับจนถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงเนื่องจากนักเรียนแบ่งหน้าที่ตามความสามารถได้อย่างเหมาะสมเพื่อสร้างระเบียบของกลุ่มและสมาชิกทุกคนปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย สมาชิกมีปฏิสัมพันธ์กันมากขึ้นในการแบ่งปันข้อมูลเพื่อระบุปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกัน ตลอดจนร่วมกันหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเป็นรายบุคคล ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในทุกสมรรถนะอยู่ในระดับสูง กล่าวคือ นักเรียนร้อยละ 70.00 มีสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน โดยมีสมรรถนะย่อยการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มมากที่สุด (ร้อยละ 86.67) นักเรียนร้อยละ 70.00 มีสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยมีสมรรถนะย่อยการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงานมากที่สุด (ร้อยละ 86.67) และนักเรียนร้อยละ 78.34 มีสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม โดยมีสมรรถนะย่อยการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้และสมรรถนะย่อยการให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันมากที่สุด (ร้อยละ 86.67) อย่างไรก็ตามสิ่งที่แตกต่างกันระหว่างผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้คือผลการประเมินสมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่อยู่ในระดับปานกลางมากกว่าผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

อภิปรายผล

ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่พัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

จากผลการศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ทั้ง 6 ขั้นตอน เรื่อง พอลิเมอร์ โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ให้คำแนะนำและคอยติดตามอย่างใกล้ชิดในทุกขั้นตอนสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ ดังนี้

ในขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหาและขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกันในการระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา โดยเริ่มตั้งแต่มุมมองของตนเองและเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนนำมาอภิปรายในกลุ่ม และนำข้อสรุปของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายอีกครั้งในชั้นเรียน เนื่องจากการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลายที่ต้องบูรณาการความรู้ทั้งวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งย่อมาได้มาจากการอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ดีที่สุดนั่นเอง สอดคล้องกับ Capraro et al. (2013) ที่ระบุว่า การระบุปัญหาในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมในกิจกรรมสะเต็มเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่เผชิญผ่านการร่วมมือของกลุ่ม และร่วมกันกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมต่อการกำหนดปัญหาและมีมุมมองต่อปัญหาในทิศทางเดียวกัน และมีการแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบความสามารถ จะช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยเหลือกันและร่วมมือกันแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบหน้าที่และมีความสัมพันธ์อันดีต่อเพื่อนร่วมกลุ่มในการทำงานร่วมกันนำไปสู่การพัฒนาทักษะทางสังคม (ทิสนา แชนถ์, 2557)

อีกทั้งการใช้สถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ การให้นักเรียนได้มีโอกาสเผชิญกับปัญหาใกล้ตัว และการสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาที่น่าสนใจ เช่น กิจกรรมการแก้ปัญหาขยะพลาสติกจากถุงเพาะชำโดยการคิดค้นและออกแบบถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น จะเป็นตัวขับเคลื่อนทำให้นักเรียนกระตือรือร้นในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้จะทำให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สอดคล้องกับ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ (2550) ที่กล่าวว่า ปัญหาเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจในการใฝ่หาความรู้ หากเป็นเรื่องใกล้ตัว น่าสนใจ มี

คุณค่าและความหมายแล้ว จะนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนที่ยกระดับคุณภาพผู้เรียนทั้ง ความรู้ ทักษะกระบวนการ การคิดขั้นสูง และการทำงานร่วมกันเป็นทีมได้

ดังนั้นในทั้งสองขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่ มีร่วมกัน ในประเด็นการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกกลุ่ม การแบ่งปันข้อมูลและ ทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน การสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายใน กลุ่ม การตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและรักษา ระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม

ในขั้นที่ 3 การวางแผนและขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง นักเรียนจะได้นำความรู้ที่ สืบค้นมาระดมความคิดและโต้แย้งกันอย่างมีเหตุผลโดยใช้หลักการและทฤษฎีมาใช้ในการวางแผน พัฒนาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ โดยคำนึงถึงข้อจำกัดและเงื่อนไขของปัญหาที่ สถานการณ์กำหนด และตั้งอยู่บนหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (Morgan, et al., 2013; Householder & Hailey, 2012) และไม่ควรนำตัวอย่างการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา มาให้ดูเป็นตัวอย่างหากสถานการณ์ปัญหานั้นไม่ได้มีความซับซ้อนมาก หรือสามารถหา แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงได้ง่ายเนื่องจากนักเรียนมักลอกเลียนแบบจากตัวอย่างที่ให้ สอดคล้องกับ สายหยุด สมประสงค์ (2523 อ้างอิงใน พรรณพร นามโนรินทร์ 2554, หน้า 33) ที่ กล่าวว่า ผู้สอนไม่ควรบอกปัญหาและวิธีการแก้ปัญหาให้นักเรียนตรง ๆ เพราะถ้าบอกแล้ว นักเรียน จะไม่ได้ใช้ยุทธศาสตร์ในการคิดแก้ปัญหา

ดังนั้นในทั้งสองขั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา ในประเด็นการร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา การ ร่วมกันวางแผนออกแบบและดำเนินงาน การระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ และ ส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นการเข้าใจบทบาทหน้าที่ ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม และการอธิบายและประพาดิตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง เป็นขั้นปฏิบัติที่นักเรียนได้ร่วมมือกันดำเนินการแก้ปัญหา ให้นักเรียนได้ค้นพบองค์ความรู้และประสบการณ์ด้วยตนเองจากการใช้กระบวนการคิดและการ แสวงหาความรู้ควบคู่กับการปฏิบัติจริง (ซันด์ชั้ย อธิเกียรติ และคณะ, 2559) สามารถพัฒนา นักเรียนให้มีคุณลักษณะของนักประดิษฐ์หรือแมกเกอร์ หรือนักแก้ปัญหาซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้เป็น พื้นฐานสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Honey & Kanter, 2013) สอดคล้อง กับ จรุงพงษ์ ชลสินธุ์ (2560, หน้า 125-141) ที่ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ต่อการพัฒนาสมรรถนะการ

แก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่าการจัดกิจกรรมภาคปฏิบัติส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่สูงขึ้น อีกทั้งในชั้นนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ไขชิ้นงานตามแผนสำรองที่วางเอาไว้ สอดคล้องกับ Capraro, et al. (2013) กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ทำการตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุง หรือทำซ้ำ จะทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานและวิธีการ

ดังนั้นในชั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นการสื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหาและการดำเนินงานภายในกลุ่ม ส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นการระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ และการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและของสมาชิกกลุ่ม การปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ การอธิบายและประพาดิตตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้ และการให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ขั้นที่ 6 การประเมิน เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มรายงานผลการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงข้อดี ข้อด้อยของชิ้นงาน ความสำเร็จของการดำเนินงาน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงในการดำเนินงาน นักเรียนจะได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากวิธีแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มเพื่อน และสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขวิธีแก้ปัญหาให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (Householder & Hailey, 2012; Kapur & Toh, 2013; Capraro, et al., 2013) และในชั้นนี้นักเรียนจะร่วมกันสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากกิจกรรม และความรู้ด้านสะเต็มที่ใช้ในการแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาและเพื่อเป็นการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจที่ผิดพลาดหรือเสริมความรู้ที่ขาดให้แก่นักเรียน

ดังนั้นในชั้นตอนนี้จะส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ในประเด็นการตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน เกิดสมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ในประเด็นการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงาน และส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ในประเด็นการให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน

ผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์

จากผลการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือไปในทางที่ดีขึ้น ในแต่ละวงจรการจัดการเรียนรู้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของนักเรียนตามระดับสมรรถนะต่างๆ โดยนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำและระดับกลางมีจำนวนลดลง ในขณะที่จำนวนนักเรียนในระดับสูงมีจำนวนเพิ่มขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือที่นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง แต่สิ่งที่แตกต่างกันคือผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำและปานกลางมากกว่าผลการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เนื่องจากในการทำกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่มทำให้เกิดการสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลร่วมกัน และดำเนินการแก้ปัญหาร่วมกันทำให้มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือสูงกว่าผลการประเมินรายบุคคล ซึ่งสามารถอภิปรายผลแยกตามสมรรถนะแต่ละด้าน ดังนี้

1. สมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีสมรรถนะย่อยการค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่มมากที่สุด เนื่องจากในการทำกิจกรรมใช้การแบ่งกลุ่มแบบความสามารถโดยครูผู้สอน ซึ่งทำให้นักเรียนไม่เข้าใจหน้าที่แต่ละหน้าที่และไม่รู้ความสามารถของสมาชิกเนื่องจากไม่ได้แบ่งกลุ่มเองจึงแบ่งหน้าที่ด้วยการจับฉลากในวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่เมื่อได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการแบ่งหน้าที่จากผู้สอน รวมถึงได้รู้ความสามารถของสมาชิกจากการทำงานร่วมกันในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ในวงจรต่อไปนักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการดำเนินงานอย่างเหมาะสมมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของ วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557) ที่กล่าวว่า การจัดกลุ่มในลักษณะที่ไม่ให้นักเรียนจัดกลุ่มเองนั้นจะช่วยให้ นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน และให้การช่วยเหลือเกื้อกูลกันในการทำงานได้เป็นอย่างดี และในส่วนของสมรรถนะย่อยอื่นๆ ที่มีจำนวนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงเช่นกัน เนื่องจากในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เริ่มตั้งแต่การสร้าง ความเข้าใจด้วยมุมมองของตนเอง แล้วแลกเปลี่ยนจนได้มุมมองของกลุ่มและระหว่างกลุ่ม เป็นการแสดงแนวคิดและมุมมองของตนเองแล้วปรับความเข้าใจให้ตรงกันในการระบุปัญหา สาเหตุ เงื่อนไข การสร้างองค์ความรู้หรือข้อมูลสำคัญในการแก้ปัญหา ตลอดจนการถ่ายทอดและแก้ไขความเข้าใจและสิ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน เช่น ในกิจกรรม เรื่อง เส้นใย ในการทำกระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติ นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันระบุปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไขของสถานการณ์ การสืบค้น

ข้อดี ข้อด้อยของเส้นใยพืชแต่ละชนิด และสืบค้นสารที่จะนำมาใช้แทนโซดาไฟในการย่อยเส้นใยในการทำกระดาษชั้นน้ำมัน โดยระบุประเด็นตามมุมมองของตนเองหรือจากการสืบค้น จากนั้นจึงผลัดกันพูดทีละคนจนครบ แล้วนำข้อสรุปของกลุ่มที่ได้ไปอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อปรับความเข้าใจให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงมีตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจของสมาชิกโดยหัวหน้ากลุ่มตลอดการดำเนินงาน ดังนั้น กิจกรรมดังกล่าวจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสื่อสารกันเพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหาและข้อมูลต่างๆ ร่วมกันและเก็บรักษาความเข้าใจที่ร่วมกันตลอดการทำงาน

2. สมรรถนะการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงโดยมีสมรรถนะย่อยการร่วมกันตรวจสอบผลการดำเนินงานและประเมินผลความสำเร็จของงานมากที่สุด เนื่องจากการจัดกิจกรรมในชั้นการปรับโครงสร้างที่นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาตามแผนการที่วางเอาไว้ และนำชิ้นงานมาทดสอบจะทำให้นักเรียนสามารถตรวจสอบผลการดำเนินงานเพื่อไปแก้ไขปรับได้ รวมถึงในชั้นการประเมินผลที่ให้นักเรียนได้นำเสนอผลการแก้ปัญหาและร่วมกันประเมินผลงานจะทำให้สามารถประเมินผลความสำเร็จของงานได้ ดังเช่นในการทำกิจกรรมเรื่อง พลาสติก ในการทำถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ ที่นักเรียนจะต้องนำพลาสติกชีวภาพมาทดสอบเปอร์เซ็นต์การยึดตัวและระยะเวลาในการย่อยสลาย หากพบว่าผลการทดสอบไม่เป็นดังที่คาดหวังนักเรียนจะต้องทำการแก้ไขตามแผนสำรองที่วางไว้ รวมถึงการรายงานเพื่อนำเสนอผลการทำพลาสติกชีวภาพ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้น และทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา (Morgan, et al., 2013) ส่งผลให้นักเรียนสามารถตรวจสอบและประเมินความสำเร็จของงานได้ และในส่วนของสมรรถนะย่อยอื่นๆ ที่มีจำนวนนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงเช่นกัน เนื่องจากการทำกิจกรรมในขั้นตอนการวางแผนและวางแผนสำรอง ซึ่งทำให้นักเรียนต้องร่วมกันระดมความคิดเพื่อวางแผนออกแบบในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา และได้แย้งกันด้วยเหตุผลจนสามารถร่วมกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถระบุได้ว่าต้องดำเนินการอย่างไรจึงจะทำให้งานประสบผลสำเร็จผ่านการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาตามแผนการที่วางเอาไว้ กล่าวคือ เป็นชั้นที่ให้นักเรียนได้ร่วมกระบวนการกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาทำให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อร่วมกันวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีการโต้แย้งกันเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Antonnenko, et al., 2011 อ้างอิงใน Farzaneh Jahanzad, 2012)

3. สมรรถนะการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม มีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง โดยมีสมรรถนะย่อยการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้และสมรรถนะย่อยการให้

ข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกันมากที่สุด เนื่องจากในการทำกิจกรรมมีการให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ตามความสามารถ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองและเข้าใจข้อตกลงของกลุ่มทำให้สามารถปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังไม่สามารถปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจบทบาทของแต่ละหน้าที่จึงมีการแบ่งหน้าที่ไม่เหมาะสมกับความสามารถ ส่งผลให้ในการทำกิจกรรมนักเรียนไม่สามารถปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้ แต่ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 นักเรียนเข้าใจหน้าที่และค้นพบความสามารถของสมาชิกจึงแบ่งหน้าที่ได้ตามความสามารถส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในหน้าที่และสามารถปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายได้เป็นอย่างดี รวมถึงในขั้นการประเมินที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้ประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาของทั้งกลุ่มตนเองและกลุ่มอื่นจึงทำให้มีสมรรถนะนี้ในระดับสูง และตลอดการทำกิจกรรมนักเรียนต้องปฏิบัติตาม หน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมาย และคอยติดตามตรวจสอบการทำงานของสมาชิกกลุ่มเพื่อให้งานดำเนินไปจนสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย รวมถึงมีการกำหนดเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมที่จำกัดในแต่ละขั้นตอนเพื่อเป็นการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม จากทั้งหมดที่กล่าวมาจึงส่งผลให้สมรรถนะย่อยอื่นๆ อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน ดังเช่น ในกิจกรรมการทำกระดาษซับน้ำมันจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งต้องใช้เวลาในการตากกระดาษให้แห้งจึงต้องมีการติดตามกระดาษที่ตากนอกเหนือจากเวลาเรียน นักเรียนจึงต้องผลัดเปลี่ยนกันมาติดตามผลงานตามหน้าที่ของตนเองและช่วยเหลือกันเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น สอดคล้องกับทฤษฎี แชมมณี (2557) ที่กล่าวว่า ในการเรียนรู้แบบร่วมมือนั้นนักเรียนแต่ละคนต้องรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและในขณะเดียวกันนักเรียนก็ให้ความช่วยเหลือต่อเพื่อนคนอื่นๆ ในกลุ่มด้วย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ด้านวิศวกรรม คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ และช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์เชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียนเข้ากับชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากปัญหาผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริงได้ ซึ่งสอดคล้องกับ พงษ์จิต นาบุญมี (2560) ซึ่งได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือทั้ง 3 สมรรถนะหลักอยู่ในระดับสูง และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Lou, et al. (2011) ที่พบว่า การ

เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยเพิ่มความสามารถและประสบการณ์ การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

สำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเน้นการ ปฏิสัมพันธ์และการแก้ปัญหาของนักเรียน หน้าที่ของครูเป็นเพียงผู้คอยชี้แนะและให้คำปรึกษา เท่านั้น โดยจะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นไม่ควรให้ตัวอย่างใน การแก้ปัญหาแก่นักเรียน หากสถานการณ์ปัญหาไม่ซับซ้อน หรือสามารถหาแหล่งอ้างอิงได้ง่าย เพื่อให้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้เต็มศักยภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือในครั้งนี้ พบว่า นักเรียนได้เกิดการโต้แย้งกันด้วยเหตุผลซึ่ง เป็น การให้เหตุผลในเชิงหลักการและทฤษฎีในชั้นของการวางแผนและการวางแผนสำรอง ดังนั้นจึง เหมาะแก่การนำไปศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ต่อไป เช่น ทักษะการให้เหตุผลในเชิง วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**.
กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ชัณฑ์ชัย อธิเกียรติ, และธนารักษ์ สารเดือนแก้ว. (2559). **การสอนแบบทันสมัยและเทคโนโลยี
สอนแนวใหม่**. สงขลา: มหาลัยราชภัฏสงขลา.
- จรรยาพงษ์ ชลสินธุ์. (2559). **การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนว
สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมสมรรถนะการ
แก้ปัญหาแบบ ร่วมมือ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ทศนา แคมมณี. (2557). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ**. (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- ธีรภา ไชยเดช. (2559). **การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการ
เรียนรู้ โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำ
บรรพ์และผลิตภัณฑ์**. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- นันทชา อัมฤทธิ์. (2559). **การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เรื่อง งานและพลังงาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ระดับ
มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- ปราณีต เชื้อทอง. (2556). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริม
ความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร,
พิษณุโลก.
- พวงจิต นาบุญมี. (2560). **การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาสมรรถนะการ
แก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- พรทิพย์ ศิริภัทรชัย. (2556). **STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21**. วารสาร
นักรบริหาร. 33 (2), 49-56.

- มนตรี จุฬารัตนพล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ หรือ “สะเต็ม”. สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี แห่งประเทศ ไทย. 19 (มกราคม-ธันวาคม 2556), 3-14.
- มณฑรา ธรรมบุศย์. (2549). การส่งเสริมกระบวนการคิดโดยใช้ยุทธศาสตร์ PBL (problem-based learning), วารสารวิชาการ, 5(2), 11-17.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2555), พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์
- วิจารณ์ พาณิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วัลลีย์ สัตยาศัย (บรรณาธิการ). (2547). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก รูปแบบการเรียนรู้ โดยผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: บুদ্ধเนื้ท
- วราภรณ์ ศรีวิโรจน์. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการ เรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก.
- วาสนา ภูมิ. (2555). ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://www.stemedthailand.org>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับครูศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์: จุลติสการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ความรู้เบื้องต้นสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560), สรุปข้อมูลเบื้องต้น. กรุงเทพฯ อรุณการพิมพ์

- สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015**. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2561 จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa-2015-basic-summary/>
- สายหยุด สมประสงค์. (2523). **ยุทธศาสตร์การคิด**. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์กรมสามัญศึกษา.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ. (2550). **แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน**. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมวัตกรรมการเรียนรู้ของครูและบุคลากรทางการศึกษา
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2558). **การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving)** สืบค้น 15 กันยายน 2561, จาก <http://snparichatesdc.go.th/chud-fuk-xbrm-hnwy-thi-5-kar-kae-payha-baeb-iwm-mux>
- สุพรรณี่ ชาญประเสริฐ. (2556). **การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21**. *สสวท.*, 42(185), 10-12.
- อภิรัชย์ เหล่าพิเดช และอรพิน ศิริสัมพันธ์. (2556). **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เรื่อง ปัญหาทางสังคมของไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน**. *วารสารวิชาการ กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 6(3), 757-771.
- Barrows, Howard S. and Tamblyn, Poblyn M. (1980). **Problem –Based Learning: An Approach to Medical Education**. New York: Springer Publishing Company.
- Breiner, J. M., Carla, C. J., Harkness, S. S., & Koehler, C. M.. (2012). **What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships**. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Capraro, R.M., Capraro, M.M., & Morgan, J. R. (2013). **STEM project-based learning**. Rotterdam. Sense
- Delislo, R. (1997). **How to use problem-based learning in the classroom**. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

- Farzaneh Jahanzad. (2012). **The influence of the DEEPER Scaffolding framework on problem-solving performance and transfer of knowledge.** Master's thesis. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma.
- Gijseleers, W.H. (1996). **Connecting problem-based practices with educational theory.** In L. Wilkerson and W.H. Gijseleers (Eds.), **Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice.** San Francisco: Jossey-Bass.
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., & Griffin, P. (2015). **A framework for teachable collaborative problem solving skills.** *Springer*, 38, 371.
- Honey, M., & Kanter, D. E. (Eds.). (2013). **Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators.** New York: Routledge.
- Householder, D. L., & Hailey, C. E. (2012). **Incorporating engineering design challenges into STEM Courses.** Retrieved March 4, 2019 from http://digitalcommons.usu.edu/ncete_publications/166
- Huffman, D. (1997). **Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics.** *Journal of Research in Science Teaching*, 34(6), 551-570.
- John, W., Collins, I.I. and O'Brien, N.P. (2011). **The greenwood dictionary of education.** United States of America: British Library Cataloguing.
- Kapur, M., & Toh, P. L. L. (2013). **Productive failure: From an experimental effect to a learning design.** *Educational design research – Part B: Illustrative cases*, 341 – 355.
- Lou, S., Shih, R., Diez, C. R., & Tseng, K. (2010). **The Impact of Problem-Based Learning on STEM Knowledge Integration and Attitudes: An Exploratory Study among Female Taiwanese Senior High School Students.** *International Journal of Technology & Design Education*, 21, 195 – 215.
- Major, C.H., Savin-Baden, M. and MacKinnon, M. (2000). **Issues in problem-based learning: A message from the guest editors.** *Journal on Excellence in College Teaching*, 11(2), 1-10.

- National Academy of Science. (2014). **STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research**. Retrieved October 4, 2018, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18612
- OECD. (2013). **PISA 2015 draft collaborative problem solving framework**. Paris: OECD.
- O'Neil, H. F., Jr., & Chuang, S. H. (2008). **Measuring collaborative problem solving in low-stakes tests**. In E. L. Baker, J. Dickleson, W. Wulfeck & H. F. O'Neil (Eds.). **Assessment of problem solving using simulations** (pp. 177-199). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- OECD. (2013). **PISA 2012 Assessment and Analytical Framework : Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy**. France: OECD Publishing.
- OECD. (2013). **PISA 2015 draft collaborative problem solving framework**. Paris: OECD.
- Pollastri, A. R., Epstein, L. D., Heath, G. H., & Ablon, J. S. (2013). The collaborative problem solving approach: Outcomes across settings. **PERSPECTIVES**, 21, 29-38.
- Tawfik, A., Trueman, R. J. and Lorz, M.M. (2013). Engaging non-scientists in STEM through problem-based learning and service learning. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, 8(2), 75-84.
- Kuen-Yi Lin, Kuang-Chao Yu, Hsien-Sheng Hsiao, Yih-Hsien Chu, Yu-Shan Chang, Yu-Hung Chien. (2015). Design of an assessment system for collaborative problem solving in STEM education. **Journal of Computers in Education**. 2(3), 301–322

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เรื่อง การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์ มีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภารัตน์ เชื้อขวด ชัยสิทธิ์

อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3. นางวารุณี สุขม่วง

ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ภาคเหนือ จังหวัดพิษณุโลก

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

เรื่อง พอลิเมอร์ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 พลาสติก

ระดับการประเมิน 5 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมมากที่สุด

ระดับการประเมิน 4 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมมาก

ระดับการประเมิน 3 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมปานกลาง

ระดับการประเมิน 2 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมน้อย

ระดับการประเมิน 1 หมายถึง มีความสอดคล้อง/เชื่อมโยง/ครอบคลุม/เหมาะสมน้อยมาก

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
1.	จุดประสงค์การเรียนรู้					
	1.1 มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้					
	1.2 มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
	1.3 สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน					
	1.4 สามารถระบุคุณลักษณะอันพึงประสงค์และเจตคติได้อย่างชัดเจน					
	1.5 มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ					
2.	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
	2.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุมมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้					
	2.2 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ					
	2.3 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	2.4 กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา					
	2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง					

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
	2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ					
	2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของผู้เรียน					
	2.8 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน					
	2.9 กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ					
	2.10 วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรม					
3.	การวัดและประเมินผล					
	3.1 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.2 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ					
	3.3 มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรม					
รวมคะแนน						
สรุปผลระดับคุณภาพ		ระดับ.....				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....ลงชื่อผู้ประเมิน
 (.....)
/...../.....

ภาคผนวก ค ตัวอย่างผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

ตาราง 11 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 1 เรื่อง พลาสติก

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐาน การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.2 มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
1.3 สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่าง ชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.4 สามารถระบุคุณลักษณะอันพึงประสงค์และ เจตคติได้อย่างชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.5 มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุม มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.47	มาก
2.2 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	2.3 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	4	4			
2.4 กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง	5	4	4	4.33	0.47	มากที่สุด
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	5	4	4	4.33	0.47	มากที่สุด
2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของ ผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.47	มากที่สุด
2.8 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.9 กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.10 วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสม กับกิจกรรม	4	4	4	4.00	0.00	มาก
3. การวัดและประเมินผล						
3.1 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
3.2 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	4	4	4.33	0.47	มาก

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	3.3 มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4			
สรุป				4.17	0.23	มาก

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 2 เรื่อง ยาง

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{X}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	1. จุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐาน การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.2 มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
1.3 สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่าง ชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.4 สามารถระบุคุณลักษณะอันพึงประสงค์และ เจตคติได้อย่างชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	มาก
1.5 มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุม มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.47	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	2.3 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00
2.4 กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง	5	4	4	4.33	0.47	มาก
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	5	4	4	4.33	0.47	มาก
2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของ ผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.47	มาก
2.8 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	4	5	4	4.33	0.47	มาก
2.9 กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ	5	4	4	4.33	0.47	มาก
2.10 วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสม กับกิจกรรม	4	4	4	4.00	0.00	มาก
3. การวัดและประเมินผล						
3.1 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	4	4	4	4.00	0.00	มาก
3.2 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับ สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	4	4	4.33	0.47	มาก

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	3.3 มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4.33	0.47
สรุป				4.22	0.26	มาก

ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด
สะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แผนที่ 3 เรื่อง เส้นใย

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	คนที่					
	1	2	3			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้						
1.1 มีความสอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐาน การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
1.2 มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
1.3 สามารถระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ได้อย่าง ชัดเจน	5	4	4	4.33	0.47	มาก
1.4 สามารถระบุคุณลักษณะอันพึงประสงค์และ เจตคติได้อย่างชัดเจน	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
1.5 มีความสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
2.1 กิจกรรมมีความสอดคล้องและครอบคลุม มาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
2.2 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระ	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	2.3 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4.67	0.47
2.4 กิจกรรมกำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับเวลา	4	4	4	4.00	0.00	มาก
2.5 กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้จริง	5	4	4	4.33	0.47	มาก
2.6 กิจกรรมส่งเสริมให้เกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.7 กิจกรรมเหมาะสมกับระดับและธรรมชาติของผู้เรียน	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
2.8 กิจกรรมมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	5	5	4	4.67	0.47	มากที่สุด
2.9 กิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2.10 วัสดุอุปกรณ์ สื่อ และแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับกิจกรรม	5	4	4	4.33	0.47	มาก
3. การวัดและประเมินผล						
3.1 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4.33	0.47	มาก
3.2 มีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	5	4	4	4.33	0.47	มาก

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็น ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			\bar{x}	S.D	แปลผล ความ เหมาะสม
	1	2	3			
	3.3 มีการวัดและประเมินผลเหมาะสมกับกิจกรรม	5	4			
สรุป				4.57	0.37	มากที่สุด

ภาคผนวก ง ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา
แบบร่วมมือ เรื่อง พอลิเมอร์

ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญคนที่			ผลรวม	IOC	แปลผล
	1	2	3			
1	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
2	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
3	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
4	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
5	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
6	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
7	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
8	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
9	+1	+1	0	2	0.67	ผ่าน
10	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
11	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน
12	+1	+1	+1	3	1	ผ่าน

ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์
2. แบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้
3. แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
4. แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชา เคมี 5 ว 30225

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

6

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 พอลิเมอร์

เรื่อง พลาสติก

ผู้สอน นางสาวสายชล สุกร

จำนวน 4 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้		
วิทยาศาสตร์	การทำงานอาชีพและเทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
<p>มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</p> <p>มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน</p>	<p>มาตรฐาน ง 2.1 เข้าใจ เทคโนโลยีและกระบวนการ เทคโนโลยี ออกแบบและสร้าง สิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยีอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ เลือกใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม สิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืน</p> <p>มาตรฐาน ง 3.1 เข้าใจ เห็นคุณค่า และใช้กระบวนการเทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูล การเรียนรู้ การสื่อสาร การแก้ปัญหา การทำงาน และอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และมีคุณธรรม</p>	<p>มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์</p>

2. ผลการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

ผลการเรียนรู้/ตัวชี้วัด		
วิทยาศาสตร์	การทำงานอาชีพและเทคโนโลยี	คณิตศาสตร์
ผลการเรียนรู้ 1. อธิบายความหมายของพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ พลาสติก เส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และกระบวนการวัลคาไนเซชันได้ 2. อธิบายสมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ได้	ตัวชี้วัด ง 2.1 ม.4-6/5 วิเคราะห์ และเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในชีวิตประจำวันอย่างสร้างสรรค์ต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม และมีการจัดการเทคโนโลยีที่ยั่งยืนด้วยวิธีการของ เทคโนโลยีสะอาด ง 3.1 ม 4-6/9 ติดตามสื่อสาร ค้นหาข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ต	ตัวชี้วัด ค 6.1 ม 4-6/2 ใช้ความรู้ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ค 6.1 ม.4-6/5 เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. สามารถอธิบายความหมายของพอลิเมอร์และมอนอเมอร์
2. สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์
3. สามารถอธิบายความหมายของพลาสติกและสมบัติของพลาสติกแต่ละประเภทได้
4. สามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ใน

การผลิตพลาสติกชีวภาพ

ด้านทักษะ

1. สามารถออกแบบถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพได้
2. สามารถผลิตพลาสติกชีวภาพ
3. สามารถทดสอบสมบัติทางกายภาพและการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ
4. สามารถคำนวณปริมาณสาร เทียบอัตราส่วนสารที่ใช้ และหาปริมาณของถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพได้
5. สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำพลาสติกชีวภาพ

ด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

1. สามารถสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน
2. สามารถเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
3. สามารถรักษาระเบียบของกลุ่ม และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

มีความมุ่งมั่นและตั้งใจในการเรียน

4. สารสำคัญ

พอลิเมอร์ (Polymer) คือ สารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ และมีมวลโมเลกุลมากประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ ของสารที่อาจจะเหมือนกันหรือต่างกันมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ แบ่งตามการเกิดเป็นเกณฑ์ เป็น 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ แบ่งตามชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ เป็น 2 ชนิด คือ โสมอติเมอร์และเฮเทอโรพอลิเมอร์ แบ่งตามโครงสร้างของพอลิเมอร์ แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ พอลิเมอร์แบบเส้น พอลิเมอร์แบบกิ่ง และพอลิเมอร์แบบร่างแห

พลาสติก (Plastic) คือ พอลิเมอร์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นสารที่สามารถทำให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ด้วยความร้อน พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ มวลโมเลกุลมาก และจำแนกได้เป็นเทอร์มอพลาสติกและพลาสติกเทอร์มอเซต

5. ตารางการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
- พอลิเมอร์	-การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศใน	-กระบวนการที่ใช้ใน	-การคำนวณปริมาณ
- คุณสมบัติของ	การสืบค้น และนำเสนอข้อมูล	การวางแผน และ	สารการเทียบ
ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์	-กระบวนการทางเทคโนโลยีที่ใช้	ออกแบบวิธีการ	อัตราส่วนสารที่ใช้ใน
ที่เป็นพลาสติกชนิด	ในการวางแผนในการแก้ปัญหา	แก้ปัญหาที่	การผลิตแผ่นฟิล์ม
ต่างๆ	การทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และ	สอดคล้องกับ	เพื่อผลิตถุงเพาะชำ
-พลาสติกชีวภาพ	หาแนวทางที่เหมาะสมในการ	กระบวนการทาง	จากพลาสติกชีวภาพ
	แก้ปัญหา รวมถึงการเลือกใช้	เทคโนโลยี เพื่อผลิต	และหาปริมาตรของ
	วัสดุ อุปกรณ์ที่เหมาะสมในการ	ถุงเพาะชำจาก	ถุงเพาะชำจาก
	ผลิตถุงเพาะชำจากพลาสติก	พลาสติกชีวภาพ	พลาสติกชีวภาพ
	ชีวภาพ		

6. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนดังนี้

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา

1. ให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์เรื่อง Plastic Pollution: How Humans are Turning the World into Plastic (ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=RS7IzU2VJIQ>) แล้วร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับประโยชน์ของพลาสติกและผลกระทบจากการใช้พลาสติก

แนวคำตอบ ประโยชน์ของพลาสติกและผลกระทบจากการใช้พลาสติก มีดังนี้

ประโยชน์ของพลาสติก เช่น ใช้ทำโทรทัศน์ ถ้วย จาน ชาม แก้ว รองเท้า ด้ามปากกา ถุงใส่ของ อุปกรณ์อาหาร ท่อพีวีซี รถ และเสื้อผ้าสำเร็จรูป เป็นต้น

ผลกระทบจากการใช้พลาสติก คือ เกิดปัญหาขยะจากพลาสติกที่ใช้แล้ว ซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเพราะมีความทนทานจึงต้องใช้เวลาย่อยสลาย 500-1,000 ปี อีกทั้งการกำจัดขยะพลาสติกในปัจจุบันยังมีอุปสรรคอีกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่สามารถกำจัดพลาสติกบางชนิดได้ เนื่องจากยังไม่สามารถหลอมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก รวมถึงอาจมีสารที่ถูกเติมลงไปพลาสติกปนเปื้อนในอาหารและเข้าสู่ร่างกายของคน เช่น สาร DEHP ที่ใช้ทำให้พลาสติกยืดหยุ่นแต่หากเข้าสู่ร่างกายมนุษย์อาจทำให้เป็นมะเร็งได้

2. ให้นักเรียนเสนอแนวทางการลดปัญหาขยะจากพลาสติก

แนวคำตอบ เช่น การลดการใช้พลาสติก การนำมาใช้ซ้ำ การนำพลาสติกไปรีไซเคิล การผลิตพลาสติกย่อยสลายง่าย

3. แบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 5 คน แบบคณะกรรมการ และแสดงสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนทำกิจกรรมพลาสติกชีวภาพ ดังนี้

ปัจจุบันพอลิเมอร์เป็นสารที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะพลาสติก แม้กระทั่งวงการเกษตรที่อยู่ใกล้ชิดกับธรรมชาติมากที่สุดก็ยังหนีพลาสติกไม่พ้น เช่น ท่อส่งน้ำ พลาสติกที่เป็นบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีทางการเกษตร และพลาสติกทางการเกษตรที่เห็นกันอยู่ใกล้ตัวไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรหรือไม่ก็ตาม คือ ถุงเพาะต้นชำกล้าต้นไม้ ซึ่งเป็นถุงที่ถูกใช้เป็นจำนวนมากเมื่อใช้เสร็จกลายเป็นขยะเพราะไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ แดมสลายตัวได้ยากทำให้ยากต่อการกำจัดเนื่องจากเมื่อเผาจะก่อให้เกิดควันที่เป็นแก๊สพิษ และหากนำไปฝังก็จะทำให้ดินบริเวณนั้นเสื่อมสภาพไม่สามารถเพาะปลูกได้

ดังนั้นนักเรียนจะทำอย่างไรที่จะทำให้ถุงเพาะชำสามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นและมีคุณสมบัติที่เหมาะสม เพื่อลดขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้ถุงเพาะชำในการเพาะกล้าต้นไม้

4. แจกใบกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มตามความถนัดและความสามารถและบันทึกลงในใบกิจกรรมเพื่อสร้างระเบียบของกลุ่มและให้สามารถทำงานร่วมกันได้ ในขณะที่เดียวกันครูจะแจกปลอกแขนเป็นสัญลักษณ์ในการระบุหน้าที่ โดยใช้เป็นรหัสสี ดังนี้ สีแดง=หัวหน้า, สีชมพู=เลขานุการ, สีเขียว=ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์, สีน้ำเงิน=ผู้สืบค้นข้อมูล, สีดำ=ผู้นำเสนอผลงาน

5. ครูกระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนว่า “จากสถานการณ์ดังกล่าว คิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร”

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาผ่านการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกันว่าปัญหาคืออะไร

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงสาเหตุของปัญหา

8. แต่ละกลุ่มนำเสนอปัญหา สาเหตุ และเงื่อนไขที่ได้จากการอภิปรายภายในกลุ่มให้เพื่อนในชั้นเรียนทราบ และทุกกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกันว่า

ปัญหา คือ การใช้ถุงเพาะชำในการเพาะกล้าต้นไม้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สาเหตุ คือ ถุงเพาะชำสลายตัวได้ยาก และยากต่อการกำจัดเนื่องจากเมื่อเผาจะก่อให้เกิดควันที่เป็นแก๊สพิษ และหากนำไปฝังก็จะทำให้ดินบริเวณนั้นเสื่อมสภาพไม่สามารถเพาะปลูกได้

เงื่อนไข คือ จะมีวิธีการอย่างไรที่จะทำให้ถุงเพาะชำย่อยสลายได้ง่ายขึ้น และมีคุณสมบัติที่

เหมาะสม

9. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลที่เตรียมให้เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องพลาสติก คือ ไบโพลิเมอร์ และไบโพลิเมอร์ที่ 2 พลาสติก

10. หัวหน้ากลุ่มดำเนินการให้สมาชิกแต่ละคนนำข้อมูลความรู้ที่ตนเองได้สืบค้นมาอภิปรายแบ่งปันกันในกลุ่มโดยผลัดกันพูดข้อมูลของตนเอง

11. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับพอลิเมอร์และพลาสติก พร้อมทั้งบันทึกความรู้จากไบโพลิเมอร์ลงในสมุด โดยครูใช้คำถามในการนำอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกันดังต่อไปนี้

- พอลิเมอร์ หมายถึงอะไร

แนวคำตอบ ครูอภิปรายความหมายของพอลิเมอร์ด้วยการนำเสนอสร้อยที่ร้อยด้วยลูกบิดที่มีสีเดียวกันและต่างสีกัน เมื่อลูกบิดเปรียบเทียบได้กับมอนอเมอร์ และการนำลูกบิดมาร้อยเป็นสร้อยเส้นยาวเปรียบเทียบได้เป็นสารพอลิเมอร์ถูกเชื่อมด้วยพันธะโคเวเลนต์ เพื่อให้ นักเรียนสามารถสรุปได้ว่า พอลิเมอร์ คือ สารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยเล็ก ๆ

ของสารที่อาจจะเหมือนกันหรือต่างกันมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ โดยที่มอนอเมอร์ (Monomer) คือ หน่วยเล็ก ๆ ของสารในพอลิเมอร์

- พอลิเมอร์ แบ่งได้กี่ประเภท อะไรบ้าง ใช้เกณฑ์อะไรในการแบ่ง

แนวคำตอบ พอลิเมอร์ แบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) แบ่งตามการเกิด ได้แก่ พอลิเมอร์ธรรมชาติ และพอลิเมอร์สังเคราะห์

2) แบ่งตามชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ พอลิเมอร์เอกพันธ์หรือโฮโมพอลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน และพอลิเมอร์ร่วมหรือโคพอลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน

3) แบ่งตามโครงสร้างของพอลิเมอร์ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ พอลิเมอร์แบบเส้น พอลิเมอร์แบบกิ่ง และพอลิเมอร์แบบร่างแห

- พอลิเมอร์เกิดได้อย่างไร

แนวคำตอบ พอลิเมอร์เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์ โดยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) คือ กระบวนการเกิดสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (พอลิเมอร์) จากสารที่มีโมเลกุลเล็ก (มอนอเมอร์) แบ่งเป็น เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเติมและปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น

- การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเติมและปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่นต่างกันอย่างไร

แนวคำตอบ ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเติม คือ ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่เกิดจากมอนอเมอร์ของสารอินทรีย์ชนิดเดียวกันที่มี C กับ C จับกันด้วยพันธะคูมารวมตัวกันเกิดสารพอลิเมอร์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น แต่ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น(Condensation polymerization reaction) คือปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่เกิดจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ ทำปฏิกิริยากันเป็นพอลิเมอร์และสารโมเลกุลเล็ก เช่น น้ำ ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ เมทานอล เกิดขึ้นด้วย

- พลาสติกเป็นพอลิเมอร์หรือไม่ ถ้าเป็นพอลิเมอร์จัดเป็นพอลิเมอร์ประเภทใด

แนวคำตอบ พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ มวลโมเลกุลมาก เป็นสารที่สามารถทำให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ด้วยความร้อน ซึ่งถ้าแบ่งตามการเกิดจัดเป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์มาจากปิโตรเลียม ถ้าแบ่งตามชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบเป็นได้ทั้งโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ และถ้าแบ่งตามโครงสร้างของพอลิเมอร์เป็นได้ทั้งแบบกิ่ง แบบเส้น และแบบร่างแห

- พลาสติกมีกี่ประเภท แต่ละประเภทเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เทอร์โมเซตติง : พลาสติกประเภทนี้จะมีการขึ้นรูปทรงที่ถาวรเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และเทอร์โมพลาสติก :

พลาสติกประเภทนี้เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่มและเมื่อเย็นลงจะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆ ได้

12. แต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลที่เตรียมให้เพื่อเป็นการสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยศึกษาใบความรู้ที่ 3 พลาสติกชีวภาพ และใบความรู้ที่ 4 แฉ่ง

13. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปและพลาสติก พร้อมทั้งบันทึกความรู้จากใบความรู้ลงในสมุด โดยครูใช้คำถามในการนำอภิปรายเพื่อสร้างความเข้าใจที่มีร่วมกัน ต่อไปนี้

- พลาสติกชีวภาพ คืออะไร

แนวคำตอบ เป็นพลาสติกย่อยสลายได้โดยการฝังกลบและโดยการกระทำของจุลินทรีย์ และหาใหม่ทดแทนได้

- เราสามารถพลาสติกชีวภาพได้หรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ได้ โดยใช้แป้งจากพืชนำมาละลายในกรดอินทรีย์จะมีลักษณะเป็นสารละลายเหนียวใสคล้ายวุ้นและใสสารเพิ่มความยืดหยุ่น สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นพลาสติกได้

14. นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาสถานการณ์ลงในใบกิจกรรม

ขั้นที่ 3 การวางแผน

15. ก่อนการวางแผนในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้นักเรียนดูวีดิทัศน์เกี่ยวกับตัวอย่างในการผลิตพลาสติกชีวภาพด้วยวิธีการต่างๆ และแบ่งต่างชนิดกัน เรื่อง Biodegradable Plastic Made From Starch (ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=w1F617l6qFQ>) และเรื่อง Bioplastics (ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=iIPJk0yI5vQ>)

16. แต่ละกลุ่มสืบค้นวิธีการผลิตพลาสติกชีวภาพนอกเหนือจากที่ครูเตรียมไว้เพิ่มเติมจากอินเทอร์เน็ตเพื่อเป็นการสร้างแนวทางการแก้ปัญหาในการผลิตพลาสติกชีวภาพให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

17. ครูชี้แจงวัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีให้เลือกใช้ รวมถึงข้อควรระวังต่างๆ โดยมีสารที่เกี่ยวข้องให้เลือกใช้ ดังนี้ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้า น้ำส้มสายชู กรดไฮโดรคลอริก น้ำมันพืช และกลีเซอริน

18. แต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาร่วมกันเลือกชนิดของแป้งและสารที่จะใช้ และเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดเพื่อนำมาวางแผนการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพที่ใช้ในการนำไปทำถุงเพาะชำ

19. วาดแบบร่างของถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพโดยต้องกำหนดความกว้าง ความสูง ปริมาตร และสี โดยคำนึงถึงการใช้งานและความสวยงาม

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง

20. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนเพื่อสร้างวิธีการทางเลือกอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ โดยอาจปรับเปลี่ยนชนิดแป้ง ปริมาณสาร วัสดุอุปกรณ์ หรือวิธีการในการผลิตพลาสติกชีวภาพเพื่อให้ออกผลตรงกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตพลาสติกชีวภาพ

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง

21. ก่อนทำการผลิตแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการผลิตพลาสติกชีวภาพตามที่วางแผนไว้ทั้ง 2 วิธีการ

22. ทำการผลิตพลาสติกชีวภาพโดยใช้วิธีการตามที่กลุ่มได้พิจารณาว่าเป็นวิธีการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอาจเป็นการผลิตตามแผนแรกหรือแผนสำรองที่วางไว้

23. นักเรียนนำแผ่นฟิล์มที่ผลิตมาทดสอบค่าความต้านแรงดึงสูงสุด เปอร์เซ็นต์การยืดตัว ความสามารถในการฉีกหรือพับเก็บ และระยะเวลาในการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพพร้อมบันทึกผลลงในตาราง

24. ถ้าผลการทดสอบไม่เป็นไปตามที่กำหนดให้นักเรียนสามารถปรับปรุงได้เป็นครั้งสุดท้าย

25. นำแผ่นฟิล์มที่ผ่านการทดสอบไปทำถุงเพาะชำตามแบบร่างที่วางไว้

ขั้นที่ 6 การประเมิน

26. แต่ละกลุ่มนำเสนอถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ โดยนำเสนอในหัวข้อต่างๆ ดังนี้ เลือกวิธีการผลิตตามแผนแรกหรือแผนสำรองพร้อมบอกเหตุผล รวมถึงเหตุผลในการเลือกชนิดแป้งและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วิธีการผลิต ผลการทดสอบคุณสมบัติ การขึ้นรูปเป็นถุงเพาะชำ รวมถึงปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

26. ครูและนักเรียนร่วมกันประเมินถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ โดยครูเป็นผู้บันทึกคะแนน

27. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ โดยครูใช้คำถาม ดังนี้

- นักเรียนคิดว่าถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพสามารถใช้ได้จริงหรือไม่ และสามารถแก้ปัญหาขยะที่เกิดจากถุงเพาะชำที่มีขายตามท้องตลาดได้หรือไม่ อย่างไร
- นักเรียนคิดว่าถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพที่นักเรียนแต่ละกลุ่มผลิตขึ้นเป็นพลาสติกประเภทใด

28. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการนำพลาสติกไปใช้ประโยชน์

- การนำใยแก้วลงไปในพลาสติกจะได้ไฟเบอร์กลาสที่ทนแรงกระแทก
- การทำให้เกิดฟองอากาศในพลาสติกจะได้โฟม

7. ชิ้นงาน

1. ใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติกชีวภาพ
2. ฎงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ
3. สมุดจดบันทึก

8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ เรื่อง พอลิเมอร์
2. ใบความรู้ เรื่อง พลาสติก
3. ใบความรู้ เรื่อง พลาสติกชีวภาพ
4. ใบความรู้ เรื่อง แป้ง
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี เล่ม 5
6. วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ในการผลิตชิ้นงาน
7. วิดีทัศน์ เรื่อง Plastic Pollution: How Humans are Turning the World into Plastic
8. วิดีทัศน์ เรื่อง Bioplastics
9. วิดีทัศน์ เรื่อง Biodegradable Plastic Made From Starch
10. หนังสืออ่านเพิ่มเติมและข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

9. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายความหมายของพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ รวมถึงพอลิเมอร์ธรรมชาติและพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้ 2. สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับสมบัติของพอลิเมอร์ 3. สามารถอธิบายความหมายของพลาสติกและสมบัติของพลาสติกแต่ละประเภทได้ 4. สามารถอธิบายเชื่อมโยงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ	- ตรวจใบกิจกรรม - ตรวจสมุดบันทึก	- ใบกิจกรรม - สมุดบันทึก

จุดประสงค์	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
ด้านทักษะ 1. สามารถออกแบบถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพได้ 2. สามารถผลิตพลาสติกชีวภาพ 3. สามารถทดสอบสมบัติทางกายภาพและการย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ 4. สามารถคำนวณปริมาณสาร เทียบอัตราส่วนสารที่ใช้ และหาปริมาตรของถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพได้ 5. สามารถใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำพลาสติกชีวภาพ	- ตรวจใบกิจกรรม - ประเมินชิ้นงาน	- ใบกิจกรรม - แบบประเมินชิ้นงาน
ด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 1. สามารถสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2. สามารถเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา 3. สามารถรักษาระเบียบของกลุ่ม และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	- สังเกตพฤติกรรมตามสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ	- แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ มีความมุ่งมั่นและตั้งใจในการเรียน	- สังเกตพฤติกรรมนักเรียน	- แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน

กลุ่ม ที่	หัวข้อการประเมิน																รวม
	การตอบคำถาม				ความตั้งใจเรียน				การเข้าเรียน				การส่งงาน				
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	

ระดับคุณภาพ

คะแนน 12 – 15 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 8 – 11 หมายถึง ดี

คะแนน 4 – 7 หมายถึง พอใช้

คะแนน 0 - 3 หมายถึง ปรับปรุง

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวสายชล สุกร)

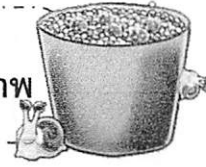
วันที่...../...../.....

รายละเอียดเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

หัวข้อ การประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน			
	3	2	1	0
1. การตอบ คำถาม	มีส่วนร่วมในการ ตอบคำถามทุก ครั้ง และตอบ คำถามได้อย่าง ถูกต้อง	มีส่วนร่วมในการ ตอบคำถาม บางครั้ง และตอบ คำถามอย่าง ถูกต้อง	มีส่วนร่วมในการ ตอบคำถาม บางครั้ง แต่ตอบ คำถามไม่ถูกต้อง	ไม่มีส่วนร่วมใน การตอบคำถาม
2. ความตั้งใจ เรียน	- ตั้งใจฟังที่ครูสอน - ตั้งใจทำงานที่ ได้รับมอบหมาย - ถามเมื่อมีข้อ สงสัย - ไม่ส่งเสียงดังหรือ หยอกล้อกันขณะ เรียน - ไม่เล่น โทรศัพท์มือถือ ขณะเรียน	ขาด 1 คุณลักษณะ หรือไม่ชัดเจน	ขาด 2 คุณลักษณะ หรือไม่ชัดเจน	ขาดมากกว่า 2 คุณลักษณะขึ้นไป หรือไม่ชัดเจน
3. ความซื่อสัตย์	ตอบคำถาม บันทึกผลการ ทดลองตามความ เป็นจริง ไม่ลอก งานผู้อื่น	ตอบคำถาม บันทึกผลการ ทดลองตามความ เป็นจริง แต่ลอก งานผู้อื่น	ตอบคำถามและ บันทึกผลการ ทดลองบิดเบือน ความเป็นจริงและ ลอกงานผู้อื่น	ไม่ตอบคำถาม และ บันทึกผลการ ทดลองตามความ เป็นจริง
4. การเข้าเรียน	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนช้า 1-5 นาที	เข้าเรียนช้า 6-10 นาที	เข้าเรียนช้า มากกว่า 10 นาที
5. การส่งงาน	ส่งงานตาม กำหนดเวลา	ส่งงานล่าช้า แต่ ส่งภายในวันที่ กำหนด	ส่งงานล่าช้า 1 วัน	ส่งงานล่าช้า มากกว่า 1 วัน

ชื่อกลุ่ม..... ชั้น.....

ใบกิจกรรม เรื่อง พลาสติกชีวภาพ



จุดประสงค์ของกิจกรรม

นักเรียนสามารถผลิตพลาสติกชีวภาพได้

คำชี้แจง

ให้นักเรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์พร้อมตอบคำถามที่กำหนดให้

สถานการณ์

ปัจจุบันพอลิเมอร์เป็นสารที่เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะพลาสติก แม้กระทั่งวงการเกษตรที่อยู่ใกล้ชิดกับธรรมชาติมากที่สุดก็ยังหนีพลาสติกไม่พ้น เช่น ท่อส่งน้ำ พลาสติกที่เป็นบรรจุภัณฑ์ของสารเคมีทางการเกษตร และพลาสติกทางการเกษตรที่เห็นกันอยู่ใกล้ตัวไม่ว่าจะเป็นเกษตรกรหรือไม่ก็ตาม คือ ถุงเพาะต้นชำกล้าต้นไม้ ซึ่งเป็นถุงที่ถูกใช้เป็นจำนวนมากเมื่อใช้เสร็จกลายเป็นขยะเพราะไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ แถมสลายตัวได้ยากทำให้ยากต่อการกำจัดเนื่องจากเมื่อเผาจะก่อให้เกิดควันที่เป็นแก๊สพิษ และหากนำไปฝังก็จะทำให้ดินบริเวณนั้นเสื่อมสภาพไม่สามารถเพาะปลูกได้

ดังนั้นนักเรียนจะทำอย่างไรที่จะทำให้ถุงเพาะชำสามารถย่อยสลายได้ง่ายขึ้นและมีคุณสมบัติที่เหมาะสม(สามารถม้วนหรือพับได้และมีความต้านทานแรงดึงสูง) เพื่อลดขยะที่เกิดขึ้นจากการใช้ถุงเพาะชำใน

1. หน้าที่ของสมาชิก (หัวหน้า, เลขานุการ, ผู้ค้นคว้าข้อมูล, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์, ผู้นำเสนอผลงาน)

ชื่อ	หน้าที่	เหตุผล
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

2. ปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร

.....

.....

.....

3. สาเหตุของปัญหา คืออะไร

.....

.....

.....

4. เจ็อนไซของสถานการณื คืออะไร

.....

.....

.....

5. นักเรียนได้นำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์อะไรบ้างมาช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณืนี้

SCIENCE		
TECHNOLOGY	ENGINEERING	MATHEMATICS

6. การวางแผนและการดำเนินการ (Plan A)

6.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี	จำนวน	เหตุผลที่เลือก

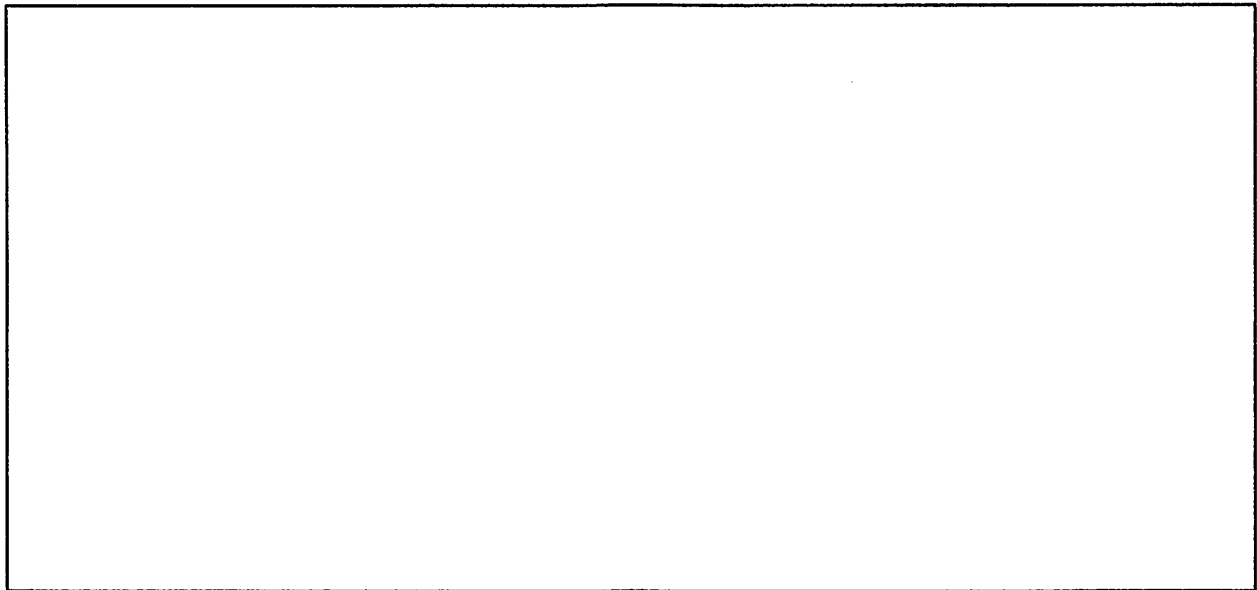
6.2 วิธีการขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ

7. การวางแผนสำรอง (Plan B)

7.1 เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี	จำนวน	เหตุผลที่เลือก

7.2 วิธีการขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพ



8. วาดรูปแบบร่าง 3 มิติ ของถุงเพาะชำจากพลาสติกชีวภาพ พร้อมอธิบายรายละเอียด เช่น ความสูง ความกว้าง เส้นผ่านศูนย์กลาง สี เป็นต้น

9. ผลการทดสอบค่าความต้านแรงดึงสูงสุด การยืดตัว และความสามารถในการม้วนหรือพับเก็บ และระยะเวลาในการเริ่มย่อยสลายของพลาสติกชีวภาพ

ครั้งที่	ชนิดของสารและปริมาณสารที่ใช้	ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (นิวตัน)	ความสามารถในการม้วนหรือพับ	ระยะเวลาในการเริ่มย่อยสลาย (วัน)
1				
2				
3				
เฉลี่ย				

คำถามท้ายกิจกรรม

1. พลาสติกคืออะไร มีกี่ประเภท แต่ละประเภทมีคุณสมบัติอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ถุงเพาะชำที่ผลิตขึ้นจากแป้งมันสำปะหลังเป็นพลาสติกประเภทใด เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
ผลงาน			
การนำเสนอผลงาน			
การบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและ วิศวกรรมศาสตร์			
รวม			

เกณฑ์การประเมิน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
ผลงาน	ดูเฉพาะซ้ำจากพลาสติก ชีวภาพสามารถใช้งาน ได้จริง สามารถย่อย สลายได้ มี ความสามารถในการ ม้วนหรือพับเก็บโดยไม่ แตก มีความยืดหยุ่นสูง และมีค่าความต้านแรง ดึงสูงสุดตั้งแต่ 4 N ขึ้น ไป	ดูเฉพาะซ้ำจากพลาสติก ชีวภาพสามารถใช้งาน ได้จริง สามารถย่อย สลายได้ มี ความสามารถในการ ม้วนหรือพับเก็บโดยไม่ แตก มีความยืดหยุ่น ปานกลาง และมีค่า ความต้านแรงดึงสูงสุด ได้ตั้งแต่ 1- 3 N	ดูเฉพาะซ้ำจากพลาสติก ชีวภาพที่ผลิตไม่สามารถ ใช้งานได้จริง ไม่สามารถ ย่อยสลายได้ ไม่มี ความสามารถในการม้วน หรือพับเก็บโดยไม่แตก ไม่ มีความยืดหยุ่น หรือมีค่า ความต้านแรงดึงสูงสุดได้ น้อยกว่า 1 N
การนำเสนอผลงาน	สามารถนำเสนอผลงาน ได้อย่างน่าสนใจ มีการ อธิบายขั้นตอนการทำ และอธิบายเหตุผลใน การเลือกใช้วัสดุต่างๆ ชัดเจนเข้าใจง่าย	สามารถนำเสนอผลงาน ได้อย่างน่าสนใจ แต่การ อธิบายขั้นตอนการทำ และอธิบายเหตุผลใน การเลือกใช้วัสดุต่างๆ ไม่ชัดเจน	ไม่สามารถนำเสนอผลงาน ให้น่าสนใจ และการ อธิบายขั้นตอนการทำและ อธิบายเหตุผลในการ เลือกใช้วัสดุต่างๆไม่ ชัดเจนเข้าใจยาก

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
การบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์	สามารถอธิบายความรู้ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ใน การแก้ปัญหาได้ชัดเจน และถูกต้องครบทั้ง 4 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ใน การแก้ปัญหาได้ชัดเจน และถูกต้องครบทั้ง 1-3 ด้าน	ไม่สามารถอธิบายความรู้ ทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ใน การแก้ปัญหา

ใบความรู้ที่ 1 พอลิเมอร์

พอลิเมอร์ เป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ มวลโมเลกุลสูงมาก มีจุดหลอมเหลวไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์เกิดจากการรวมตัวกันของสารตั้งต้นโมเลกุลเล็ก ๆ จำนวนมาก สารตั้งต้นเหล่านี้ เรียกว่า มอนอเมอร์ พอลิเมอร์มีทั้งส่วนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และส่วนที่สังเคราะห์ขึ้น บางชนิดมีโครงสร้างที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน ตัวอย่างของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติได้แก่ ยางธรรมชาติ เซลลูโลส โปรตีน และแป้ง ซึ่งมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก สำหรับพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นได้แก่ พอลิเอทิลีน พอลิไวนิลคลอไรด์ และ พอลิสไตรีน เป็นต้น

มอนอเมอร์ (monomer) หมายถึง สารตั้งต้นที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ เป็นโมเลกุล หรือหน่วยเล็ก ๆ ที่มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ แล้วเกิดเป็นพอลิเมอร์ มอนอเมอร์ส่วนใหญ่เป็นสารที่ไม่มีมีมตัว และมีขนาดเล็ก เช่น เอทิลีน ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$) โพรพิลีน ($\text{CH}_3\text{CH} = \text{CH}_2$) และไวนิลคลอไรด์ ($\text{CH}_2 = \text{CHCl}$) เป็นต้น

พอลิเมอร์ แบ่งตามเกณฑ์ต่าง ๆ ดังนี้

แบ่งตามการเกิด

- ก. พอลิเมอร์ธรรมชาติ เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น โปรตีน แป้ง เซลลูโลส ยางธรรมชาติ
- ข. พอลิเมอร์สังเคราะห์ เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากการสังเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น พลาสติก ไนลอน คาร์บอนและลูไซต์

แบ่งตามชนิดของมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบ

- ก. โฮมอโพลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน เช่น แป้ง พอลิเอทิลีน PVC
- ข. โคพอลิเมอร์ เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ต่างชนิดกัน เช่น โปรตีน พอลิเอสเทอร์

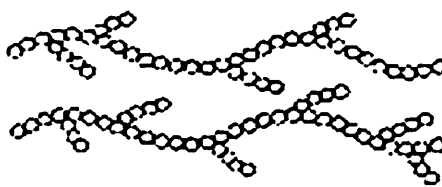
โครงสร้างของพอลิเมอร์

- ก. พอลิเมอร์แบบเส้น



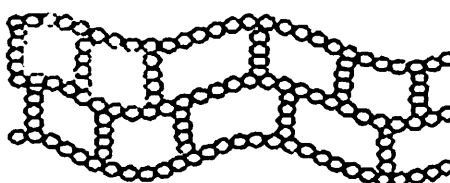
เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์สร้างพันธะต่อกันเป็นสายยาว โซ่พอลิเมอร์เรียงชิดกันมากกว่า โครงสร้างแบบอื่น ๆ จึงมีความหนาแน่น และจุดหลอมเหลวสูง มีลักษณะแข็ง ชุ่มเหนียวกว่าโครงสร้างอื่นๆ ตัวอย่าง PVC พอลิสไตรีน พอลิเอทิลีน

ข. พอลิเมอร์แบบกึ่ง



เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ยึดกันแตกกิ่งก้านสาขา มีทั้งโซ่สั้นและโซ่ยาว กิ่งที่แตกจาก พอลิเมอร์ของโซ่หลัก ทำให้ไม่สามารถจัดเรียงโซ่พอลิเมอร์ให้ชิดกันได้มาก จึงมีความหนาแน่นและจุดหลอมเหลวต่ำยืดหยุ่นได้ ความเหนียวต่ำ โครงสร้างเปลี่ยนรูปได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ตัวอย่าง พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ

ค. พอลิเมอร์แบบร่างแห



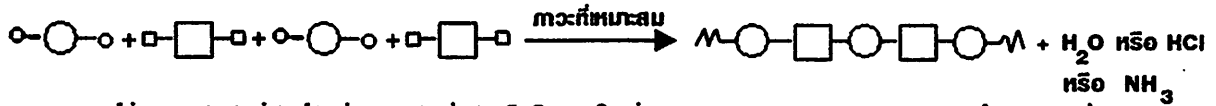
เป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากมอนอเมอร์ต่อเชื่อมกันเป็นร่างแห พอลิเมอร์ชนิดนี้มีความแข็งแรง และเปราะหักง่าย ตัวอย่างเบกาไลต์ เมลามีนใช้ทำถ้วยชาม

3.1 ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์

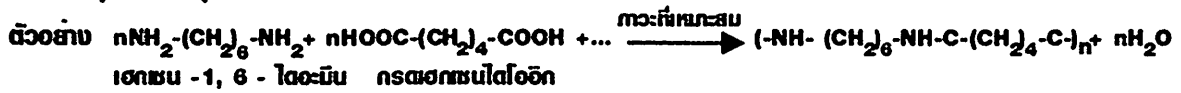
ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์หรือปฏิกริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน หมายถึง ปฏิกริยาที่เกิดจากมอนอเมอร์มารวมกันเป็นพอลิเมอร์

ปฏิกริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

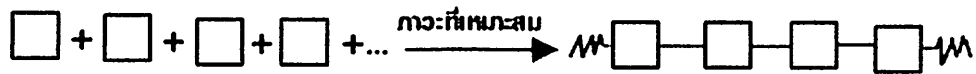
ก. ปฏิกริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบควบแน่น (Condensation polymerization) หมายถึง ปฏิกริยาที่เกิดจากมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ มาทำปฏิกริยากัน และเกิดผลิตภัณฑ์เป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ด้วย เช่น H_2O , HCl , NH_3 , CH_3OH เป็นต้น ตัวอย่างของปฏิกริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น



มอนอเมอร์ต่างชนิดกันนี้หล่อกันต่างชนิดกันเป็นโมเลกุลใหญ่ และมีโมเลกุลเล็กอื่นหลุดออกมาด้วย \longrightarrow พอลิเมอร์แบบควบแน่น



ข. ปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเติม (addition polymerization) หมายถึง ปฏิกริยาที่เกิดจากมอนอเมอร์มารวมกันโดยไม่มีสารโมเลกุลเล็ก ๆ เกิดขึ้น ส่วนใหญ่จะเกิดจากมอนอเมอร์ที่เป็นสารอินทรีย์ไม่อิ่มตัว เช่น เอทิลีน โพรพิลีน ไวนิลคลอไรด์ และสไตรีน เป็นต้น



มอนอเมอร์ทุกหน่วยมาต่อกันโดยไม่มีสิ่งใดหลุดออกมา \longrightarrow พอลิเมอร์แบบเติม



ใบความรู้ที่ 2 พลาสติก

พลาสติก หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น เราอาจสังเคราะห์พลาสติกชนิดต่าง ๆ ได้มากมาย โดยการเติมสารเคมีชนิดต่าง ๆ เข้าไปโดยใช้สัดส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

พลาสติกประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นสายยาวเหมือนโซ่ สายโมเลกุลเหล่านี้จะเกี่ยวพันกัน ทำให้พลาสติกแข็งแรง แต่กว่าจะดึงสายโมเลกุลพลาสติกให้แยกจากกันได้ก็ต้องใช้แรงมากพอสมควร กระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กมาต่อรวมกันเข้าจนมีขนาดใหญ่ขึ้นนั้น เรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ (polimerisation) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติก (catalyst) กระตุ้นให้โมเลกุลขนาดเล็ก มายืดต่อเข้าด้วยกัน

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เทอร์โมเซตติง (thermosetting)
2. เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic)

เทอร์โมเซตติง (thermosetting) พลาสติกประเภทนี้จะมีรูปทรงที่ถาวรเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยให้ความร้อน ความดันหรือตัวเร่งปฏิกิริยา การขึ้นรูปทำได้ยากและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีต้นทุนการผลิตสูงรวมทั้งการใช้งานค่อนข้างจำกัด ทำให้ในปัจจุบันมีใช้ในอุตสาหกรรมไม่กี่ประเภท ได้แก่ เมลามีน ฟีนอลิก ยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์ โพลีเอสเทอร์ที่ไม่อิมิตัวเป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะใช้ผลิตเครื่องครัว ชิ้นส่วนปลั๊กไฟ ชิ้นส่วนรถยนต์ และชิ้นส่วนในเครื่องบิน เป็นต้น



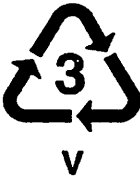



เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) พลาสติกประเภทนี้เมื่อได้รับความร้อนหรือความดันระหว่างกระบวนการขึ้นรูป จะเปลี่ยนแปลงสถานะทางกายภาพ กล่าวคือ เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่มและเมื่อเย็นลง จะแข็งตัวโดยที่โครงสร้างทางเคมีจะไม่เปลี่ยนแปลงทำให้พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำๆได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาขึ้นรูปได้ง่ายด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ และมีหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้งานได้กว้างขวาง ปัจจุบันมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมประเภทของเด็กเล่น ดอกไม้ประดิษฐ์ บรรจุภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ และผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ พลาสติกประเภทนี้ได้แก่ โพลีเอทิลีน (PE), โพลีโพรพิลีน (PP), โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC), โพลิสไตรีน (PS), โพลีเอทิลีนเทเรพทาเลต (PET) เป็นต้น

ในประเทศไทยนิยมใช้พลาสติกจำพวกเทอร์โมพลาสติกกันมากที่สุดเนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายประเภทโดยเฉพาะด้านบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีการผลิตในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น

- โพลีเอทิลีน (PE) ผลิตเป็นถุงพลาสติกทั้งร้อนและเย็น ขวด, ถัง และฟิล์มพลาสติก ประเภทอ่อนนุ่ม กระสอบพลาสติก เป็นต้น

- โพลีโพรพิลีน (PP) นิยมผลิตเป็นถุงบรรจุอาหาร และเสื้อผ้าสำเร็จรูป กระสอบพลาสติก เป็นต้น
- โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) และโพลิสไตรีน (PS) นิยมผลิตเป็นถัง ถุงบรรจุผักสด ผลไม้ และเนื้อสัตว์บางชนิด เป็นต้น

ชนิดพลาสติกรีไซเคิล

ชนิดพลาสติก	สัญลักษณ์	จุดหลอมเหลว (°C)	ความหนาแน่น
PET	 PETE	250-260	1.38-1.39
HDPE	 HDPE	130	0.95-0.97
PVC	 V	75-90	1.15-1.35
LDPE	 LDPE	110	0.92-0.94
PP	 PP	160-170	0.90-0.91
PS	 PS	70-115	1.05-1.07

แหล่งอ้างอิง

<http://www.husky.ca/markets/preforms-0-120.html>

<http://www.fastmoving.co.za/>

<http://www.sks-science.com/plastic-laboratory-bottles-p-968.html>

http://images.asia.ru/img/alibaba/photo/50446224/PVC_Tubes.jpg

<http://www.thedailygreen.com/green-homes/latest/recycling-symbols-plastics-460321>

http://images.asia.ru/img/alibaba/photo/51621057/PVC_Bag.jpg

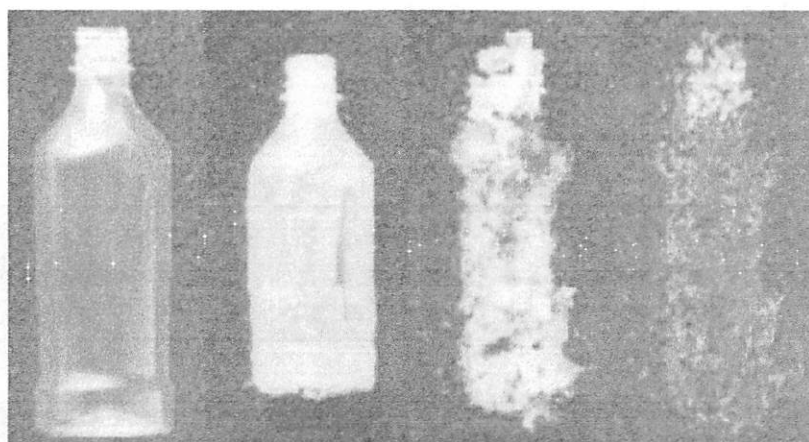
<http://www.chin-tai.com.tw/images/jsa-01.gif>

ใบความรู้ที่ 3 พลาสติกชีวภาพ

“Biodegradable plastic”

ตามข้อกำหนด ISO 472:1988 พลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ หมายถึง พลาสติกที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีบางประการภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดโดยการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีนั้นเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ

ตามข้อกำหนด ASTM D20.96 กล่าวว่า พลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ คือ พลาสติกที่สามารถถูกตัดพันธะของสายโพลิเมอร์ได้ผ่านทางปฏิกิริยาเคมี ชีวภาพ และกายภาพ ภายใต้สภาวะที่ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างของพลาสติก



ภาพพลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ

ที่มา : <http://www.theinnovationdiaries.com/998/the-truth-about-biodegradable-plastic/>⁽⁴⁾

พลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพถูกจำแนกออกเป็น 4 ประเภทโดยใช้หลักเกณฑ์การจำแนกจากกระบวนการสังเคราะห์และแหล่งของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. โพลิเมอร์ที่ได้มาจากวัตถุดิบที่เป็นมวลชีวภาพ (biomass) ได้แก่ วัตถุดิบที่เป็นพอลิแซคคาไรด์ที่ได้จากแป้งข้าวสาลี แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโพด หรือ วัตถุดิบที่เป็นผลิตภัณฑ์ลิกโนเซลลูโลส เช่น ฟาง ไม้ เป็นต้น นอกจากนั้นยังรวมไปถึงวัตถุดิบในกลุ่มของไคโตซานและไคติน ซึ่งเมื่อนำมาละลายในกรดอินทรีย์จะมีลักษณะเป็นสารละลายเหนียวใสคล้ายวุ้นและสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นพลาสติกได้ หรือวัตถุดิบในกลุ่มคอลลา-เจนและเจลาตินที่สกัดได้จากโปรตีนพืชและสัตว์ก็สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นพลาสติกได้เช่นกัน

2. โพลิเมอร์ที่ได้มาจากการผลิตจากจุลินทรีย์ ได้แก่ โพลิเมอร์ในกลุ่ม PHAs เช่น Poly(hydroxybutyrate) (PHB) และ Poly(hydroxybutyrate cohydroxyvalerate) (PHBV) เป็นต้น⁽⁵⁾

3. โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการทางเคมี ที่ใช้วัตถุดิบที่เป็นโมโนเมอร์ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น โดยเมื่อผ่านกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพแล้วจะเปลี่ยนแป้งที่ได้จากวัตถุดิบไปเป็นน้ำตาลและเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นโมโนเมอร์ ซึ่งก็คือ กรดแลคติก (Lactic acid) และนำกรดแลคติกที่ได้มาต่อเชื่อมเป็นโพลีเมอร์สายยาว ซึ่งโพลีเมอร์ประเภทนี้คือ Poly lactic acid (PLA)(6)

4. โพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นจากโมโนเมอร์หรือโพลีเมอร์จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นโซ่สายตรง เช่น Poly(butylene succinate) (PBS) ที่ได้จากโมโนเมอร์คือกรดซัคซินิกและ 1,4-บิวเทนไดออล และกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นวงอะโรมาติก เช่น Poly butylene adipate/terephthalate) (PBAT) เป็นต้น(6)

จากการจำแนกประเภทตามที่กล่าวมาข้างต้นจะสังเกตเห็นได้ว่าพลาสติกที่ถูกย่อยสลายได้ทางชีวภาพเฉพาะประเภทที่ 4 เท่านั้นที่ไม่ได้สังเคราะห์ขึ้นจากวัตถุดิบที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถสร้างทดแทนใหม่ได้ หรือที่เรียกว่า “Renewable resources” แต่ทั้ง 4 ประเภท สามารถถูกย่อยสลายได้ภายใต้กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพหรือที่เรียกว่า “Biodegradation” กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพเป็นกระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย รา ยีสต์ แอคติโนมัยซิส เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพจึงนำไปสู่การหมุนเวียนของคาร์บอน และหากมีการย่อยสลายต่อไปได้อย่างสมบูรณ์ จะได้ผลผลิตสุดท้ายเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ สารอนินทรีย์ และมวลชีวภาพ

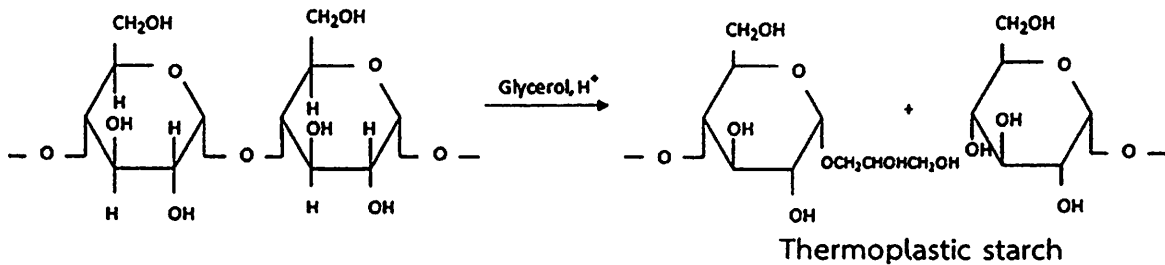
และจากพลาสติกที่ย่อยสลายง่ายทั้ง 4 ประเภทนั้น ประเภทที่ 1 คือพลาสติกย่อยสลายเองที่ทำได้ง่าย โดยมีรายละเอียด ดังหัวข้อต่อไป

พลาสติกที่ถูกย่อยสลายที่เราสามารถทำเองได้ง่าย

คือ โพลีเมอร์ที่ได้มาจากวัตถุดิบที่เป็นมวลชีวภาพ (biomass) หรือเรียกว่าเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (Thermoplastic starch) เป็นพลาสติกชีวฐาน (Bio-based plastic)

- จัดอยู่ในกลุ่มที่มาจากธรรมชาติโดยตรง ไม่เป็นพิษ
- ย่อยสลายได้โดยการฝังกลบและโดยการกระทำของจุลินทรีย์และหาใหม่ทดแทนได้
- พืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง และถั่วต่างๆ พืชเหล่านี้มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก และเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช
- โดยทั่วไปแล้วแป้งไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยกระบวนการทางความร้อนเหมือนพลาสติกทั่วไป เนื่องจากเกิดการไหม้และเสื่อมสภาพก่อนหลอม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาแป้งให้เป็นเทอร์โมพลาสติกเพื่อให้สามารถขึ้นรูปได้โดยกระบวนการเดียวกับพลาสติกทั่วไป

- เมื่อนำมาละลายในกรดอินทรีย์จะมีลักษณะเป็นสารละลายเหนียวใสคล้ายวุ้นและใส่สารเพิ่มความยืดหยุ่น สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นพลาสติกได้
- โครงสร้างและสมบัติของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช



ภาพตัวอย่างโครงสร้างของเทอร์โมพลาสติกสตาร์ช^[3]

สมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ

การเลือกแผ่นฟิล์มพลาสติกไปใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องมีการพิจารณาสมบัติที่เหมาะสม เช่น การทดสอบแรงดึง การทดสอบความสามารถในการม้วนหรือพับ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

1. การทดสอบแรงดึง (Tension test) เป็นการทดสอบความสามารถในการรับแรงดึงของ วัสดุ ซึ่งการทดสอบแรงดึง มีวัตถุประสงค์ เพื่อวัดสมบัติความต้านทานของวัสดุต่อแรงดึง ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ในการ ทดสอบจะเป็นการใช้แรงดึงที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอตั้งขึ้นงานให้ยืดออกและขาดในที่สุด โดยปกติ แล้วมักจะทดสอบกับวัสดุที่เหนียวมากกว่าเปราะ ในที่นี้จะมีการทดสอบสมบัติ ดังนี้

1.1 ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate tensile strength) ความต้านทานแรงดึง คือ ความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดนี้ สามารถบ่งชี้ได้ว่าชิ้นงานนั้นมีความสมบูรณ์หรือไม่ ถ้าชิ้นงานนั้นไม่สมบูรณ์ เช่น มีรูพรุน (Porosity) จะทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงลดลง

1.2 เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent elongation (%Strain) เปอร์เซ็นต์การยืดตัว คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงระยะของชิ้นงานตัวอย่าง ภายใต้แรงดึงเมื่อเทียบกับระยะการวัด (Gage length) ของชิ้นงานทดสอบ และยังเป็นค่าที่ใช้บอก ถึงความยืดหยุ่นของวัสดุ โดยทั่วไปวัสดุที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดมากแสดงว่าชิ้นงานนั้นสามารถเปลี่ยนรูปได้มากเมื่อได้รับแรงมากกระทำ ในทางปฏิบัติ เรามักใช้ค่าเปอร์เซ็นการยืดตัว ในการวัดความเหนียวของวัสดุ เพราะสะดวกในการวัด ซึ่งค่าเปอร์เซ็นการยืดตัว จะเป็นตัวบอกความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุ คือ ถ้าวัสดุมีความเหนียวดี (ค่าเปอร์เซ็นการยืดตัวสูง) ก็สามารถนำไปขึ้นรูป เช่น รีด ตีขึ้นรูป ดึงเป็น ลวด ฯลฯ ได้ง่าย แต่ถ้ามีความเหนียวต่ำ (เปราะ, Brittle) ก็จะนำไปขึ้นรูปยาก หรือทำไม่ได้ เปอร์เซ็นต์การยืดตัว สามารถหาจากความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การบิดตัว (\%EI)} = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\%$$

เมื่อ L_f = ความยาวของเกจหลังจากดึงจนขาด

L_o = ความยาวของเกจเริ่มต้น

2. การทดสอบความสามารถในการม้วนหรือพับ โดยการใช้แรงกดหรือบีบ แผ่น พลาสติกที่มีความเหนียวดี จะสามารถม้วน หรือพับได้ โดยไม่แตกหัก เพราะเป็นวัสดุที่อ่อนตัวได้ดี แต่ถ้ามีความเหนียวต่ำ ก็จะทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย

ที่มา

จุฬากานต์ บุญมี. พลาสติกชีวภาพทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. วารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 16 เล่มที่ 2. เข้าถึงได้จาก <http://www.eric.chula.ac.th>

ประวิทย์ สุแก้ว. (2556). ความสำคัญของแผ่นพลาสติกกับระบบก๊าซชีวภาพ. เข้าถึงได้จาก <http://greenthaibiogas.com>

เทอร์โมพลาสติกสตาร์ช (THERMOPLASTIC STARCH: TPS). เข้าถึงได้จาก http://asp.plastics.or.th:8001/Article_Detail.aspx?id=69

ใบความรู้ที่ 4 แป้ง

แป้งทำมาจากอะไร

แป้ง (flour) ได้จากการบดหรือโม่ส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เมล็ดธัญพืช หัวที่อยู่ใต้ดินทั้งที่เป็นราก สะสมอาหารและลำต้นสะสมอาหาร เมล็ดถั่วต่างๆ จนมีลักษณะเป็นผงละเอียด ดังภาพที่ 1 แป้งจึงประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมดที่พบในส่วนของพืชที่นำมาทำแป้ง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุด้วย



ภาพที่ 1 แป้งชนิดต่างๆ

แป้งประกอบด้วยอะไร

ถ้าสกัดองค์ประกอบอื่นในแป้งออกไปจนเหลือเฉพาะคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของแป้งจะเรียกส่วนที่เหลือว่า สตาร์ช (starch) สตาร์ชเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่เก็บสะสมในส่วนต่างๆ ของพืช มีโครงสร้างแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin)

โดยทั่วไปสตาร์ชจะมีอะไมโลสเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 20 – 30 และมีอะไมโลเพกทินเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 70 – 80 ซึ่งสตาร์ชที่ได้จากพืชต่างชนิดกันจะมีปริมาณ โครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินแตกต่างกันจึงทำให้แป้งจากพืชแต่ละชนิดมีสมบัติต่างกัน

อะไมโลสเป็นพอลิเมอร์สายตรงของน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาว ไม่มีการแตกแขนง โดยทั่วไปประกอบด้วยกลูโคส 300 – 3000 โมเลกุล ซึ่งแต่ละโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ชนิด $\alpha - 1,4$ (คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกลูโคสเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสโมเลกุลถัดไป)

อะไมโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาวและมีการแตกแขนง โดยทั่วไปการแตกแขนงจะเกิดขึ้นทุกๆ กลูโคส 24 – 30 โมเลกุลบนสายยาว ส่วนที่เป็นสายยาวนั้นโมเลกุลของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก ชนิด $\alpha - 1,4$ เหมือนกับอะไมโลส (amylose) และส่วนที่แตก

แขนงจะเชื่อมต่อด้วยพันธะไกลโคซิดิก ชนิด a - 1,6 (คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของกลูโคสโมเลกุลแรกของ ส่วนที่แตกแขนงเชื่อมกับคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสที่อยู่บนสายยาว)

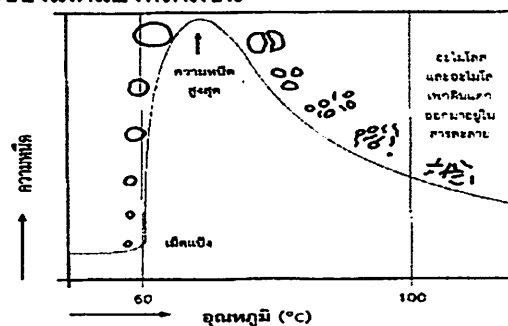
เพราะเหตุใดแป้งแต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน

ประเทศทางซีกโลกตะวันตก เช่น อเมริกาและประเทศในทวีปยุโรปมักจะใช้แป้งสาลีทำขนม แต่ ไทยใช้แป้งหลายชนิดในการทำ เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทำมาจาก พืชที่เพาะปลูกจำนวนมากในประเทศไทย แป้งแต่ละชนิดจะมีปริมาณอะไมโลสแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 2 อะไมโลสที่พบในแป้งชนิดต่างๆ

ชนิดของแป้ง	ร้อยละของอะไมโลส
แป้งข้าวเหนียว	0 - 2
แป้งมันสำปะหลัง	17-18
แป้งข้าวเจ้า	17 - 21
แป้งเท้ายายม่อม	21
แป้งสาลี	26
แป้งถั่วเขียว	31

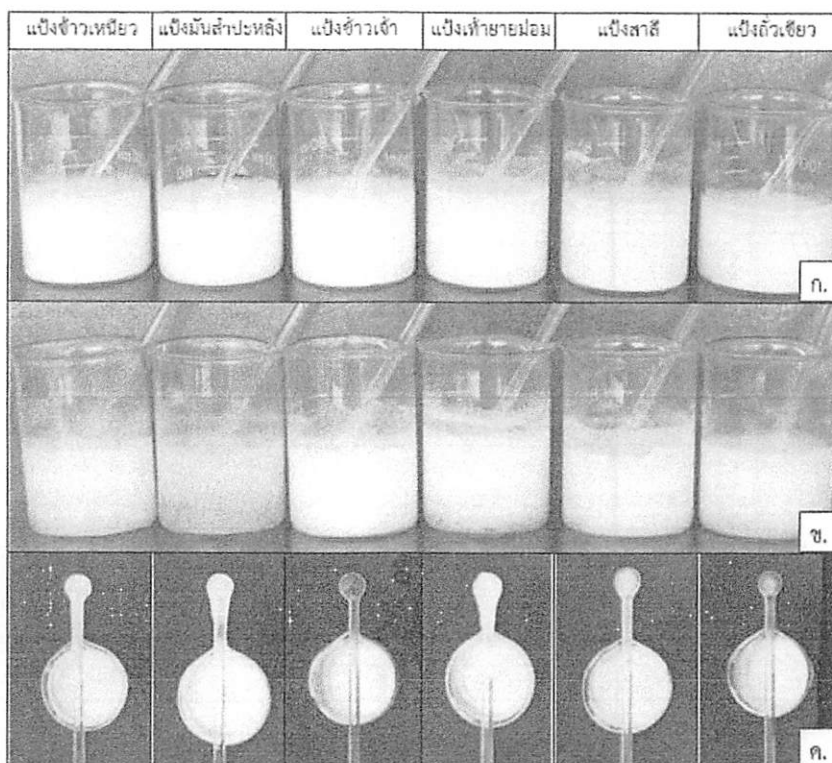
เมื่อนำแป้งได้รับความร้อน พันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลของสตาร์ชในเม็ดแป้งจะถูกทำลาย สายพอลิเมอร์ของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินที่อยู่ในเม็ดแป้งจะคลายตัวและรวมกับน้ำที่ล้อมรอบ ทำให้ เม็ดแป้งพองตัวและมีความหนืดเพิ่มสูงขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เนื่องจากเม็ดแป้งมีการ พองตัวมากที่สุด ดังภาพที่ 2

ถ้ามีการกวนหรือให้ความร้อนเป็นเวลานาน โดยความหนืดอาจลดลงหรือคงที่ขึ้นกับชนิดของแป้ง ความหนืดจะเริ่มลดลงเมื่อโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพกทินบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่ใน สารละลายมากกว่าการพองตัวของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความหนืดและอุณหภูมิ แหล่งที่มาภาพ : Sander (1996)

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด เช่น ชนิดของแป้ง สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน อุณหภูมิ ชนิดที่ทำจากแป้งต่างชนิดกันจะมีความหนืดที่แตกต่างกัน ดังนั้นความหนืดจึงเป็นสมบัติที่สำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับการนำแป้งแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ เมื่อนำแป้ง 2 ชนิดผสมกัน 50 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันแล้วนำน้ำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 น้ำแป้งจากแป้งชนิดต่างๆ ก่อนและหลังได้รับความร้อน

ก. น้ำแป้งก่อนได้รับความร้อน

ข. น้ำแป้งหลังได้รับความร้อน

ค. แป้งเกาะบนแท่งแก้วหลังได้รับความร้อน

น้ำแป้งก่อนได้รับความร้อนมีลักษณะขุ่น แต่เมื่อได้รับความร้อนแล้วจะมีลักษณะใสขึ้นและเหนียวจนเกาะติดแท่งแก้วได้ แต่จะมีลักษณะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด เช่น แป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งท้าวยาม่อมมีความหนืดมาก แต่เฉพาะแป้งมันสำปะหลังที่มีลักษณะใสขึ้น แป้งข้าวเจ้าและแป้งสาลีมีความหนืดน้อย

โดยทั่วไปแป้งที่มีอะไมโลสปริมาณสูงจะดูดน้ำช้าและมีการพองตัวช้าด้วยเช่นกัน จึงต้องใช้ อุณหภูมิสูงกว่าเพื่อให้เกิดการพองตัวอย่างสมบูรณ์ โครงสร้างและสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินในแป้งจึงมีอิทธิพลต่อสมบัติของแป้ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ลักษณะของขนมแตกต่างกัน

ที่มา : <http://biology.ipst.ac.th/?p=3266>

แบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง.....

คำชี้แจง

ให้ผู้สะท้อนผลทำการบันทึกถึงความคิดเห็น ปัญหา ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ขั้นที่ 1 การยืนยันปัญหา

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

ขั้นที่ 2 การชี้แจงปัญหา

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

ขั้นที่ 3 การวางแผน

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

ขั้นที่ 4 การวางแผนสำรอง

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

.....
.....
ขั้นที่ 5 การปรับโครงสร้าง

.....
.....
.....
.....
.....
.....
ขั้นที่ 6 การประเมิน

.....
.....
.....
.....
.....
.....
โดยภาพรวมของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยจัดขึ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือหรือไม่ เหตุใดท่านจึงคิดเช่นนั้น

.....
.....
.....
.....
.....
.....
อื่น ๆ

.....
.....
ผู้สะท้อนผล

(.....)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถาม ต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 “พลาสติกถนอมอาหาร ภัยสุขภาพที่อยู่ใกล้ตัว”

หากจัดประเภทพลาสติกคลุมอาหาร (Plastic Wrap) ตามลักษณะการใช้งานแล้ว แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ พลาสติกชนิดที่ไม่ใช้กับอาหาร (Non-food grade plastic wrap) และพลาสติกชนิดที่ใช้กับอาหาร (food grade plastic wrap) แต่ถ้าแบ่งตามชนิดของพลาสติกที่ใช้ทำจะแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิด PE หรือ พอลิเอทิลีน (Polyethylene) จะมีคุณสมบัติที่ไอน้ำจะซึมผ่านได้น้อย แต่ก๊าซจะซึมผ่านได้ดี ชนิด PVC หรือ พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinylchloride) ตัวนี้ไอน้ำหรือออกซิเจนไหลผ่านได้เหมาะที่จะใช้บรรจุอาหารสดเพื่อช่วยรักษาความสดของอาหารไว้ เช่น ปลาที่เน่าเสียง่าย และชนิด PVDC หรือ พอลิไวนิลิดีนคลอไรด์ (Polyvinylidenechloride) ซึ่งมีคุณสมบัติที่เหมือน PVC แต่ทนความร้อนได้มากกว่า

พลาสติกคลุมอาหารเป็นวัสดุที่คนนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวที่ยึดเกาะกับสิ่งต่างๆได้ดี ใช้กันอาหารสัมผัสกับอากาศ แผลง ฝุ่น กลิ่น อีกทั้งโปร่งใส ยืดหยุ่น แฉกยังแกะออกง่าย จึงเหมาะนำมาใช้ห่อหุ้มอาหารพร้อมรับประทานชนิดต่างๆ กับบรรจุภัณฑ์เพื่อโชว์ความสดใหม่ของอาหาร ยามเมื่อใครก็ตามที่ไปซื้ออาหารที่มีพลาสติกใสห่อหุ้ม หลายๆ คนคงอาจจะคิดไปก่อนเลยว่าอาหารชนิดนั้นจะต้องมีความสะอาดและพร้อมรับประทาน อันเนื่องมาจากมีการป้องกันเบื้องต้น แต่แท้ที่จริงแล้ว ‘พลาสติกถนอมอาหาร’ อาจจะเป็นภัยเงียบให้กับผู้บริโภคก็เป็นได้

โดย อ.สง่า ดามาพงษ์ ที่ปรึกษาโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กล่าวว่า คนทั่วไปจะคิดว่า พลาสติกห่อหุ้มอาหารแล้วจะมีความปลอดภัย แต่ที่จริงแล้ววัสดุชนิดนี้มีการสัมผัสกับอาหารโดยตรง ซึ่งมีโอกาสสูงมากที่สภาพกรดหรือไขมันจากอาหารที่ถูกห่อหุ้มอยู่อาจจะเป็นตัวกลางในการพาสารพิษจากพลาสติกเกิดการปนเปื้อนกับอาหาร เมื่อรับประทานอาหารนั้นเข้าไปก็จะเกิดการสะสมของสารพิษเหล่านั้น ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ได้เช่นกัน

ที่มา : <https://mgronline.com/goodhealth/detail/9610000022173>

จากสถานการณ์ในข้างต้นให้นักเรียน เป็นหนึ่งในทีมนักวิจัยในบริษัทผู้ผลิตพลาสติกรายใหญ่แห่งหนึ่งที่ได้รับมอบหมายให้ผลิตพลาสติกถนอมอาหารที่กินได้เพื่อเอาใจคนรักสุขภาพ

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว ปัญหาที่สมาชิกในทีมต้องทำการแก้ไขคืออะไร

.....

.....

.....

2. ในระหว่างที่กลุ่มของนักเรียนกำลังจะเริ่มดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาโดยการระบุประเด็นปัญหา ผลกระทบและสาเหตุของปัญหา แล้วนักเรียนสังเกตเห็นว่าเพื่อนของนักเรียนมีความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับหน้าที่ที่ได้รับ นักเรียนจะอย่างไรและทำในช่วงเวลาใด (วันที่ที่สังเกตเห็นหรือปล่อยเวลาไปสักพักจนแน่ใจมากกว่านี้) เพราะเหตุใด

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

3. ถ้าในการแบ่งหน้าที่ได้แบ่งตามความสามารถและความเหมาะสมผลปรากฏว่านักเรียนได้รับมอบหมายให้ทำหน้าที่ในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพอลิเมอร์ที่จะนำมาทำพลาสติกคลุมอาหาร แต่นักเรียนอยากทำหน้าที่ในการจัดเตรียมอุปกรณ์มากกว่า นักเรียนจะอย่างไร จงอธิบายเหตุผล

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

4. นักเรียนจะมีวิธีการวางแผนขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ข้างต้นได้อย่างไร

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

5. จากปัญหาของพลาสติกถนอมอาหารในปัจจุบันที่ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทีมงานจึงหาข้อมูลในการผลิตพลาสติกถนอมอาหารกินได้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเกิดบทสนทนาของสมาชิกทีมวิจัย ดังนี้

A : ฉันไปศึกษาข้อมูลมาน่าสนใจมากเลย เดี่ยวนี้เกษตรกรปลูกมะม่วงกันเยอะจนล้นตลาดถ้าเราเอามะม่วงดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตเยอะมาทำเป็นผงแป้งมะม่วงแล้วนำมาผลิตเป็นแผ่นฟิล์มผงมะม่วงแผ่นฟิล์มเราก็จะกินได้ไม่เกิดขยะอีกด้วย และยังมีประสิทธิภาพช่วยถนอมอาหารได้เหมือนกับฟิล์มพลาสติกสังเคราะห์อีกนะ

B : แต่ฉันว่าเอามะม่วงมาทำเป็นผงแข็งคงต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนมากกว่าจะได้ผงมา และยังต้องใช้มะม่วงเป็นจำนวนมากกว่าจะได้ผงมะม่วงที่เพียงพอนะ แถมต้องใส่สารเคมีเพิ่มความคงทนของแผ่นฟิล์มอีก แล้ว C เธอคิดว่าเราควรทำอย่างไร

C : ฉันว่าฉันเจอข้อมูลที่น่าสนใจมากเลย เป็นการนำโปรตีนจากนมหรือที่เรียกว่าเคซีนไปใช้ในการทำฟิล์มพลาสติกห่ออาหารที่สามารถกินได้ เพราะสามารถป้องกันอาหารจากออกซิเจนได้ดีกว่าฟิล์มห่ออาหารทั่วไปซึ่งมีรูพรุนมากกว่า และไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติด้วยนะ

B : แต่ฟิล์มจากเคซีนมันจะละลายหายไปกับน้ำได้นะ ถ้าไม่ใส่สารเคมีช่วยให้มีความคงทน ถ้าใส่สารเคมีผลิตภัณฑ์ของเราก็จะกินไม่ได้นะ

C : แต่เราก็สามารถใช้สารจากธรรมชาติมาแทนเพื่อให้มันมีความคงทนได้นะ เช่น การเติมเพคตินจากส้มไม้

B : แต่ฉันว่าเราเอาเจลาตินที่ใช้ทำเยลลี่มาทำเลยดีกว่าสะดวกและปลอดภัย กินได้แน่นอน

A : แต่เจลาตินมีราคาแพงเพราะต้องสกัดจากกระดูกและหนังสัตว์เลยนะ

จากบทสนทนาถ้านักเรียนเป็นทีมวิจัย จะเลือกวิธีการใดในการผลิตพลาสติกถนอมอาหารกินได้ เพราะเหตุใดจงบอกข้อดีของวิธีนั้น

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

6. เมื่อได้รับข้อตกลงเกี่ยวกับวิธีการผลิตพลาสติกถนอมอาหารกินได้ นักเรียนที่เป็นหนึ่งในทีมวิจัยได้รับมอบหมายจากหัวหน้าให้เป็นผู้จัดเตรียมอุปกรณ์ และสารเคมี นักเรียนจะต้องเตรียมอุปกรณ์และสารเคมีอะไรบ้าง

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

สถานการณ์ที่ 2 “ตะปูเรือใบกับความปลอดภัยชายแดนใต้”



สถานการณ์การก่อการร้ายในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ได้แก่ บัตตานี ยะลา และ นราธิวาส ตั้งแต่ปี 2547 ถึงปัจจุบันส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของประเทศ ประชาชนและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติการในพื้นที่ที่ไม่มีความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน การก่อการร้ายเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีวิธีการปฏิบัติการก่อการร้ายในหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบหนึ่งที่ผู้ก่อการร้ายใช้คือ การนำตะปูเรือใบโรยบนถนน ให้เป็นอุปสรรคและเป็นการถ่วงเวลาในการนำรถเข้าไปถึงจุดปฏิบัติการ แม้ว่าขณะนี้จะมีรถเก็บกวาดแต่ต้องเสียเวลาและมีค่าใช้จ่ายสูง

หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับมอบหมายจากสำนักงานความมั่นคงแห่งชาติให้ทำการวิจัยหรือสร้างนวัตกรรมยางรถที่สามารถวิ่งฝ่าตะปูเรือใบได้ แก้ว ฟ้า และเบส

โดยที่นักวิจัยประกอบด้วยสมาชิกในกลุ่มที่มีความถนัดดังนี้

สมาชิกคนที่ 1 (แก้ว) มีความเชี่ยวชาญในการคำนวณ และมีความแม่นยำในการชั่ง ตวง วัด

สมาชิกคนที่ 2 (ฟ้า) มีความละเอียดรอบคอบ และทำงานอย่างเป็นระบบ

สมาชิกคนที่ 3 (เบส) เป็นคนชอบวางแผน ทำงานอย่างเป็นระบบ มีการจัดการที่ดี

7. จากสถานการณ์ในข้างต้น ให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่มนี้ พร้อมทั้งบอกเหตุผลประกอบ (หัวหน้ากลุ่ม, เลขานุการ, ผู้จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี)

.....

.....

.....

.....

8. หากในการทดลองเพื่อหาวัสดุที่สามารถฝึาตะปูเรือใบโดยใช้วัสดุชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำวัสดุนั้นมาทำเป็น ล้อเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าทำให้รถเคลื่อนที่ได้ช้าและกินน้ำมัน หากนักเรียนเป็นหนึ่งในทีมงาน นักเรียนคิดว่าปัญหาน่าจะมาจากอะไร จะดำเนินการแก้ไขอย่างไร

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

9. นักเรียนจะสื่อสารอย่างไรกับเพื่อนในกลุ่มว่าขั้นตอนการวางแผนออกแบบชิ้นงานตามวิธีการใช้ในการ แก้ปัญหา ควรมีขั้นตอนอย่างไร

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

10. ถ้าในการแก้สถานการณ์ดังกล่าว ในขณะที่กลุ่มจะต้องทำการทดลองเพื่อหาสูตรในการปรับปรุง คุณภาพน้ำยาฆ่าเชื้อผลิตโฟมยางและทดสอบโฟมยางที่สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้ดีและสามารถฝึา ตะปูเรือใบได้ นักเรียนสังเกตเพื่อนในกลุ่มคนหนึ่งที่อยู่ฝ่ายทดสอบโฟมยางนั้นไม่ดำเนินการตามแผนที่วาง ไว้ โดยไม่ไปทดสอบโฟมยาง แต่ไปช่วยเพื่อนอีกคนสืบค้นวิธีการผลิตโฟมยาง ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วน หนึ่งของกลุ่มนักเรียนจะทำอย่างไร เพราะเหตุใด

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

11. ในขณะที่ทำการทดลองปรับปรุงคุณภาพน้ำยาอยู่นั้น นักเรียนซึ่งเป็นหนึ่งในสมาชิกได้ยื่นบทสนทนา ของสมาชิกกลุ่ม ดังนี้

แก้ว : นี่คือนสารฟูที่ทำให้เกิดฟองแก๊สในกระบวนการผลิตโฟมยางใช่ไหม เป็นสารพวกไอโซไซยาเนต ลินะ...โอ๊ย!

ฟ้า : เฮ้ย! ทำไมไม่รู้เรื่องอะไรเลยเนี่ยชุ่มชามอีก เธอไม่รู้หรอว่าสารนี้มันอันตราย แทนที่จะช่วยกัน ทำงานกันสร้างควมวุ่นวายเพิ่มอีก

เบส : โห มือเธอทั้งบวมทั้งแดงเลยแก้ว

นักเรียน :

สิ่งที่แก้วและฟ้าทำถูกต้องแล้วหรือไม่ และทั้งสองควรปรับปรุงอย่างไร

.....

.....

.....

12. หากผลการแก้ปัญหาที่ได้จากการวิจัยคือล้อยางลมที่เพิ่มขึ้นโพนยางจากยางพาราทำให้มีน้ำหนักเบาใกล้เคียงกับยางทั่วไป เมื่อนำไปทดสอบ พบว่า ล้อยางลมที่เพิ่มขึ้นโพนยางสามารถวิ่งฝ่าตะปูเรือใบได้ แต่มีต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพนี้สูง ดังนั้นจะถือว่าผลการแก้ปัญหาสำเร็จหรือไม่ เพราะเหตุใด หากคิดว่าจะไม่สำเร็จจะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ข้อ ที่	สมรรถนะ	ระดับ		
		สูง	กลาง	ต่ำ
สถานการณ์ที่ 1				
1	การสร้างและเก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน : การแบ่งปัน ข้อมูลและทำความเข้าใจใน ปัญหาร่วมกัน	นักเรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปัน ความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เพื่อ ระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่าง ครบถ้วน	นักเรียนสามารถสื่อสาร แบ่งปัน ความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล โดย ระบุถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจาก สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถสื่อสาร แบ่งปันความคิดเห็นอย่างมี เหตุผล เพื่อระบุถึงปัญหาที่ เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ กำหนดให้ได้
2	การสร้างและเก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน : ตรวจสอบ และแก้ไขความเข้าใจที่มีร่วมกัน	นักเรียนสามารถเลือกช่วงเวลาเพื่อ แก้ไขความเข้าใจผิดอย่างเหมาะสม และสามารถบอกเหตุผลได้	นักเรียนสามารถเลือกช่วงเวลา เพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดอย่าง เหมาะสม แต่ไม่สามารถบอกเหตุ ผลได้	นักเรียนไม่สามารถเลือก ช่วงเวลาเพื่อแก้ไขความเข้าใจ ผิดอย่างเหมาะสม และไม่ สามารถบอกเหตุผลได้
3	การสร้างและเก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน : เข้าใจ บทบาทหน้าที่ของตนเองและ สมาชิกกลุ่ม	นักเรียนยอมรับในหน้าที่ของตนเอง และสามารถบอกเหตุผลในการทำ หน้าที่ของตนเองได้	นักเรียนยอมรับในหน้าที่ของ ตนเอง แต่ไม่สามารถบอกเหตุผล ในการทำหน้าที่ของตนเองได้	นักเรียนไม่ยอมรับในหน้าที่ของ ตนเอง และไม่สามารถบอก เหตุผลในการทำหน้าที่ของ ตนเองได้

ข้อ ที่	สมรรถนะ	ระดับ		
		สูง	กลาง	ต่ำ
4	การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : สามารถร่วมกันวางแผน ออกแบบ และดำเนินงาน ร่วมกัน	นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม ครบถ้วน	นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ได้บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถบอกขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ได้
5	การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : ระบุ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถระบุวิธีที่จะผลิต พลาสติกถนอมอาหารกินได้อย่าง เหมาะสม และสามารถบอกข้อดี ของวิธีนั้นได้	นักเรียนสามารถระบุวิธีที่จะผลิต พลาสติกถนอมอาหารกินได้อย่าง เหมาะสม แต่ไม่สามารถบอก ข้อดีของวิธีนั้นได้	นักเรียนไม่สามารถระบุวิธีที่จะ ผลิตพลาสติกถนอมอาหารกิน ได้ และไม่สามารถบอกข้อดีของ วิธีนั้นได้
6	การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : ปฏิบัติตามหน้าที่ที่ได้รับ มอบหมาย	นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ที่ตน ได้รับมอบหมายอย่างเป็นขั้นตอน และครบถ้วน	นักเรียนสามารถบอกหน้าที่ที่ตน ได้รับมอบหมายอย่างเป็นขั้นตอน แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่สามารถบอกหน้าที่ที่ ตนได้รับมอบหมาย
สถานการณ์ที่ 2				
7	การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม : ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิกภายใน กลุ่ม	นักเรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของ สมาชิกกลุ่มได้ถูกต้อง ครบถ้วน ตามพื้นฐานของความรู้ที่ว่าสมาชิก ในกลุ่มคนใดถนัดอะไร	นักเรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของ สมาชิกกลุ่มได้ถูกต้อง บางส่วน ตามพื้นฐานของความรู้ที่ว่า สมาชิกในกลุ่มคนใดถนัดอะไร	นักเรียนไม่สามารถแบ่งหน้าที่ ของสมาชิกกลุ่มได้ ตามพื้นฐาน ของความรู้ที่ว่าสมาชิกในกลุ่ม คนใดถนัดอะไร

ข้อ ที่	สมรรถนะ	ระดับ		
		สูง	กลาง	ต่ำ
8	การสร้างและเก็บรักษาความ เข้าใจที่มีร่วมกัน : สื่อสาร ร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และ การดำเนินงานภายในกลุ่ม	นักเรียนสามารถบอกปัญหาที่ เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และ สามารถบอกการดำเนินการเพื่อ แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่าง สอดคล้องเหมาะสม	นักเรียนสามารถบอกปัญหาที่ เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน แต่ ไม่สามารถบอกการดำเนินการ เพื่อแก้ไขปัญหาที่สอดคล้องได้	นักเรียนไม่สามารถบอกปัญหาที่ เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน และไม่สามารถบอกการ ดำเนินการเพื่อแก้ไขปัญหาที่ สอดคล้องได้
9	การเลือกวิธีการดำเนินการที่ เหมาะสมในการแก้ปัญหา : ระบุ และอธิบายภาระงานที่ต้อง ปฏิบัติให้เสร็จ	นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนการ วางแผนออกแบบชิ้นงานตาม วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้องและครบถ้วน	นักเรียนสามารถบอกขั้นตอนการ วางแผนออกแบบชิ้นงานตาม วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	นักเรียนไม่สามารถบอกขั้นตอน การวางแผนออกแบบชิ้นงาน ตามวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้
10	การสร้างและรักษาระเบียบของ กลุ่ม : อธิบาย และประพจน์ตน ตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้	นักเรียนสามารถอธิบายให้เพื่อน กลับไปทำตามหน้าที่ พร้อมทั้งบอก เหตุผลได้	นักเรียนสามารถอธิบายให้เพื่อน กลับไปทำตามหน้าที่ แต่ไม่ สามารถบอกเหตุผลได้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายให้ เพื่อนกลับไปทำตามหน้าที่ได้
11	การสร้างและรักษาระเบียบของ กลุ่ม : ให้ข้อเสนอแนะเพื่อเป็น ข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน	นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสิ่งที่แก้ว และฟ้าทำไม่ถูกต้อง และสามารถ เสนอแนะเพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการ ทำงานร่วมกันของสมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม	นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสิ่งที่ แก้วและฟ้าทำไม่ถูกต้อง แต่ไม่ สามารถเสนอแนะเพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงานร่วมกันของ สมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม	นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าสิ่ง ที่แก้วและฟ้าทำไม่ถูกต้อง และ ไม่สามารถเสนอแนะเพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน ของสมาชิกคนอื่นๆ ภายในกลุ่ม

ข้อ ที่	สมรรถนะ	ระดับ		
		สูง	กลาง	ต่ำ
12	การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา : ตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของ งาน	นักเรียนสามารถตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือผลจากการดำเนินการ แก้ปัญหาและประเมินความสำเร็จ ของวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่ม พร้อมทั้งระบุแนวทางปรับปรุงแก้ไข ได้อย่างเหมาะสมครบถ้วนและมี ความสอดคล้องต่อบริบทและ สถานการณ์ที่เผชิญ	นักเรียนสามารถตรวจสอบความ ผิดพลาดหรือจากผลการ ดำเนินการแก้ปัญหาและประเมิน ความสำเร็จของวิธีการแก้ปัญหา ของกลุ่มได้และมีความสอดคล้อง ต่อบริบทและสถานการณ์ที่เผชิญ	ผู้เรียนไม่สามารถตรวจสอบ ความผิดพลาดหรือผลจากการ ดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่มได้

แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

เรื่อง.....วันที่.....

กลุ่ม.....ผู้สังเกต.....

คำชี้แจง : ให้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	ต่ำ	กลาง	สูง	
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน				
ค้นพบมุมมองและความสามารถของสมาชิกภายในกลุ่ม				
แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจในปัญหาร่วมกัน				
สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึงปัญหา และการดำเนินงานภายในกลุ่ม				
ตรวจสอบและแก้ไขความเข้าใจร่วมกัน				
2. การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา				
ร่วมมือกันระบุเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา				
ร่วมระบุและอธิบายภาระงานที่ต้องปฏิบัติให้เสร็จ				
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงานร่วมกัน				
ตรวจสอบผลการดำเนินงาน และประเมินผลความสำเร็จของงาน				
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม				
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกกลุ่ม				
อธิบาย และประพฤติตนตามกฎของกลุ่มที่ได้ตั้งไว้				

รายการพฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ			พฤติกรรมบ่งชี้
	ต่ำ	กลาง	สูง	
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้				
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อปรับปรุงในการทำงานร่วมกัน				

หมายเหตุ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้สังเกต

.....

(.....)

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน			
ค้นพบมุมมองและ ความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนสามารถพบ ความสามารถเพิ่มเติมของ สมาชิกในกลุ่มได้ ตาม ความสามารถของคนนั้น นอกเหนือจากหน้าที่ที่ทุก คนร่วมกันวางแผนไว้	สมาชิก 2-3 คนที่สามารถ พบความสามารถเพิ่มเติม ของสมาชิกในกลุ่มได้ ตาม ความสามารถของคนนั้น นอกเหนือจากหน้าที่ที่ทุก คนร่วมกันวางแผนไว้	สมาชิกทุกคนไม่สามารถพบ ความสามารถเพิ่มเติมของ สมาชิกในกลุ่มได้ แม้ว่า สมาชิกคนนั้นจะมี ความสามารถนอกเหนือจาก หน้าที่ที่ทุกคนร่วมกัน วางแผนไว้
แบ่งปันข้อมูล และทำความเข้าใจ ในปัญหาาร่วมกัน	สมาชิกทุกคนแบ่งปันข้อมูล ของแต่ละคนร่วมกัน รวมถึง สื่อสาร ร่วมกัน เพื่อระบุ และทำความเข้าใจกับ ปัญหา สอดคล้องกับที่ ผู้สอนกำหนดให้	สมาชิก 2-3 คน เท่านั้น แบ่งปันข้อมูลของแต่ละคน ร่วมกัน รวมถึงสื่อสาร ร่วมกัน เพื่อระบุ และทำ ความเข้าใจกับปัญหา สอดคล้องกับที่ผู้สอน กำหนดให้	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุยถึง ปัญหาที่สอดคล้องกับที่ ผู้สอนกำหนดให้ และไม่มี การแบ่งปันข้อมูล
สื่อสารร่วมกันเพื่อระบุถึง ปัญหา และการ ดำเนินงาน ภายในกลุ่ม	สมาชิกทุกคนร่วมกันสื่อสาร พูดคุยร่วมกันระบุวิธีการ ดำเนินงานที่สอดคล้องเพื่อ ใช้ในการแก้ปัญหาได้ และมี การอภิปรายร่วมกันถึง ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการ ดำเนินงาน	สมาชิก 2-3 คนร่วมกัน สื่อสารพูดคุยร่วมกันระบุ วิธีการดำเนินงานที่ สอดคล้องเพื่อใช้ในการแก้ ปัญหาได้ และอภิปราย ร่วมกัน ถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ระหว่างการดำเนินงาน	สมาชิกไม่สื่อสารพูดคุย ร่วมกันระบุวิธีการดำเนินงาน ที่สอดคล้อง เพื่อใช้ในการ แก้ปัญหาได้ และไม่มีการ อภิปรายร่วมกัน ถึงปัญหาที่ เกิดขึ้นระหว่างการ ดำเนินงาน
ตรวจสอบและแก้ไขความ เข้าใจร่วมกัน	สมาชิกทุกคนร่วมกันพูดคุย สื่อสาร อภิปราย เพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจ ร่วมกัน และสามารถแก้ไข ปัญหาาร่วมกันเมื่อเกิดความ ไม่เข้าใจภายในกลุ่มได้	สมาชิก 2-3 คนร่วมกัน พูดคุย สื่อสารอภิปรายเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจ ร่วมกัน และสามารถแก้ไข ปัญหาาร่วมกันเมื่อเกิดความ ไม่เข้าใจภายในกลุ่มได้	สมาชิกทุกคนไม่พูดคุย สื่อสารอภิปรายร่วมกันเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจร่วมกัน และไม่สามารถแก้ไขปัญหา ร่วมกันเมื่อเกิดความไม่ เข้าใจภายในกลุ่มได้

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา			
ร่วมมือกันระบุเพื่อหา แนวทางที่เหมาะสมในการ แก้ปัญหา	สมาชิกทุกคนร่วมกัน อภิปรายเพื่อระบุหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ใน การแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้ง สามารถอธิบายได้อย่างมี เหตุผล และยอมรับความ คิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิก 2-3 คนร่วมกัน อภิปรายเพื่อระบุหา แนวทางที่เหมาะสมที่ใช้ใน การแก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อมีข้อโต้แย้ง สามารถอธิบายได้อย่างมี เหตุผล และยอมรับ ความคิดเห็นของผู้อื่น	สมาชิกไม่ร่วมกันอภิปราย เพื่อระบุหา แนวทางที่ เหมาะสมที่ใช้ในการ แก้ปัญหาร่วมกัน รวมถึงเมื่อ มีข้อโต้แย้ง ไม่สามารถ อธิบายได้อย่างมีเหตุผล และ ไม่ยอมรับความคิดเห็น ของผู้อื่น หรือไม่มีการแสดง ความคิดเห็นใดๆ
ระบุและอธิบายภาระงานที่ ต้องปฏิบัติให้เสร็จ	สมาชิกทุกคนสามารถระบุ อธิบายและเข้าใจขั้นตอนใน การปฏิบัติงานเพื่อให้สำเร็จ ได้	สมาชิก 2-3 คนสามารถระบุ อธิบายและเข้าใจขั้นตอนใน การปฏิบัติงานเพื่อให้สำเร็จ ได้	สมาชิกไม่สามารถระบุ อธิบายและไม่เข้าใจขั้นตอน ในการปฏิบัติงานเพื่อให้ สำเร็จได้
ร่วมกันวางแผนออกแบบ และดำเนินงาน ร่วมกัน	สมาชิกทุกคนร่วมกันพูดคุย สื่อสารเพื่อวางแผนการ ดำเนินงานและออกแบบ ชิ้นงานร่วมกัน	สมาชิก 2-3 คนเท่านั้น ร่วมกันพูดคุย สื่อสารเพื่อ วางแผนการดำเนินงานและ ออกแบบชิ้นงานร่วมกัน	มีสมาชิกเพียงคนเดียว เท่านั้นที่วางแผนการ ดำเนินงานและออกแบบ ชิ้นงาน
ตรวจสอบผลการดำเนินงาน และ ประเมินผล ความสำเร็จของงาน	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลการดำเนิน งานอย่างสม่ำเสมอว่า สอดคล้องกับเป้าหมาย ที่ตั้งหรือไม่ และสามารถ ประเมินความสำเร็จของ งานได้ว่าสอดคล้องกับ หมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มสามารถ ตรวจสอบผลการดำเนิน งานบางครั้งว่าสอดคล้อง กับเป้าหมายที่ตั้งหรือไม่ และไม่สามารถประเมิน ความสำเร็จของงานได้ว่า สอดคล้องกับ หมายที่ตั้งไว้	สมาชิกในกลุ่มไม่สามารถ ตรวจสอบผลการดำเนินงาน ว่าสอดคล้องกับเป้าหมาย ที่ตั้งหรือไม่ และไม่สามารถ ประเมินความสำเร็จของงาน ได้ว่าสอดคล้องกับ หมาย ที่ตั้งไว้

รายการประเมิน พฤติกรรมของผู้เรียน	ระดับ		
	สูง	กลาง	ต่ำ
การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม			
เข้าใจบทบาทหน้าที่ของ ตนเอง และของสมาชิก กลุ่ม	สามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ของทุกคนได้ ตาม ความสามารถของแต่ละคน และระบุหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกทุกคนได้	สามารถแบ่งบทบาทหน้าที่ ของบางคนได้ ตาม ความสามารถของแต่ละคน และระบุหน้าที่ของตนเอง และของสมาชิกบางคนได้	ไม่สามารถแบ่งบทบาท หน้าที่ของทุกคนได้ ตาม ความสามารถของแต่ละคน และไม่สามารถระบุหน้าที่ ของตนเอง และของสมาชิก ได้
ปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ ได้รับมอบหมายได้	สมาชิกทุกคนมีความ รับผิดชอบปฏิบัติงาน ตาม หน้าที่ที่ตนได้รับมอบหมาย อย่างตั้งใจ และเสร็จภายใน เวลาวางแผนไว้	สมาชิก 2-3 เท่านั้นที่มี ความรับผิดชอบปฏิบัติงาน ตามหน้าที่ที่ตนได้รับ มอบหมายอย่างตั้งใจ และ เสร็จภายในเวลาวางแผนไว้	มีสมาชิกเพียง 1 คนความ รับผิดชอบปฏิบัติงาน ตาม หน้าที่ที่ตนได้รับมอบหมาย อย่างตั้งใจ และทำงานทุก อย่างทั้งหมด
อธิบาย และประพุดิติน ตามกฎของกลุ่มที่ตั้งไว้	สมาชิกทุกคนสามารถ ประพุดิตินตามกฎของ กลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้	สมาชิกบางคนสามารถ ประพุดิตินตามกฎของ กลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้	สมาชิกทุกคนไม่สามารถ ประพุดิตินตามกฎของกลุ่ม ที่ตั้งไว้ได้
ให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อ ปรับปรุงในการทำงาน ร่วมกัน	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือ จากสมาชิกคนอื่นได้ และ สามารถร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ใน การทำงานร่วมกันเมื่อเกิด อุปสรรค เพื่อป้องกันข้อ ขัดแย้งที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม	สมาชิกสามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือ จากสมาชิกคนอื่นได้ แต่ไม่ สามารถร่วมกันวางแผน หรือปรับเปลี่ยนหน้าที่ใน การทำงานร่วมกันเมื่อเกิด อุปสรรค เพื่อป้องกันข้อ ขัดแย้งที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม	สมาชิกไม่สามารถรายงาน ปัญหาที่เกิดจากตนเอง หรือ จากสมาชิกคนอื่นได้ และไม่ สามารถร่วมกันวางแผนหรือ ปรับเปลี่ยนหน้าที่ในการ ทำงานร่วมกันเมื่อเกิด อุปสรรค เพื่อป้องกันข้อ ขัดแย้งที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - ชื่อสกุล	สายชล สุกร
วัน เดือน ปี เกิด	18 กรกฎาคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน	119/4 หมู่ 1 ตำบลศรีนคร อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย 64180
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2559	กศ.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร