

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ  
เชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตระการ ขวัญเนตร

การค้นคว้าอิสระเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1" เห็นสมควรรับเป็น ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา บงกชเพชร)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

พฤษภาคม 2563

## ประกาศคุณูปการ

การวิจัยฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิติยา บงกชเพชร อาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการวิจัยสำเร็จ สมบูรณ์ได้ อีกทั้งยังช่วยเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถก้าวข้ามผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ และ ดร.อาทร นกแก้ว อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รองศาสตราจารย์ ดร.จกกฤษ กลิ่นเอี่ยม อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชินกมล ปัญญา ยาง อาจารย์ประจำ หลักสูตร สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุตรดิตถ์ อาจารย์วลิตา อุ่นเรือน อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ อุตรดิตถ์ และคุณक्रमลชยา หวานชะเอม ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียน พิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัยจนทำให้การวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณพี่ ๆ ร่วมชั้นเรียนทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจให้กันตลอดมา กราบขอบพระคุณนายวิทย์ ทาขุนและนางพรพิมล เรืองอิม ที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนข้าพเจ้าใน ทุก ๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่าน ที่คอยสั่งสอนและ อบรมให้นิสิตเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์จากการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

ตระการ ขวัญเนตร

ชื่อเรื่อง	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ผู้ศึกษาค้นคว้าที่ปรึกษา	นายตระการ ชวัญเนตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธิตยา บงกชเพชร
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	สะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, การรู้เรื่องคณิตศาสตร์, อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 19 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปกิจกรรม แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และใช้สถิติแบบร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ สถานการณ์ปัญหาควรเป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องใกล้ตัวนักเรียน ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ควรใช้คำถามปลายเปิดที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้นักเรียนคิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาและตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง และเมื่อพิจารณาพัฒนาการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี โดยมีการพัฒนาด้าน 1) การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 3) การตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นทั้ง 3 กระบวนการ

<b>Title</b>	LEARNING MANAGEMENT ACCORDING TO STEM EDUCATION EMPHASIZE ENGINEERING DESIGN PROCESS TO IMPROVE MATHEMATICAL LITERACY IN RATIO PROPOTION AND PERCENTAGE TOPIC FOR MATHAYOMSUKSA 1 STUDENTS
<b>Author</b>	Trakarn Khwannet
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Thitiya Bongkotphet, Ph.D.
<b>Academic Paper</b>	Independent Study M.Ed. in Mathematics Naresuan University, 2019
<b>Keywords</b>	STEM Education, Engineering Design Process, Mathematical Literacy, Ratio Proportions and Percentage Topic

#### **ABSTRACT**

The purposes of this research were to study guidelines for learning management of the STEM Education emphasize engineering design process and to develop mathematical literacy on ratio proportion and percentage topics of 19 students of Mathayomsuksa one. The research instruments consisted of lesson plans emphasize on engineering design process, work sheets, observation form and mathematical literacy test. The data were analyzed by content analysis and percentage. The research results showed that the guidelines for learning management of the STEM Education emphasize engineering design process to develop Mathematical literacy should focus on everyday life situation problems. Teacher should support their students to understand the mathematical concept and problem-related information. Teacher should use appropriately open-ended questions to motivate students to think and encourage students to apply the mathematics knowledge in solving problems. Considering the development of Mathematical literacy from 3 cycles, the students had higher level of mathematical literacy. The student had improved mathematical process including 1) formulating situations mathematically 2) employing mathematical

concepts, facts, procedures and reasoning and 3) interpreting, applying and evaluating mathematical outcomes.

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
ตัวแปรที่ศึกษา.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
กรอบแนวคิด.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตาม หลักสูตรสถานศึกษา).....	12
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	15
การรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	70
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	76
รูปแบบการวิจัย.....	76
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	79
ผู้เข้าร่วมการวิจัย.....	80
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	80
การเก็บและรวบรวมข้อมูล.....	97
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	101

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ.....	115
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	116
<b>4 ผลการวิจัย</b>	<b>117</b>
ตอนที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1.....	118
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1....	199
<b>5 บทสรุป</b>	<b>247</b>
สรุปผลการวิจัย.....	248
อภิปรายผลการวิจัย.....	251
ข้อเสนอแนะ.....	256
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>258</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>266</b>
<b>ประวัติผู้วิจัย.....</b>	<b>376</b>



## สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018.....	29
2	แสดงความสัมพันธ์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA.....	33
3	แสดงการวัดระดับความสามารถการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	50
4	แสดงพฤติกรรมกรการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ.....	55
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับพฤติกรรมกรการเรียนรู้และเหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	63
6	แสดงการวิเคราะห์หลักสูตร ความสัมพันธ์ของสาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการงานอาชีพ.....	81
7	ความสัมพันธ์ของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้กับเวลา.....	84
8	แสดงความสัมพันธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	85
9	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	90
10	แสดงความสัมพันธ์ของแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์.....	94
11	แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดประสงค์การวิจัย.....	101
12	แสดงเกณฑ์การวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนของกระบวนการการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์.....	103
13	สรุปแนวทางการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรรูปปฏิบัติการที่ 1.....	137

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	สรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	165
15	แสดงผลการทดสอบน้ำยาล้างจานที่นักเรียนสร้างและปรับปรุง.....	183
16	สรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	185
17	แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.....	189
18	แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	200
19	สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 1.....	203
20	แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	214
21	สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 2.....	217
22	แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	229
23	สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	232
24	แสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ.....	241
25	แสดงร้อยละของนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ.....	243
26	แสดงสรุประดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามของแต่ละกระบวนการ	246

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
27	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ.....	273
28	แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ.....	280
29	แสดงคะแนนของนักเรียนรายบุคคลจากการทำแบบวัดการรู้คณิตศาสตร์.....	375

## สารบัญญภาพ

ภาพ		หน้า
1	แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ National Research Concil.....	24
2	แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....	25
3	แผนภาพระดับของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ.....	27
4	แสดงแบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ.....	30
5	แสดงขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ.....	79
6	แสดงแผนภาพกระบวนการของการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	100
7	ตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	125
8	ตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	125
9	แสดงการทำกิจกรรมสำรวจเพื่อของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	127
10	แสดงการทำกิจกรรมการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย.....	128
11	ตัวอย่างการออกแบบรถบรรทุกจำลองของนักเรียน.....	129
12	แสดงรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้าง.....	130
13	แสดงการทดสอบรถบรรทุกจำลองของนักเรียน.....	132
14	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 4 นักเรียนกลุ่มที่ 1.....	133
15	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 10 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	134
16	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	147
17	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	147
18	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	148
19	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	148
20	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	148
21	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	149
22	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	149
23	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	150

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
24	แสดงการบันทึกการออกแบบสูตรการทำสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	152
25	แสดงตัวอย่างการเขียนใบสั่งซื้อวัตถุดิบของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	153
26	แสดงการทำสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	154
27	แสดงการกรองสังขยาโดยระมัดระวังเรื่องของการเกิดฟอง.....	155
28	แสดงการจับเวลาเพื่อกำหนดการใช้ไฟแรงไฟอ่อน.....	158
29	แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point Hedonic Scale).....	157
30	แสดงลักษณะปรากฏภายนอกของสังขยาที่นักเรียนทำ.....	157
31	แสดงลักษณะปรากฏภายนอกของสังขยาที่นักเรียนทำ.....	158
32	แสดงเนื้อสัมผัสของสังขยาที่นักเรียนทำ.....	158
33	แสดงใบสั่งซื้อสินค้าของกลุ่มที่ 4 ในครั้งที่ 1.....	159
34	แสดงใบสั่งซื้อสินค้าของกลุ่มที่ 4 ในครั้งที่ 1.....	159
35	แสดงการทดสอบสีของสังขยา.....	160
36	แสดงการใช้สัดส่วนในการปรับปรุงสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	160
37	แสดงการใช้สัดส่วนในการปรับปรุงสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	161
38	แสดงการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	162
39	แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	175
40	นักเรียนเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต.....	177
41	แสดงการเตรียมสารละลายเกลือแกงของนักเรียน.....	177
42	แสดงตัวอย่างการออกแบบกระบวนการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียนกลุ่มที่ 4...	179
43	แสดงตัวอย่างการออกแบบกระบวนการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียนกลุ่มที่ 4...	179
44	แสดงกิจกรรมการซื้อวัตถุดิบสำหรับการทำสังขยา.....	180
45	แสดงการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียน.....	180
46	แสดงการทดสอบน้ำยาล้างจานของนักเรียน.....	181

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
47	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	182
48	แสดงการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่สำคัญ.....	204
49	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 7.1.1 7.1.2 และ 7.1.3 ของนักเรียน กลุ่มที่ 2.....	205
50	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	205
51	แสดงการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือ เหมาะสม.....	206
52	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	207
53	แสดงการออกแบบบรรณารักษ์ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	208
54	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	209
55	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7.2 และ 7.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	210
56	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7.2 และ 7.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	211
57	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 10 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	211
58	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	212
59	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	213
60	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	218
61	แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	219
62	แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	219
63	แสดงการบันทึกผลการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	220
64	แสดงการคิดคำนวณการปรับส่วนผสมโดยใช้สัดส่วนของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	220
65	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	221
66	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	221
67	แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	222
68	แสดงการจัดการด้านจำนวน ในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4.1.3 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.	223

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
69 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	224
70 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	224
71 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 5 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	225
72 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	226
73 แสดงตัวอย่างการใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	227
74 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	228
75 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	228
76 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	233
77 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 5.1 และ 5.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1.....	234
78 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.3 และ 6.1.4 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3.....	236
79 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2.....	237
80 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	237
81 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4.....	239
82 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4 .....	240

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์(Mathematics Literacy) เป็นทักษะที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 Bobby Ojose (2011) กล่าวว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นสิ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการเผชิญหน้ากับการเปลี่ยนแปลงไปของสังคม จากการศึกษาความหมายและแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในงานวิจัยและบทความวิชาการทั้งในและต่างประเทศ พบว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความจำเป็นและสำคัญเทียบเท่ากับความสามารถในการอ่านและการเขียน Steen (2001) กล่าวว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตส่วนตัว การทำงาน การพักผ่อนหย่อนใจ การใช้ชีวิตในโรงเรียน การใช้ชีวิตในท้องถิ่น ผู้ที่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จะสามารถใช้คณิตศาสตร์ตัดสินใจกับสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้อย่างมีเหตุผล สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2558) ได้อธิบายการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไว้ว่า “การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลาย รวมถึงการใช้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริงและเครื่องมือเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ช่วยให้รู้และเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลก ทำให้สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของแก่นความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทำให้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการสร้างสรรค์ มุ่งมั่นและสะท้อนคิด” การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย รวมไปถึงการให้เหตุผล ใช้แนวคิด กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, หน้า 35) สอดคล้องกับ จินดาร์ตน์ ไพร์นอก (2561) ที่กล่าวว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน มิใช่การเน้นความรู้ เนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนตามหลักสูตรในโรงเรียนแต่เน้นการนำคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ในชีวิตจริงซึ่งมีความหลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปอยู่เสมอ ดังนั้น นานาประเทศมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีประชากรที่รู้คณิตศาสตร์ เพราะผู้รู้คณิตศาสตร์ คือ ผู้มีความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และสามารถใช้ความรู้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิต เป็นบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ รู้เท่าทันโลก รู้เท่าทันเหตุการณ์ปัจจุบัน รู้จัก



ใช้ข้อมูล ข่าวสารและเทคโนโลยีได้อย่างคล่องแคล่ว ตัดสินใจในประเด็นปัญหา รู้จักสร้างข้อโต้แย้ง และพัฒนาสังคมของตนเองอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันในอนาคตและสามารถจัดการกับความซับซ้อนของสังคม การเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจรวมถึงวัฒนธรรมที่เป็นผลมาจากความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สุนีย์ คล้ายนิต และคณะ, 2549, หน้า 13-14) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ถูกบรรจุอยู่ในโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดย PISA เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้ และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน ปัจจุบันนี้มีประเทศจากทั่วโลก เข้าร่วมโครงการมากกว่า 70 ประเทศ การจัดการทดสอบ PISA เริ่มต้นขึ้นในปี 2000 และจัดสอบ ทุก ๆ 3 ปี ซึ่งการสอบ PISA เป็นการประเมินทักษะความรู้ความสามารถของนักเรียนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก โดยการสอบครั้งล่าสุดในปี 2018 มีจำนวนประเทศที่เข้าร่วมเป็น 79 ประเทศ คิดเป็นจำนวนนักเรียน 32,000,000คน ประเทศไทยนับเป็นประเทศในกลุ่มแรก ๆ ที่เข้าร่วมการสอบ PISA ทุกรอบตลอดช่วง 15 ปีที่ผ่านมา (ภูมิศรัณย์ ทองเลี่ยมนาค, 2561)

การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 ใช้กรอบการประเมินปี 2012 มีขอบเขตการประเมินครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ 1. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายสิ่งที่แต่ละคนทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับคณิตศาสตร์แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา 2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาและ 3. สถานการณ์หรือบริบทที่ปัญหานั้นตั้งอยู่ในการประเมิน (PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, 2019, หน้า 73)

ผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 ประเทศไทยมีคะแนนอยู่ที่คะแนน 419 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และเมื่อศึกษาย้อนไปในปี 2009-2015 นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ย 432 คะแนน, 417 คะแนน, 417 คะแนน, 419 คะแนน, 427 คะแนน และ 415 คะแนนตามลำดับ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) จากข้อมูลดังกล่าว นักเรียนไทยยังมีคะแนนด้านคณิตศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศที่เข้าร่วมการประเมินและมีแนวโน้มที่จะลดลง ซึ่งสะท้อนให้เห็นภาพที่ชัดเจนว่า นักเรียนไทยขาดความพร้อมในการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ชีวิตประจำวัน รวมถึงในด้านการศึกษาค้นคว้าความรู้ในระดับที่สูงขึ้นรวมถึงทักษะในการทำงานในอนาคต ซึ่งมีผลกระทบต่อนักเรียนและขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยใน

เวทีระดับสากล ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนานักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการนำความรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น

ในบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยสอนเป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและทักษะงานอาชีพ หลังการจัดการเรียนรู้เรื่อง จำนวนเต็ม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นตามกรอบการประเมินของ PISA 2015 เรื่องจำนวนเต็มจำนวน 10 ข้อ แบบเขียนตอบอิสระกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 19 คน ในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่รู้ว่าควรใช้ความรู้เรื่องอะไรและควรเริ่มคิดอย่างไร ซึ่งบ่งบอกว่า นักเรียนขาดการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังพบว่าไม่สามารถนำกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาและเมื่อให้นักเรียนได้ตีความและประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้ พบว่า นักเรียนไม่สามารถอธิบายถึงความเหมาะสมของผลลัพธ์ที่ได้ออกมาถึงวิธีการที่ใช้และไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่วิธีการในชีวิตจริงได้ และเมื่อตัวผู้สอนร่วมกับหัวหน้าวิชาการซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบการจัดการเรียนรู้อบรมร่วมกันสะท้อนกระบวนการจัดการเรียนรู้อบรมวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง จำนวนเต็ม ของผู้สอนจำนวน 12 ชั่วโมง จากกระบวนการสะท้อนมีความคิดเห็นตรงกันว่า ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้อบรมที่เน้นการบูรณาการ ให้เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงเอาบริบทสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่มีความใกล้ตัวนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำเอาความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายทางด้านบริบท และสถานการณ์ จึงเห็นว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้อบรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกิจกรรมหนึ่งที่เน้นการบูรณาการและเชื่อมโยงสถานการณ์ บริบทในชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งการรู้เรื่องคณิตศาสตร์นั้นมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้อบรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา (Thompson et al., 2013).

การเรียนรู้อบรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้อบรมที่จะช่วยส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะเป้าหมายหลักของการศึกษาตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ไม่ใช่เพื่อให้นักเรียนเป็นนักคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ ช่างเทคนิคหรือวิศวกร แม้ว่าแนวคิดดังกล่าวจะเป็นแนวคิดที่ดีที่เด็กมีแรงบันดาลใจในด้านนี้ แต่เป้าหมายหลักคือต้องการให้นักเรียนทุกคนได้ทำงาน และเจริญเติบโตในโลกที่มีการพัฒนาของ

เทคโนโลยีที่สูงขึ้นนั้นคือการมี การรู้สะเต็ม(STEM Literacy) ซึ่งการรู้สะเต็มประกอบไปด้วย การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) การรู้เทคโนโลยี (Technological Literacy) การรู้วิศวกรรมศาสตร์(Engineering Literacy) และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์(Mathematics Literacy) (Vasquez Jo, Sneider Cary and Comer Michael, 2013, P9-10) สอดคล้องกับ วรินทร์ สุภาพ (2561) กล่าวว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา คือ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการใช้แนวคิดและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผสมผสานกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัว ที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้คณิตศาสตร์ (math literate)” โดยการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการวิชา 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกันได้แก่ วิทยาศาสตร์(S: Science), เทคโนโลยี (T: Technology), วิศวกรรม(E: Engineering) และคณิตศาสตร์(M: Mathematics) ซึ่งแต่ละสาขาวิชาเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ในปัจจุบันและอนาคต เพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในอดีต ซึ่งไม่เน้นการท่องจำแต่เน้นการบูรณาการทั้งสี่วิชาเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ ให้นักเรียนเกิดความรัก ความชอบ เกิดความสนุกที่จะเรียนรู้ พัฒนาทักษะความคิด มีพื้นฐานการแก้ปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงไปของโลก ช่วยสร้างทัศนคติที่ดีในวิชาคณิตศาสตร์ (วศิณีย์, 2559, หน้า 2) สอดคล้องกับการให้ความหมายของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ที่กล่าวว่า “สะเต็มศึกษา คือแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ ใน 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานของมนุษย์ ช่วยให้นักเรียนรู้จักสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 วิชาเข้ากับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงแค่ท่องจำกฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจกฎและทฤษฎีเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำ ข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้” ดังนั้น การเรียนรู้ที่ดีควรมีลักษณะเป็นการบูรณาการ คือเป็นการเรียนรู้ที่ผสมผสานศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตจริง (อรทัย มูลคำ, 2542, หน้า 34)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีจุดเด่น คือการผนวกกับแนวคิดกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ ความเข้าใจและฝึกทักษะทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ร่วมกับการนำความรู้ ความเข้าใจในสาขาวิชาดังกล่าวมาออกแบบและสร้างชิ้นงานที่ตอบสนองของความต้องการหรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันโดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (กมลฉัตร กลุ่มอิม, 2559) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1.ระบุปัญหา (Problem Identification) 2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

ด้วยเหตุผลและความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

### คำถามการวิจัย

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมควรเป็นอย่างไรจึงจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. ผลการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นอย่างไร

### จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

## ขอบเขตของงานวิจัย

### 1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนขนาดกลาง ในอำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 19 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ประกอบด้วย นักเรียนชาย 6 คน และนักเรียนหญิง 14 คน

### 2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา)

## ตัวแปรที่ศึกษา

1. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ หมายถึง แบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดย บูรณาการความรู้ใน 4 วิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์(S) เทคโนโลยี(T) วิศวกรรมศาสตร์(E) และคณิตศาสตร์(M) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริง โดยมีกระบวนการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012 อ้างอิงในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ม.ป.ป. หน้า 16-17) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เรา

ระบอบอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้ 1) การรวบรวมข้อมูล คือการสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง 2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาคควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจัดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการกำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหาต้องอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหาคต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่

ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

2. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) หมายถึง สมรรถนะของบุคคลในการคิด ใช้ดี ความคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลายรวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ และใช้แนวคิด กระบวนการ ข้อเท็จจริงและเครื่องมือเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในการบรรยาย อธิบาย และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผู้วิจัยจะประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วย 3 กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

2.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหา และให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- 1) การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- 2) การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์
- 3) การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อทำให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น
- 4) การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท
- 5) การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม
- 6) การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- 7) การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์
- 8) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน
- 9) การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ

10) การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)

2.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หมายถึง ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- 1) การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้
- 2) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม
- 3) การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา
- 4) การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต
- 5) การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น
- 6) การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา
- 7) การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา
- 8) การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

2.3 การตีความและประเมินผลลัพธ์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถสะท้อนวิธีแก้ปัญหาผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาในโลกชีวิตจริง ได้แก่

- 1) การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทีบริบทโลกชีวิตจริง
- 2) การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง
- 3) ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร



4) การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

5) ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6) การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. ได้แนวทางในการพัฒนาความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

**กรอบแนวคิด**

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

1. ระบุปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน



**การเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์**

- 1) การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์
- 2) การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
- 3) การตีความและประเมินผลลัพธ์

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ ดังนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา)

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรสถานศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบรายวิชาคณิตศาสตร์

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

2.2 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์(Mathematical literacy)

3.1 ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.2 การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.3 รูปแบบของข้อสอบ

3.4 การรายงานผลระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.6 ตัวอย่างข้อสอบสำหรับการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับพฤติกรรมการเรียนรู้และเหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 4.1 งานวิจัยในประเทศ

##### 4.2 วิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรสถานศึกษา)

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรสถานศึกษา) ได้มีการกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การจัดกลุ่มความรู้ การนำทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปบูรณาการกับตัวชี้วัด การส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการกับวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เน้นให้ผู้เรียนเกิดการวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหาและเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพคนไทยให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันในระดับนานาชาติ และเพื่อเป็นการเตรียมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอันรวดเร็วทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลมาจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งในปัจจุบันและอนาคต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

1.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)ตามหลักสูตรสถานศึกษา ระดับชั้นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้

ตัวชี้วัด ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

- 1) อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน
- 2) สัดส่วน
- 3) การนำความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละไปใช้ในการแก้ปัญหา

## 1.2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นสำหรับผู้รู้คณิตศาสตร์ เพราะเป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีทั้งหมด 6 ทักษะ ดังนี้

1) ทักษะการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์ วางแผนแก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง

2) ทักษะการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้รูป ภาษาและสัญลักษณ์ในการสื่อสาร สื่อความหมายและนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

3) ทักษะการเชื่อมโยง เป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง

4) ทักษะการให้เหตุผล เป็นความสามารถในการให้เหตุผล รับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้ง เพื่อนำไปสู่การสรุป โดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ

5) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิมหรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุง พัฒนาองค์ความรู้

## 1.3 คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบรายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่3

1) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ความสัมพันธ์ของจำนวนจริงสมบัติของจำนวนจริงและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน แลร้อยละ และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

3) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม และใช้ความรู้ ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

4) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร และอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

5) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพหุนาม การแยกตัวประกอบของพหุนาม สมการกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

6) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคู่อันดับ กราฟของความสัมพันธ์ และฟังก์ชันกำลังสอง และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

7) มีความรู้ความเข้าใจทางเรขาคณิตและใช้เครื่องมือ เช่น วงเวียนและสันตรง รวมทั้งโปรแกรม The Geometer's Sketchpad หรือโปรแกรมเรขาคณิตพลวัตอื่น ๆ เพื่อสร้างรูปเรขาคณิต ตลอดจนนำความรู้เกี่ยวกับการสร้างนี้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

8) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ และใช้ความรู้ ความเข้าใจนี้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ

9) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม และใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

10) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของเส้นขนาน รูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ รูปสามเหลี่ยมคล้าย ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหานี้ในชีวิตจริง

11) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการแปลงทางเรขาคณิต และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

12) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

13) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องทฤษฎีบทเกี่ยวกับวงกลม และนำความรู้ความเข้าใจนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

14) มีความรู้ความเข้าใจหงสถิติในการนำเสนอข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรมค่ากลางของข้อมูล และแผนภาพกล่องและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้รวมทั้งนำสถิติไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม

15) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความน่าจะเป็นและใช้ความรู้ความเข้าใจนี้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะการเรียนรู้นักคณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551) พบว่า หลักสูตรมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณ คิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันให้มี ประสิทธิภาพ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการหนึ่งที่สอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัดที่ระบุอย่างชัดเจนถึงการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และ เรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมยังเป็นกิจกรรมที่เน้น การบูรณาการองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งจะช่วย ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

## 2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม

### 2.1 ความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพบว่าขีดความสามารถของ เยาวชนในประเทศไม่ได้เป็นอันดับหนึ่งในหลาย ๆ ด้าน ดังที่เคยเป็นมา ในขณะที่หลาย ๆ ประเทศ ทั่วโลกมีความก้าวหน้าไปมาก พบว่าผลการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) และการทดสอบด้าน คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) ของเยาวชนในประเทศสหรัฐอเมริกานั้นต่ำกว่าหลายประเทศ ซึ่งคะแนนวิชา วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง แสดงให้เห็นถึงความถดถอยของการจัดการศึกษาในปี ค.ศ. 2006 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2003 รวมทั้งรายงานของ Kappan ที่ประเมินผลว่านักเรียนอเมริกันทำ คะแนนได้ต่ำสุดในโจทย์แก้ปัญหา นอกจากนั้นประเทศสหรัฐอเมริกามีนักเรียนและนักศึกษาที่ สนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดจำนวนลง ประชากรที่ทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมีจำนวนน้อยลง ในผลการศึกษาระบุว่า ประชากรระดับคุณภาพที่ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิทยาศาสตร์และกำลังทำงานส่วนใหญ่เป็นคนต่างชาติ มากกว่าเป็นชาวอเมริกันเอง แสดงให้เห็นถึงความขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ เป็นผลให้เกิดปัญหา ด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้น นโยบายการศึกษาแบบสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางที่จะช่วย แก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยรัฐบาลสหรัฐอเมริกาคาดหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบระหว่าง ประเทศต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น PISA, TIMSS และอื่น ๆ ให้สูงขึ้น อันจะส่งผลให้ประชากรมีคุณภาพ ชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น และจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษ ที่ 21 (พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556, หน้า 49-56)

ในการนำนโยบายการศึกษาแบบสะเต็มศึกษา ลงสู่การปฏิบัติของประเทศสหรัฐอเมริกา ในรัฐบาลประธานาธิบดีบารักโอบามาได้ให้การส่งเสริมโดยการเพิ่มปริมาณและคุณภาพของครูที่สอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นก่อนมัธยมปลาย (PreK-12) เพิ่มงบประมาณในการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์นวัตกรรมแก่โรงเรียนต่าง ๆ ทั่วประเทศเช่น การสร้างแบบจำลองการสร้างเกมส์เสมือนจริง (Interactive games) ระบบการเรียนรู้อย่างชาญฉลาด (Intelligent tutoring systems) เป็นต้น รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีสนับสนุนเครือข่ายทางสังคม ที่ช่วยสร้างความร่วมมือระหว่างครูแต่ละสถาบันทั่วประเทศ ในการแบ่งปันทักษะและช่วยเหลือกันและกันในการพัฒนานักเรียน จัดตั้งคณะกรรมการการศึกษาสะเต็มเพื่อพัฒนาความร่วมมือระหว่างหน่วยงานของรัฐและคณะกรรมการในการส่งเสริมการพัฒนาเนื้อหาหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ การปรับปรุงวิธีการประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยทดสอบทักษะการออกแบบและการดำเนินการทดลอง การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล และทักษะการติดต่อสื่อสาร การพัฒนาการศึกษาในระดับวิทยาลัยและมหาวิทยาลัย เช่น การเพิ่มบุคลากรด้านงานวิจัย การปรับปรุงและการขยายการศึกษาด้านสะเต็ม การกระตุ้นให้คนอเมริกันมีความเป็นเลิศทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์โดยการเผยแพร่ผลงานทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ประชาชนได้ทราบว่าวิทยาศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของพวกเขาอย่างไร(สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำสถานเอกอัครราชทูตประจำกรุงวอชิงตัน, 2560, หน้า 10-11)

นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วในประเทศอื่น ๆ ต่างก็ตื่นตัวและให้ความสนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เช่น ในประเทศจีน โดยในปี พ.ศ. 2558 ประเทศจีนจะผลิตบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ STEM Degree ประมาณ 3.5 ล้านคน ซึ่งไม่รวมในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ซึ่งแสดงถึงความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในอนาคต(เอเอสทีวีผู้จัดการออนไลน์, 2556 อ้างใน พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, หน้า 51) ในประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นหน่วยงานหลักในการยกระดับการศึกษาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ มีบทบาทในการริเริ่มส่งเสริมให้มีการศึกษาค้นคว้า วิจัยและพัฒนาหลักสูตร วิธีการสอน วิธีการเรียนรู้ รวมถึงวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อให้เยาวชนไทยได้พัฒนาทักษะ กระบวนการคิด วิเคราะห์ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งเห็นความสำคัญ

ของการเรียนคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, หน้า 1)

คณะกรรมการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีมติเห็นชอบให้สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีดำเนินโครงการสะเต็มศึกษา (STEM Education) และได้มีการกำหนดแผนการดำเนินงานดังนี้ พ.ศ. 2556 จัดตั้งคณะทำงานและศูนย์สะเต็มศึกษา (STEM Academy) รวมทั้งประชาสัมพันธ์สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานต่าง ๆ พัฒนากิจกรรมสะเต็มตลอดจนพัฒนาครูและบุคลากรสะเต็มเพื่อสร้างแนวทางการดำเนินงานและวัดผลสะเต็มศึกษา ให้เป็นรูปธรรม และหลังจากนั้นจึงขยายไปสู่วงกว้างต่อไป พ.ศ. 2557 จัดให้มีการประเมินโครงการนำร่องเพื่อพัฒนาเป็นแผนแม่บท (Master Plan) และแผนที่นำทาง (Roadmap) ประกอบการร่างนโยบายแห่งชาติเสนอต่อรัฐบาลและเตรียมการขยายผลในทุกจังหวัด พ.ศ. 2558 เริ่มจัดตั้ง iSTEM เป็นศูนย์กลางกระจายสื่อการสอนผ่านทางอินเทอร์เน็ตและร้านสะดวกซื้อเพื่อสนับสนุนสะเต็มศึกษา และจัดตั้ง STEM Hall of Fame เพื่อยกย่องเชิดชูเกียรติ นักเรียน นักศึกษา ครูอาจารย์ และทูตสะเต็ม (ผู้เชี่ยวชาญ)

สรุปความเป็นมาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเริ่มต้นขึ้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากนักเรียนของประเทศสหรัฐอเมริกามีผลคะแนนน้อยกว่าการทดสอบโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) และการทดสอบด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study หรือ TIMSS) และนักเรียนของประเทศสหรัฐอเมริกาไม่สามารถนำความรู้ในเนื้อหาที่ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ รวมถึงปัจจัยการขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ของประเทศที่ทำงานทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศลดลงซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและความเป็นอยู่ของประชาชน รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจึงเห็นความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา และได้บรรจุลงในหลักสูตร เพื่อจะช่วยเหลือส่งเสริมให้เยาวชนมี ทักษะที่จำเป็นและนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน สร้าง ประดิษฐ์นวัตกรรมต่าง ๆ และยกระดับผลสอบต่าง ๆ เป็นการเตรียมนักเรียนให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

## 2.2 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, หน้า 4) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผสมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรม เพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี และนำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองของความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

สะเต็มศึกษา(STEM Education) เป็นการบูรณาการทั้งการรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) การรู้เทคโนโลยี(Technology Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) และการรู้วิศวกรรม (Engineering Literacy) เข้าด้วยกัน (เขมวดี พงศานนท์ อังอิงใน สิริธนา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 202)อธิบายความหมายแต่ละส่วนไว้ ดังนี้

1) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาในสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) ความสามารถที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสาขาวิชา และมีทักษะปฏิบัติเชิงวิทยาศาสตร์

2) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี

3) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ ช่วยในการวินิจฉัยและตัดสินใจ

4) การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจในการพัฒนา หรือ การได้มาของเทคโนโลยีโดยใช้การออกแบบเชิงวิศวกรรม และความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

สะเต็มศึกษา(STEM Education) คือการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์(Science: S) เทคโนโลยี(Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์(Engineer: E) และคณิตศาสตร์(Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ ตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน ซึ่งอาศัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกันเพราะใน

การทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ นอกจากนี้สะเต็มศึกษายังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Dejarnette, 2012; Wayne 2012; Breiner, et al., 2012 อ้างอิงใน พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556, หน้า 50)

มนตรี จุฬารัตนกุล (2556, หน้า 16) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาลประถมศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ หรือสมการทางคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิถีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักการนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญๆ ที่พบในชีวิตจริง

อภิสิทธิ์ ธงชัยและคณะ (2555) การคิดค้นหรือพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใหม่เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในแต่ละสาขาวิชา หรือบางคนเข้าใจว่าเป็นการสอนที่เน้นความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นแกน และนำความรู้ด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์มาเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ขึ้น

อุปการ จีระพันธ์ (2556, หน้า 32) ให้ความหมายของ STEM Education (สะเต็มศึกษา) ไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ ที่เชื่อมโยงกับการดำรงชีวิต หรือการประกอบอาชีพ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ จะทำให้การเรียนการสอน S T E และ M เป็นไปอย่างมีความหมาย จะทำให้ผู้เรียนรู้ว่าสิ่งที่เรียนไปจะไปใช้ได้กับชีวิตหรือประกอบอาชีพใน ส่วนใดบ้าง

เชมวดี พงศานนท์ (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือแนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานโดยอธิบายความหมายของแต่ละส่วนไว้ดังนี้

1) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ ให้เหตุผลและการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้าง อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกันรวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

2) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Science Literacy) หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา (หลักการ กฎ และทฤษฎี) วิชาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์ เคมี ชีวะ โลก อวกาศ ดาราศาสตร์) สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาสาระระหว่างสาขาวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

3) การรู้เรื่องเทคโนโลยี (Technology Literacy) หมายถึง ความเข้าใจและสามารถในการใช้งานและเข้าถึงเทคโนโลยี(กระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์)

4) การรู้เรื่องวิศวกรรม (Engineering Literacy) หมายถึง ความเข้าใจการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการและพัฒนาคุณภาพชีวิต

สุพรรณิ ขาญประเสริฐ(2557, หน้า 23) ได้ให้ความหมายสะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึง การกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือทำงานแบบร่วมมือ

ชลธิป สมานิต (ชลธิป สมานิต, 2557 อ้างอิงใน กำธร คงอรุณ, 2559, หน้า 19-20) ได้ให้ความหมายของสะเต็มไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการศึกษาแบบบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ หรือ STEM เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละวิชาและกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตอยู่ในปัจจุบันและอนาคต

สมชาย พัฒนาชวนชม (2557, หน้า 50) การเรียนรู้แบบ STEM เป็นแนวคิดในการบูรณาการความรู้ศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้ในเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาปรับปรุงปัญหาเดิมให้ดีขึ้นด้วยแนวทางอื่น ๆ ซึ่งการเรียนรู้แบบ STEM สามารถนำมาใช้ทำโครงการได้โดยการใช้เทคโนโลยีด้าน ICT ตั้งแต่สืบเสาะค้นคว้า

เชื่อมโยงความรู้ ออกแบบโครงงานลงมือปฏิบัติ จนถึงการนำเสนอโครงงาน ตลอดจนพัฒนาทักษะต่าง ๆ ระหว่างทำโครงงาน ซึ่งทักษะเหล่านี้ล้วนจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและการแข่งขันในงานอาชีพแห่งยุคศตวรรษที่ 21

รักษพล ธนานวงศ์ (2556, หน้า 1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษา คือการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะทางด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) รวมเข้าด้วยกัน โดยเน้นการทำงานร่วมกันเป็นทีม เน้นการเรียนการสอนแบบประสานรวมกันของทั้ง 4 วิชา ซึ่งล้วนเป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เต็มไปด้วยเทคโนโลยีและข้อมูลข่าวสารมากมาย อีกทั้งวิชาทั้ง 4 เป็นวิชาที่มีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจ การพัฒนาคุณภาพชีวิต และความมั่นคงของประเทศ

พรทิพย์ ศิริภักตราชัย (2556, หน้า 50) กล่าวว่าสะเต็มศึกษาคือการสอนแบบ (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ (Mathematics หรือ M) วิทยาศาสตร์ (Science หรือ S) เทคโนโลยี (Technology หรือ T) และ วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer หรือ E) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้า และพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ

ไมเคิล เบอรรี่ และคณะ (Brophy, et al., 2008, P225) ได้ให้ความหมาย STEM หมายถึง การบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM) ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและสามารถส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาและที่สำคัญสามารถช่วยสร้างการเชื่อมต่อโลกแห่งความจริง

โรเบิร์ต (Robert, 2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกุล, 2557, หน้า 202) ได้อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกันเป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมดังกล่าวทำได้โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนรากฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) ดังนั้น Robert จึงมองว่า สะเต็มศึกษา อาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือ วิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies) อาทิ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)

โคลเลอร์และคณะ (Koehler, et al., 2013 อ้างอิงใน พัทธลย์ อุดมสันติ, 2560) ได้อธิบายถึงความหมายของสะเต็มศึกษาว่า สะเต็มศึกษาคือ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้ทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ และสามารถตัดสินใจแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาข้างต้น สามารถสรุปความหมายได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทั้งสี่สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และยังเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

### 2.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ให้นักเรียนได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการค้นคว้า การสำรวจตรวจสอบหรือการทดลองที่เน้นทักษะการคิดอย่างมีระบบคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่มีประจักษ์พยานสนับสนุนการจัดการเรียนรู้แนวทางนี้จะเป็นวิธีที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามที่เกิดจาก สิ่งที่สนใจ หรือเกิดจากการอภิปรายร่วมกันในกลุ่มมีการกำหนดขอบเขตการศึกษา และวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบ เช่นการทำการทดลอง การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือต่าง ๆ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแนวทางนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถด้านต่าง ๆ ของนักเรียนได้แก่ การมีทักษะทางสังคม มีความคิดสร้างสรรค์ (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, หน้า 136)

2.3.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน (Research-based learning) เป็นกระบวนการพัฒนานักเรียนให้สามารถใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้คิดค้นคำตอบและตัดสินใจในการเรียนรู้ของตนเองและเป็นการจัดให้นักเรียนได้เรียนรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ใหม่หรือค้นหาคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผล โดยอาศัยกระบวนการตรวจสอบในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ

เรื่องที่ศึกษาวิจัยในการดำเนินการสืบค้น พิสูจน์ ทดสอบเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล (ลัดดา ภูเกียรติ, 2552, หน้า 146)

2.3.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่พบเจอในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยสร้างองค์ความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม ปัญหาจากสถานการณ์จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยผู้สอนอาจนำนักเรียนให้เผชิญสถานการณ์ปัญหาจริงหรือจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ที่มาของปัญหาและการแก้ไขปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยเหลือกันให้เห็นถึงความสำคัญของปัญหาและเห็นถึงวิธีการแก้ไขที่หลากหลายจากสมาชิกภายในกลุ่มรวมถึงช่วยให้นักเรียนเกิดการใฝ่รู้และเกิดทักษะกระบวนการในการแก้ไขปัญหา (ทศนา แหมมณี 2557, หน้า 137-138)

2.3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการเป็นฐาน (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนได้ ความรู้จากการเป็นคนลงมือปฏิบัติโดยนักเรียนจะมีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ถึงปัญหาร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อกำหนดกรอบในการหาแนวทางการแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะ ค้นคว้ามาช่วยในการแก้ปัญหามีการสะท้อนความคิดจากประสบการณ์ของนักเรียน มีโอกาสทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และสามารถใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ไขปัญหา จนนำไปสู่การทำโครงการซึ่งเป็นสิ่งที่นักเรียนให้ความสนใจเพราะการทำโครงงานสามารถเลือกหัวข้อ ที่จะค้นคว้าเองได้โดยที่ครูทำหน้าที่เพียงผู้ช่วยคอยชี้แนะเท่านั้น (ลัดดา ภูเกียรติ, 2552, หน้า 146)

2.3.5 แนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design) มีจุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม คือการผนวกแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาก็เกี่ยวข้องกันชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012 อ้างอิงในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กระทรวงศึกษาธิการ, ม.ป.ป. หน้า 16-17) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นระบุปัญหา 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา 5. ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6. ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล

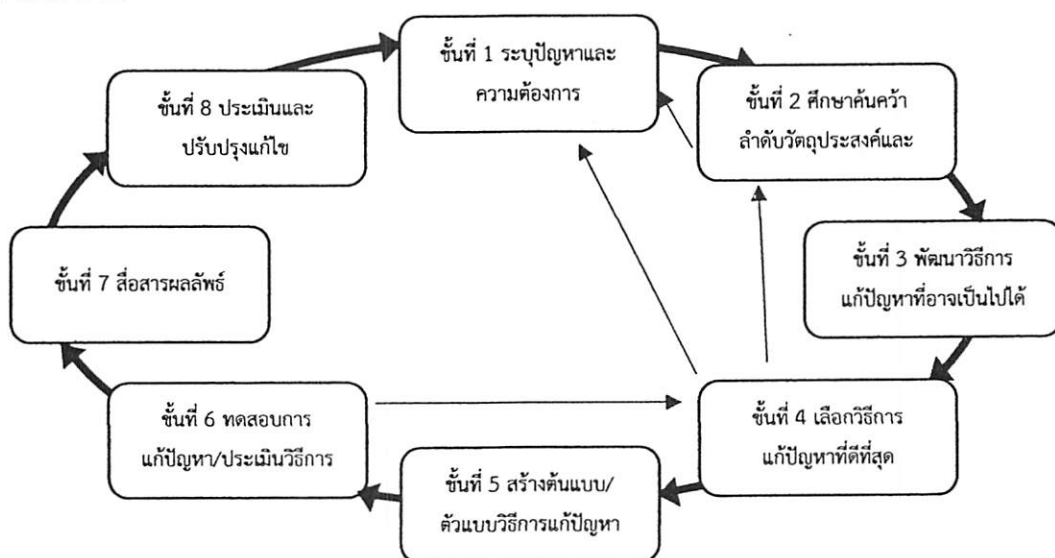
การแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน จากขั้นตอนทั้ง 6 สามารถเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ดังภาพ 1



ภาพ 1 แสดงวงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ National Research Council (ที่มา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2557)

บิลเลียร์, ฮัลเบิลแบงค์, โอลิวา และมาเมซานโน (Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano (2014) อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 204) กล่าวว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ตั้งอยู่บนฐานของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาและความต้องการ ขั้นที่ 2 ศึกษาค้นหา ลำดับวัตถุประสงค์และข้อจำกัด ขั้นที่ 3 พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเป็นไปได้ ขั้นที่ 4 เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ขั้นที่ 5 สร้างต้นแบบ/ตัวแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 6 ทดสอบการแก้ปัญหา/ประเมินวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 7 สื่อสารผลลัพธ์ ขั้นที่ 8 ประเมินและปรับปรุงแก้ไข

จากขั้นตอนทั้ง 6 สามารถเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ที่มาจาก Billiar, Hubelbank, Oliva and Camesano (2014 P5 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 204)

จากการศึกษา แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้หลายแนวทาง ได้แก่ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้วิจัยเป็นฐาน แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้การทำโครงการเป็นฐาน และแนวทางกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนได้นำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ที่ได้จากการเรียนรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทในชีวิตจริง ช่วยให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานที่สามารถจับต้องได้ เพื่อที่ช่วยแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนเรียนรู้กระบวนการออกแบบ การวางแผนการทำงานและการค้นคว้าวิธีการที่มีความหลากหลายอย่างสร้างสรรค์และเหมาะสมที่สุด ผู้วิจัยเห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2.4 การบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่

1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary integration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ., 2558, น.4 อ้างอิงใน กมลฉัตร กล่อมฉิม. หน้า 338-340)

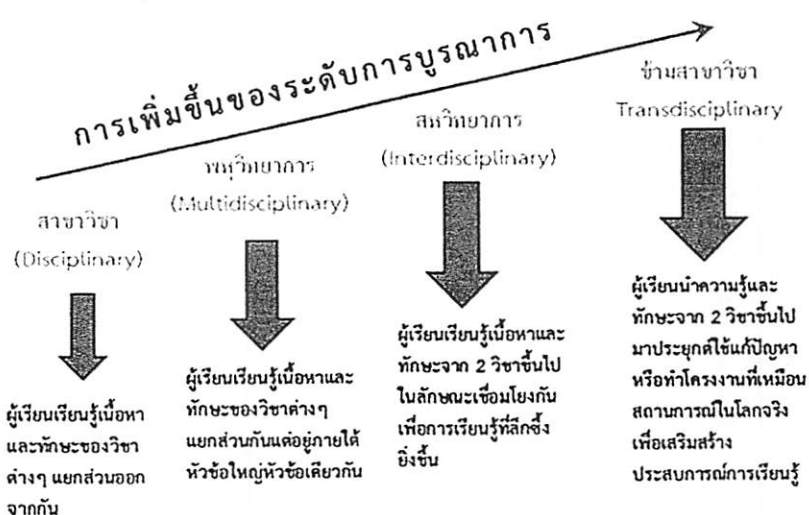
2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความ



เชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.4 อ้างอิงใน กมลฉัตร กล่อมอิม. หน้า 338-340)

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาด้วยกัน โดยกิจกรรมมี การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอน ในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหา หรือตัวชี้วัดนั้น (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.5 อ้างอิงใน กมลฉัตร กล่อมอิม. หน้า 338-340)

4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans disciplinary Integration) เป็น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนประยุกต์ความรู้และทักษะ เหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของ ตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูกำหนดกรอบ หรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆแล้วให้นักเรียนระบุนปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ การเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.5 อ้างอิงใน กมลฉัตร กล่อมอิม. หน้า 338-340)



ภาพ 3 แผนภาพระดับของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการ (ที่มา Vasquez, J. A., Snelder, C. and Commer, M. (2013), P1 อ้างอิงใน กมลฉัตร กล่อมอิม. หน้า 338-340)

### 3. การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical literacy)

#### 3.1 ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematical Literacy) เป็นส่วนหนึ่งในโครงการประเมินผลการศึกษา ของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development : OECD) เรียกว่าโครงการ PISA (Programme for International Student Assessment) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลรวมของการศึกษาภาคบังคับที่ รัฐจัดให้แก่ประชาชน คือ ดูว่าระบบได้ให้การศึกษเพื่อเตรียมตัวประชาชนให้มีความรู้และทักษะที่ จำเป็นสำหรับการเป็นผู้ใหญ่และอยู่ในสังคมในอนาคตได้ดีเพียงใด เนื่องจากถือว่าการพัฒนาทางการศึกษา คือปัจจัยหลักของการพัฒนาและแข่งขันทางเศรษฐกิจ การประเมินโครงการของ PISA เป็นการหาตัวชี้วัดและบ่อนข้อมูลคุณภาพการศึกษาให้กับประเทศสมาชิก OECD จึงเน้นการประเมิน ความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับชีวิต โดยประเมินการรู้ (Literacy) ) ซึ่ง PISA ถือว่าวิชาที่เป็น ตัวแทนของการวางรากฐานของการดำเนินชีวิต ได้แก่ การรู้ ด้าน การอ่าน คณิตศาสตร์และ วิทยาศาสตร์ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่เข้าร่วมโครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิก องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ ดังนั้น ผู้สอนจึงควรศึกษาหาข้อมูลสารสนเทศที่จำเป็น เพื่อนำ ข้อมูลดังกล่าวมาปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของประเทศให้มีคุณภาพมากขึ้น

1. ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เนื่องจากการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นคำที่ใช้แทนคำว่า ความรู้คณิตศาสตร์ นักการศึกษาได้ ให้ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังนี้

Bussiere (2001 อ้างอิงใน ทองพันธ์ ยงกุล, 2554, หน้า 20) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า เป็นการนำเอาความรู้และทักษะคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายที่อาจพบในชีวิตจริงหรือบริบทที่ต่างกันและในวิธีการที่ต่างกัน ซึ่งการที่จะใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวได้ ต้องมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ การนำความรู้คณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การเป็นบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์และมีความมั่นใจในตนเอง

Ontario (1999 อ้างอิงใน ทองพันธ์ ยงกุล, 2554, หน้า 20) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า การมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ทักษะทางคณิตศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผล การแก้ปัญหาและการสื่อสาร การคิด วิเคราะห์และที่สำคัญที่สุดคือการมีความสามารถและ

แรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญในการจัดทำหลักสูตรสำหรับนักเรียนในวัน  
ข้างหน้า

Organization for Economic Co-operation and Development (2019, P 75) ให้นิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า การรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิด  
ประยุกต์ใช้สูตรและตีความทางคณิตศาสตร์ในบริบทที่มีความหลากหลาย ในบริบทที่มีความ  
หลากหลายจะต้องใช้การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วย การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การ  
ใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง และเครื่องมือทาง  
คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้ช่วยให้แต่ละบุคคลตระหนักถึง  
บทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในโลกและเป็นการเสริมสร้างการพิจารณาและการตัดสินใจที่ดี  
ขึ้นของบุคคล(ใช้กรอบการประเมินของ PISA 2012)

กาญจนา จิตกังวัน (2559, หน้า 36) ให้นิยาม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หรือความรู้  
คณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของ บุคคลในการคิด ใช้และตีความคณิตศาสตร์ใน  
สถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการให้เหตุผล อย่างเป็นคณิตศาสตร์ใช้แนวคิด และ  
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

บัลเซียร์ (Bussiere, 2001 อ้างอิงใน กาญจนา จิตกังวัน, 2559) ให้นิยามการรู้เรื่อง  
คณิตศาสตร์ว่า การนำเอาความรู้และทักษะ คณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายที่อาจพบใน  
ชีวิตจริงหรือบริบทที่ต่างกันและในวิธีการ ที่ ต่างกัน ซึ่งการที่จะใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวได้  
ต้องมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ การนำความรู้คณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาใน  
สถานการณ์ต่าง ๆ การเป็นบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ และมีความมั่นใจในตนเอง

สุชาติ บัณฑิต (2557, หน้า 35) ได้ให้ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ว่า  
การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือความสามารถของบุคคลในการคิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์ใน  
สถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายรวมถึงการให้เหตุผลอย่างเป็นคณิตศาสตร์ใช้แนวคิดและ  
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

สุนีย์ คล้ายนิล (2549, หน้า 1) ให้นิยาม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์มีความหมาย  
มากกว่าการคิดเลข และการทำโจทย์ปัญหา การรู้จักรูปคณิตศาสตร์ หรือการจัดการกับข้อมูล  
คณิตศาสตร์แต่ หมายถึงรวมถึง ระบุขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์ สามารถติดตามและ  
ประเมินผลข้อโต้แย้งเชิงคณิตศาสตร์ เสนอปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ เลือกวิธีนำเสนอสถานการณ์เชิง  
คณิตศาสตร์และสามารถ ตัดสินปัญหาบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ นิยามของการรู้เรื่อง  
คณิตศาสตร์ ของ PISA จึงไม่เหมือนกับการนิยามการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ทั่วไป โดยเน้นการ

ประเมินความสามารถของนักเรียนที่นำเอาความรู้และ ทักษะคณิตศาสตร์มาใช้ในสถานการณ์ที่ท้าทายที่อาจพบในชีวิตจริงหรือบทบาทที่ต่างกัน และในวิธีการที่ต่างกัน ซึ่งการที่จะใช้ความรู้และทักษะดังกล่าวได้ต้องมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ที่เรียนใน โรงเรียนอย่างดีพอ

สรุปได้ว่า การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของนักเรียนในการคิดประยุกต์ใช้กฎ บทนิยาม ทฤษฎีและหลักการทางคณิตศาสตร์ในการตัดสินใจ แก้ปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆที่มีความหลากหลายในชีวิตประจำวันรวมถึงสามารถอธิบายโดยให้เหตุผลที่เป็นคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

### 3.2 การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ของ PISA 2018 ใช้กรอบการประเมินปี 2012 มีขอบเขตการประเมินครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ 1. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายสิ่งที่แต่ละคนทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับคณิตศาสตร์แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา 2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาและ 3. สถานการณ์หรือบริบทที่ปัญหานั้นตั้งอยู่ในการประเมิน ดังตารางที่ 1 (PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, 2019, หน้า 73)

ตาราง 1 แสดงกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018

กระบวนการทางคณิตศาสตร์	เนื้อหาคณิตศาสตร์	สถานการณ์หรือบริบท
<ul style="list-style-type: none"> <li>● การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</li> <li>● การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การตีความและประเมินผลลัพธ์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ปริมาณ (Quantity)</li> <li>● ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data)</li> <li>● การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)</li> <li>● ปริภูมิและรูปทรงสามมิติ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ส่วนตัว (Personal)</li> <li>● การงานอาชีพ (Occupational)</li> <li>● ทางสังคม (Societal)</li> <li>● ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific)</li> </ul>

ที่มา: PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, 2019, หน้า 73



ภาพ 4 แสดงแบบจำลองการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติ  
ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### 3.2.1 กระบวนการทางคณิตศาสตร์

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการได้แก่

3.2.1.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหา และให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- 1) การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- 2) การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์
- 3) การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น
- 4) การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท

5) การแสดงแทนสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม

6) การแสดงแทนปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม

7) การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์

8) การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน

9) การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ

10) การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)

3.2.1.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หมายถึง ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

1) การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้

2) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม

3) การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา

4) การดำเนินการในเรื่องจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิติ นิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต

5) การสร้างแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น

6) การใช้และการสลับที่ระหว่างการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา

7) การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา

8) การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

3.2.1.3 การตีความและประเมินผลลัพธ์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถสะท้อนวิธีแก้ปัญหาผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาในโลกชีวิตจริง ได้แก่

- 1) การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง
- 2) การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง
- 3) ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร
- 4) การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา
- 5) ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6) การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามกรอบการประเมินของ PISA 2018 แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ 1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และ 3. การตีความและประเมินผลลัพธ์ พบว่ากระบวนการต่าง ๆ มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มาตรฐาน ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและประยุกต์ใช้อัตราส่วนสัดส่วนและร้อยละ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และปัญหาในชีวิตจริง แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA

สาระ	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA
สาระที่ 1 จำนวน และ พีชคณิต	มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความ หลากหลายของ การแสดงจำนวน ระบบจำนวน การเนิกรของ จำนวนผลที่ เกิดขึ้นจากการ ดำเนินการ สมบัติของการ ดำเนินการ และ นำไปใช้	ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจ และ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1.1 การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุ ตัวแปรที่สำคัญ 1.2 การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของ ปัญหาหรือสถานการณ์ 1.3 การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทาง คณิตศาสตร์ง่ายขึ้น 1.4 การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจาก การทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท 1.5 การแสดงแทนสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม 1.6 การแสดงแทนปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับ แนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม



ตาราง 2 (ต่อ)

สาระ	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA
สาระที่ 1 จำนวน และ พีชคณิต	มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความ หลากหลายของ การแสดงจำนวน ระบบจำนวน การเนิการของ จำนวน ผลที่ เกิดขึ้นจากการ ดำเนินการ สมบัติของการ ดำเนินการ และ นำไปใช้	ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจ และ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1.7 การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดง เชิงคณิตศาสตร์ 1.8 การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน 1.9 การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทาง คณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ 1.10 การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิง คณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิง กราฟ) 2. การใช้หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ได้แก่ 2.1 การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้ 2.2 การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้อง หรือเหมาะสม 2.3 การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการ แก้ปัญหา

ตาราง 2 (ต่อ)

สาระ	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA
สาระที่ 1 จำนวน และ พีชคณิต	มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความ หลากหลายของ การแสดงความ ระบบจำนวน การเนนการของ จำนวนผลที่ เกิดขึ้นจากการ ดำเนินการ สมบัติของการ ดำเนินการ และ นำไปใช้	ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจ และ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	2. การใช้หลักการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ได้แก่ 2.4 การดำเนินการในเรื่องจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์ พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต 2.5 การสร้างแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทาง คณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น 2.6 การใช้และการสลับที่ระหว่างการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา 2.7 การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา 2.8 การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ ทางคณิตศาสตร์

ตาราง 2 (ต่อ)

สาระ	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ PISA
สาระที่ 1 จำนวน และ พีชคณิต	มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความ หลากหลายของ การแสดงจำนวน ระบบจำนวน การเน้นการของ จำนวนผลที่ เกิดขึ้นจากการ ดำเนินการ สมบัติของการ ดำเนินการ และ นำไปใช้	ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจ และ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	3. การตีความ และประเมินผลลัพธ์ ได้แก่ 3.1 การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง 3.2 การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหามทางคณิตศาสตร์ในบริบทของ ปัญหาโลกชีวิตจริง 3.3 ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ ได้อย่างไร 3.4 การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสม หรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา 3.5 ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหามทาง คณิตศาสตร์ 3.6 การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา

### 3.2.2 สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Competencies)

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในกรอบโครงสร้างนี้มี 7 ข้อ ดังต่อไปนี้

1) การสื่อสาร (Communication) ความสามารถของแต่ละบุคคลคนที่รับรู้การมีอยู่ของสิ่งที่ทำหาย และถูกกระตุ้นให้รู้และเข้าใจสถานการณ์ปัญหา การอ่าน การถอดรหัส และการตีความข้อความคำถาม ภาระงานหรือสิ่งต่าง ๆ ทำให้แต่ละคนสามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ขึ้นมาในใจ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเข้าใจปัญหา การทำปัญหาให้ง่ายขึ้น และการคิดสร้างปัญหา ในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา ผลที่ได้ทันทีอาจจำเป็นต้องมีการสรุปและนำเสนอ หลังจากที่ได้พบวิธีแก้ปัญหาแล้วผู้แก้ปัญหาจำเป็นต้องนำเสนอวิธีแก้ปัญหานั้นและบางครั้งต้องมีการอธิบายและให้เหตุผลกับผู้อื่นด้วย

2) การทำให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematising) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับการแปลงปัญหาในโลกชีวิตจริงให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง (ซึ่งรวมทั้งการสร้างโครงสร้าง การสร้าง แนวคิดหลัก การสร้างสมมติฐาน และ/หรือการคิดแบบจำลอง) หรือการตีความ หรือการประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้เชื่อมโยงกับปัญหาเดิม

3) การแสดงแทน (Representation) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์มักเกี่ยวข้องกับการแสดงเครื่องหมายแทนของสิ่งต่าง ๆ และสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง นำมาซึ่งการคัดเลือก การตีความ การแปล และการแสดงเครื่องหมายแทนที่หลากหลายในการจับประเด็นของสถานการณ์ ปฏิสัมพันธ์กับปัญหา หรือเพื่อนำเสนองาน การแสดงแทน ได้แก่ กราฟ ตาราง แผนภาพ รูปภาพ สมการ สูตร และสื่อที่เป็นรูปธรรม

4) การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง (Reasoning and argument) ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ถูกนำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนและแต่ละกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์คือ การให้ เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับพื้นฐานของความเป็นเหตุเป็นผลใน กระบวนการคิดที่ค้นหาและเชื่อมโยงกับองค์ประกอบของปัญหา เพื่อใช้สร้างข้อสรุปจากสิ่งเหล่านั้นตรวจสอบการให้เหตุผลที่ได้รับ หรือแสดงการให้เหตุผลของข้อความหรือวิธีแก้ปัญหา

5) การสร้างกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหา (Devising strategies for solving problems) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์จำเป็นต้องคิดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการควบคุมขั้นสูงที่นำแต่ละคนไปสู่การรู้การสร้าง และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะนี้มีลักษณะที่เป็นการเลือก หรือคิดแผน หรือกลยุทธ์ที่จะใช้

คณิตศาสตร์ใน การแก้ปัญหาที่มาจากภาระงานหรือบริบท และการชี้แนวทาง การนำไปใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์นี้อาจต้องใช้ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการแก้ปัญหา

6) การใช้สัญลักษณ์ภาษาที่เป็นทางการและภาษาเทคนิค และการดำเนินการ (Using symbolic, formal and technical language and operations) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้ สัญลักษณ์ภาษาที่เป็นทางการและภาษาเทคนิค และการดำเนินการ ซึ่งประกอบด้วย ความเข้าใจ การตีความ การจัดการ และการใช้นิพจน์สัญลักษณ์ในบริบททางคณิตศาสตร์ (ได้แก่นิพจน์พีชคณิต และการดำเนินการ) เพื่อดำเนินการตามแบบแผนและกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ และยักรวมถึง ความเข้าใจ และการใช้โครงสร้างตามแบบแผนที่มาจากนิยาม กฎเกณฑ์และระบบตามแบบแผนและการใช้อัลกอริทึมกับองค์ความรู้เหล่านี้ด้วย สัญลักษณ์กฎเกณฑ์และระบบจะถูกใช้ตามความรู้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับภาระงานนั้น ๆ โดยเฉพาะในการสร้างแก้ปัญหาหรือตีความทางคณิตศาสตร์

7) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (Using mathematical tools) สมรรถนะสุดท้ายนี้เป็นการ สนับสนุนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในทางปฏิบัติซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือ ทางคณิตศาสตร์รวมถึงเครื่องมือทางกายภาพ เช่น เครื่องมือวัด เครื่องคิดเลข และเครื่องมือในคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีให้ใช้มากขึ้นอย่างกว้างขวาง ความสามารถนี้เกี่ยวข้องกับ การรู้จักและการนำเครื่องมือที่หลากหลายมาใช้เพื่อช่วยในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์และการรู้ถึงข้อจำกัดของเครื่องมือ นั้น ๆ เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ยังสามารถมีบทบาทสำคัญในการให้ข้อมูลผลลัพธ์ด้วย

PISA ไม่ได้ต้องการที่จะสร้างข้อสอบเพื่อวัดสมรรถนะต่าง ๆ เฉพาะแต่ละสมรรถนะโดยตรง เพราะสมรรถนะของคนไม่ใช่สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดด ๆ แต่ในการแสดงความสามารถอย่างใด อย่างหนึ่งอาจมีหลายสมรรถนะซ้อนกันอยู่ ดังนั้น จึงไม่ได้วัดสมรรถนะโดด ๆ แต่ในการตอบข้อสอบ นักเรียนจำเป็นต้องมีและสามารถใช้สมรรถนะดังกล่าวแต่อาจจะใช้หลายสมรรถนะหรือเป็นกลุ่มของสมรรถนะในการแก้ปัญหาซึ่งรวมไว้เป็นสามกลุ่ม คือ

1. กลุ่มการทำใหม่ (Reproduction Cluster) กลุ่มสมรรถนะนี้หมายรวมถึงการทำคณิตศาสตร์ตามแบบตัวอย่างที่เคยฝึกฝนมาแล้วโดยใช้กระบวนการความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์ทั่วไปที่มักใช้อยู่ในการสอบคณิตศาสตร์ตามมาตรฐานโรงเรียน ซึ่งมักเป็นการแก้โจทย์ การคำนวณแบบเดิม ๆ แต่ก็ต้องใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทุกสมรรถนะข้างต้นในการแก้ปัญหา โจทย์

2. **กลุ่มการเชื่อมโยง (Connection Cluster)** กลุ่มการเชื่อมโยงต่อยอดมาจากกลุ่มการทำใหม่โดยประยุกต์ต่อไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ไม่เหมือนเดิมไม่ได้พบบ่อยเป็นประจำ แต่เนื้อหาของปัญหายังคงเกี่ยวข้องกับสมรรถนะกลุ่มแรกอยู่บ้างบางส่วน

3. **การสะท้อนและสื่อสาร (Reflection and Communication Cluster)** สมรรถนะกลุ่มการสะท้อนและสื่อสารทางคณิตศาสตร์นี้ มีเรื่องของการคิดไตร่ตรองสะท้อนกลับที่นักเรียนต้องใช้ในการแก้ปัญหาเข้ามารวมอยู่ด้วย จึงเกี่ยวข้องกับความสามารถในการวางแผนกลยุทธ์ การแก้ปัญหาและใช้กลยุทธ์นั้นในการแก้ปัญหตามสถานการณ์ของปัญหานั้นซึ่งมักมีองค์ประกอบที่ผู้เพิ่มมากขึ้นหรือซับซ้อนขึ้นหรือมีความหมายใหม่(หรือไม่คุ้นเคย)มากขึ้นกว่าในกลุ่มการเชื่อมโยง

การจำแนกกลุ่มสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะจำเพาะต่างกันสรุปได้ดังแผนภูมิต่อไปนี้



### 3.2.3 เนื้อหาคณิตศาสตร์

เนื้อหาคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 แบ่งออกเป็น 4 เรื่อง ได้แก่

#### 3.2.3.1 ปริมาณ (Quantity)

1) ความเข้าใจในเรื่องการวัดการนับขนาดของปริมาณ หน่วย ดัชนี ขนาด เปรียบเทียบและแบบรูปและแนวโน้มของจำนวนด้านความเป็นเหตุเป็นผลทางปริมาณ เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน การใช้ตัวแทนแบบพหุคูณ การคำนวณคล่อง การคิดคำนวณในใจ การประมาณการและการประเมินความสมเหตุสมผลการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวนที่เหมาะสมจะทำให้ นักเรียนสามารถปัญหาที่ตรงไปตรงมาที่กลับกันหรือที่ต้องการรู้สัดส่วนมาใน

2) สามารถประมาณอัตราการเปลี่ยนแปลงและบอกเหตุผลในการเลือกใช้ ข้อมูลและ ระดับความถูกต้องสำหรับเรื่องหนึ่งสามารถเลือกวิธีการ และลำดับขั้นตอนเพื่อแสดงว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้นและมีกรณีใดบ้างที่ทำได้ สามารถสร้างตัวแบบของวิธีการที่ใช้สำหรับ แก้ปัญหาที่ใช้ข้อมูลจากที่มีอยู่ในโลก

#### 3.2.3.2 ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainty and Data)

1) เป็นเรื่องที่มีอยู่ในวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและชีวิตประจำวัน และเป็นเรื่องที่เป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายรวมทั้ง ทฤษฎีความจะเป็นและสถิติและเทคนิคการพรรณนาการนำเสนอข้อมูลซึ่งถูกสร้างขึ้น

2) เนื้อหาเรื่องความไม่แน่นอนและข้อมูลรวมถึงการรู้ว่าตำแหน่งใดที่มีความ ผันแปรในกระบวนการมีการรับรู้ถึงปริมาณของความผันแปรการรับรู้ถึงความไม่แน่นอนและความ ผิดพลาดจากการวัดและความรู้ในเรื่องโอกาสที่จะเกิดขึ้น

3) การคิด การตีความเป็น และการประเมินข้อสรุปในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนเป็นจุดสำคัญซึ่งการนำเสนอและการตีความข้อมูลเป็นแนวคิดหลักของเนื้อหา ประเภทนี้

4) ความไม่แน่นอนพบได้ในการทำนายทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจความคิดเห็น การพยากรณ์อากาศและแบบแผนทางเศรษฐกิจการมีความแปรผันในกระบวนการผลิต คำนวณและผลการสำรวจรวมทั้งโอกาสซึ่งพบได้ในกิจกรรมสถานการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละคน

5) ความไม่แน่นอนพบได้ในการทำนายทางวิทยาศาสตร์ การสำรวจความคิดเห็นการพยากรณ์อากาศและแบบแผนทางเศรษฐกิจการมีความแปรผันในกระบวนการผลิต คำนวณและผลการสำรวจรวมทั้งโอกาสซึ่งพบได้ในกิจกรรมสถานการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละคน

### 3.2.3.3 การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)

1) ความเข้าใจเรื่องการเปลี่ยนแปลงแบบต่าง ๆ และการรู้ว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงจะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่ออธิบายและทำนายการเปลี่ยนแปลงนั้นได้อย่างไรซึ่งในทางคณิตศาสตร์การทำแบบจำลองและความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันและสมการที่เหมาะสมได้รวมถึงการคิดการตีความและถาวรแปลความตัวตนความสัมพันธ์ในเชิงความสัมพันธ์และกราฟด้วย

2) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์พบได้ในหลากหลายสถานการณ์ เช่น การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตดนตรีวัฏจักรของฤดูกาลแบบแผนของสภาพอากาศ ระดับการจ้างงานและสภาวะทางเศรษฐกิจ

3) มุมมองทางคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรเช่นเรื่องฟังก์ชันและพีชคณิต ได้แก่ นิพจน์ทางคณิตศาสตร์สมการและอสมการการแสดงในรูปตารางและกราฟ ก็เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างคำอธิบายการสร้างแบบจำลองและการตีความการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ต่าง ๆ

### 3.2.3.4 ปริภูมิและรูปทรงสามมิติ (Space and Shape)

1) ครอบคลุมปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างกว้างขวางซึ่งมีอยู่ทั่วทุกแห่งในโลกที่เราสามารถเห็นได้และมีลักษณะเป็นกายภาพได้แก่แบบรูปสมบัติของวัตถุ ตำแหน่งและทิศทางการแสดงแทนวัตถุการเข้ารหัสและถอดรหัสของสาระที่มองเห็นจากภาพได้ การนำทางและ ปฏิบัติสัมพันธ์ของกลศาสตร์กับรูปร่างจริงและการแทน

2) เรขาคณิตเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับปริภูมิและรูปทรง แต่เนื้อหา ปริภูมิและรูปทรงมีรายละเอียดเกินกว่าสาระของวิชาเรขาคณิตทั้งเรื่องความหมายและวิธีการทักษะการมองเห็นการวัดขนาด และพีชคณิต

3) PISA ถือว่าความเข้าใจแนวคิดหลักและทักษะเป็นสิ่งสำคัญของการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับปริภูมิและรูปทรงโดยการรู้เรื่องทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องปริภูมิและรูปทรงประกอบด้วย การดำเนินการขยายต่าง ๆ เช่น ความเข้าใจภาพวาดตามสัดส่วนที่มองเห็นการสร้างและการอ่านแผนที่ การเปลี่ยนรูปร่างโดยใช้และไม่ใช้เทคโนโลยีการตีความมุมมองภาพสามมิติจากมุมมองต่าง ๆ ที่มองเห็น และสร้างภาพแทน รูปร่าง

### 3.2.4 สถานการณ์หรือบริบท

ลักษณะสำคัญของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์คือ การที่คณิตศาสตร์ได้เข้าไปเกี่ยวข้องกับแก้ปัญหาที่อยู่ในบริบทหนึ่งซึ่งเป็นบริบทในโลกจริงที่มีปัญหานั้นตั้งอยู่ PSA 2018 ได้แบ่งบริบทออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้



3.2.4.1 บริบทส่วนตัว (Personal Context) บริบทนี้จะเน้นที่กิจกรรมของบุคคล ครอบครัว หรือกลุ่มเพื่อนโดยอาจเป็นเรื่องส่วนบุคคลซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมอาหาร การซื้อปัจจัย การเล่นเกมสุขภาพส่วนบุคคลการดิ้นกายภาพกรท่องเที่ยวการจัดตารางเลาสวนบุคคลและการจัดการทางการเงินส่วนบุคคล

3.2.4.2 บริบททางงานอาชีพ (Occupational Context) บริบทนี้เน้นที่การทำงานในโลกชีวิตจริงขนาด การคิดค่าใช้จ่ายและการตั้งชื่อวัดสำหรับการก่อสร้างการเงิน การบัญชี การควบคุมคุณภาพ การจัดทำหนดการรายการสินค้าการออกแบบสถาปัตยกรรมและการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจบริบทเกี่ยวกับอาชีพอาจมีความเกี่ยวข้องตั้งแต่งานที่ใช้แรงงานโดยไม่ต้องใช้ทักษะ จนถึงงานที่ต้องใช้ความเชี่ยวชาญระดับสูง

3.2.4.3 บริบททางสังคม (Societal Context) บริบทนี้นั้นที่ชุมชนหนึ่งๆไม่ว่าจะเป็นระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือระดับโลก เช่น ระบบการลงคะแนนเสียง การขนส่งสาธารณะ การปกครองนโยบายภาครัฐ ประชากร การโฆษณา สถิติแห่งชาติและเศรษฐกิจ แม้ว่าบริบทดังกล่าวจะเป็นเรื่องส่วนบุคคลแต่ถือว่ามีผลต่อสังคมในภาพรวม

3.2.4.4 บริบททางวิทยาศาสตร์ (Scientific Context) บริบทนี้เกี่ยวข้องกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในโลกชีวิตจริง และประเด็นหรือหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่นสภาพภูมิอากาศ หรือภูมิประเทศระบบนิเวศวิทยาการแพทย์ วิทยาศาสตร์อวกาศ พันธุกรรม การวัดและเรื่องที่เกี่ยวข้องกับโลกของคณิตศาสตร์ภายใต้บริบททางวิทยาศาสตร์

จากกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 ผู้วิจัยจะประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จากกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบไปด้วย 1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา 3. การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อหา เรื่อง ปริมาณ(Quantity) ของ PISA ครอบคลุมทั้ง 4 บริบท ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบททางสังคม บริบททางงานอาชีพ และบริบททางวิทยาศาสตร์

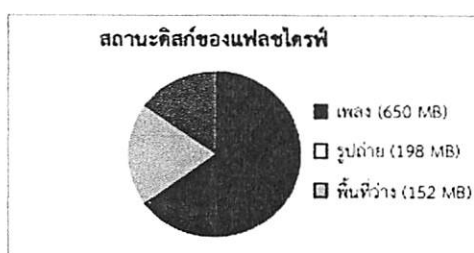
### 3.3 รูปแบบของข้อสอบ

รูปแบบข้อสอบของ PISA 2018 ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบเลือกตอบเชิงซ้อน ข้อสอบแบบเขียนตอบแบบปิด และข้อสอบแบบเขียนตอบแบบอิสระ ซึ่งแต่ละแบบมีตัวอย่างดังต่อไปนี้

#### 1. ข้อสอบแบบเลือกตอบ

##### ตัวอย่างที่ 1 แฟลชไดรฟ์

แฟลชไดรฟ์ เป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีขนาดเล็ก อนันต์มีแฟลชไดรฟ์อันหนึ่งซึ่งเก็บเพลงและรูปถ่ายไว้แฟลชไดรฟ์มีความจุ 1 GB(1,000 MB) กราฟข้างล่างแสดงสถานะดิสก์ปัจจุบันของแฟลชไดรฟ์ของอนันต์

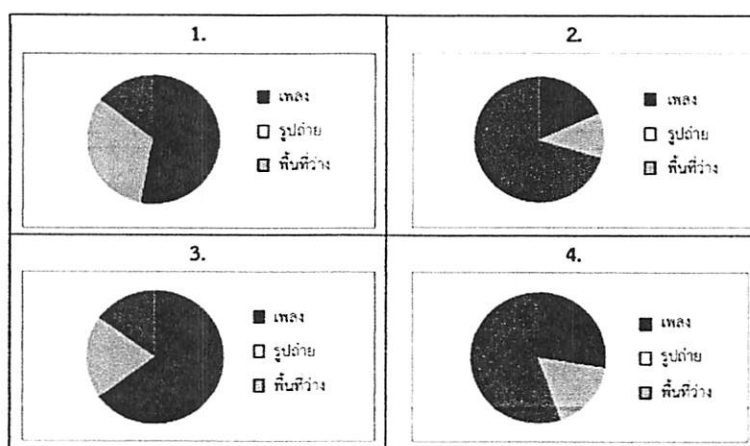


ในช่วงหลายสัปดาห์ต่อมา อนันต์ลบรูปถ่ายและเพลงบางส่วนออก แต่ได้เพิ่มไฟล์รูปถ่ายและเพลงใหม่เข้าไปด้วย สถานะดิสก์ใหม่แสดงในตารางข้างล่าง:

เพลง	550 MB
รูปถ่าย	338 MB
พื้นที่ว่าง	112 MB

พี่ชายของอนันต์ให้แฟลชไดรฟ์อันใหม่กับเขา ซึ่งมีความจุ 2 GB (2,000 MB) ซึ่งเป็นพื้นที่ว่างทั้งหมด อนันต์จึงย้ายสิ่งที่เก็บไว้ในแฟลชไดรฟ์อันเก่าลงในอันใหม่

กราฟใดต่อไปนี้ แสดงสถานะดิสก์ของแฟลชไดรฟ์อันใหม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบ 1, 2, 3 หรือ 4



## ตัวอย่างที่ 2 แพนกวิน

มอง แบบติสต์ นักถ่ายภาพสัตว์ ได้ใช้เวลาเดินทางตลอดหนึ่งปี เพื่อถ่ายภาพเพนกวินและลูก ๆ ของมันไว้จำนวนมากมายเขาให้ความสนใจเป็นพิเศษกับการขยายขนาดของฝูงเพนกวินที่แตกต่างกัน

โดยทั่วไป เพนกวินหนึ่งคู่จะวางไข่ปีละสองฟอง และลูกเพนกวินจากไข่ ฟองใหญ่ควในไข่สองฟองนั้นมักจะมีชีวิตรอดเพียงตัวเดียวเท่านั้น สำหรับเพนกวินพันธุ์ออคฮอปเปอร์ ไข่ฟองแรกมีน้ำหนักประมาณ 78 กรัม ส่วนไข่ฟองที่สองมีน้ำหนักประมาณ 110 กรัม

โดยประมาณ ไข่ฟองที่สองหนักกว่าไข่ฟองแรกร้อยละเท่าใด

1. 29%
2. 32%
3. 41%
4. 71%



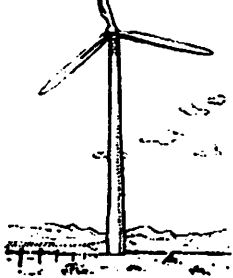
จากตัวอย่างแบบทดสอบทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยพบว่า ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคำถาม และ ส่วนที่เป็นตัวเลือก

## 2. ข้อสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อน

### ตัวอย่างที่ 1 พลังของลม

เมืองเซตทาวน์ กำลังพิจารณาสร้างสถานีผลิตไฟฟ้าพลังลมเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

สภาเทศบาลเมืองเซตทาวน์ ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับรุ่นต่อไปนี้:

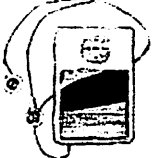


รุ่น:	E-82	
ความสูงของเสา:	138 เมตร	
จำนวนใบพัด:	3	
ความยาวของใบพัด:	40 เมตร	
ความเร็วสูงสุดของการหมุน:	20 รอบต่อนาที	
ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง:	3,200,000 เซต	
ผลตอบแทน:	0.10 เซตต่อการผลิต 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง(kWh)	
ค่าบำรุงรักษา:	0.10 เซตต่อการผลิต 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง(kWh)	
ประสิทธิภาพ:	ทำงานได้ 97% ของปี	

หมายเหตุ: กิโลวัตต์-ชั่วโมง(kWh) เป็นหน่วยวัดกำลังไฟฟ้า

จงตัดสินใจว่า ข้อความต่อไปนี้ซึ่งเกี่ยวกับสถานีผลิตไฟฟ้าพลังลม รุ่น E-82 สามารถสรุปได้จากข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละข้อความ

ข้อความ	ข้อความนี้สามารถสรุปได้จากข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่
การสร้างสถานีผลิตไฟฟ้าพลังลมสามสถานีจะเสียค่าใช้จ่ายทั้งหมดมากกว่า 8,000,000 เซต	ใช่/ไม่ใช่
ค่าบำรุงรักษาสถานีผลิตไฟฟ้าพลังลมประมาณ 5% ของผลตอบแทนโดยประมาณ	ใช่/ไม่ใช่
ค่าบำรุงรักษาสถานีผลิตไฟฟ้าพลังลมขึ้นอยู่กับปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง(kWh)	ใช่/ไม่ใช่
ในหนึ่งปีมี 97 วันพอดี ที่สถานีผลิตไฟฟ้าพลังลมไม่ทำงาน	ใช่/ไม่ใช่

## ตัวอย่างที่ 2 เครื่องเล่น MP3

มิวสิคซิตี ผู้เชี่ยวชาญด้าน MP3		
<p>เครื่องเล่น MP3</p>  <p>155 บาท</p>	<p>หูฟัง</p>  <p>86 บาท</p>	<p>ลำโพง</p>  <p>79 บาท</p>

มิวสิคซิตี จัดงานลดราคา เมื่อคุณซื้อสินค้าสองชิ้นหรือมากกว่าในงานลดราคานี้ มิวสิคซิตีจะลดราคาให้ 20% จากราคาขายของสินค้าเหล่านี้

เจษฎา มีเงินสำหรับใช้ซื้อของอยู่ 200 บาท

ในงานลดราคานี้ เขาสามารถซื้ออะไรได้บ้าง

จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละตัวเลือกต่อไปนี้

สินค้า	เจษฎาสามารถซื้อสินค้าด้วยเงิน 200 บาท ได้ใช่หรือไม่
เครื่องเล่น MP3 และ หูฟัง	ใช่ / ไม่ใช่
เครื่องเล่น MP3 และ ลำโพง	ใช่ / ไม่ใช่
สินค้าทั้ง 3 ชนิด - เครื่องเล่น MP3 หูฟัง และลำโพง	ใช่ / ไม่ใช่

จากตัวอย่างแบบทดสอบทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยพบว่า แบบทดสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อนกำหนดการตอบออกเป็น 2 อย่าง ด้วยคำ 2 คำ ที่ตรงข้ามกัน เช่น ใช่ - ไม่ใช่, จริง - เท็จ เป็นต้น ดังนั้น แบบทดสอบแบบเลือกตอบเชิงซ้อนคือแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิด 2 ตัวเลือก

### 3. ข้อสอบแบบเขียนตอบแบบปิด

#### ตัวอย่างที่ 1 เพนกวิน

มอง แบบติสต์ นักถ่ายภาพสัตว์ ได้ใช้เวลาเดินทางตลอดหนึ่งปี เพื่อถ่ายภาพเพนกวิน และลูก ๆ ของมันไว้จำนวนมากมาย เขาให้ความสนใจเป็นพิเศษกับการขยายขนาดของฝูงเพนกวินที่แตกต่างกัน

มอง สงสัยว่าขนาดของฝูงเพนกวินจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในอีกสองถึงสามปีข้างหน้า เพื่อตรวจสอบข้อสงสัยนี้ เขาได้ตั้งสมมุติฐานต่อไปนี้

- ตอนต้นปี ฝูงเพนกวินมีจำนวน 10,000 ตัว (5,000 คู่)
- ในฤดูใบไม้ผลิของแต่ละปี เพนกวินแต่ละคู่เลี้ยงลูกเพนกวิน 1 ตัว
- ตอนสิ้นปี 20% ของเพนกวินทั้งหมด (ทั้งโตเต็มวัยและลูกเพนกวิน) จะตายลงเมื่อสิ้นปีแรก จำนวนเพนกวิน (ทั้งโตเต็มวัยและลูกเพนกวิน) ในฝูงนี้มีจำนวนที่ตัว



จำนวนเพนกวิน.....

#### ตัวอย่างที่ 2 ซอส

นักเรียนกำลังทำน้ำสลัดด้วยตัวเอง

นี่คือสูตรการทำน้ำสลัด 100 มิลลิลิตร (มล.)

น้ำมันสลัด:	60 มล.
น้ำส้มสายชู:	30 มล.
น้ำซอสถั่วเหลือง:	10 มล.

ถ้านักเรียนต้องการทำน้ำสลัดนี้ 150 มิลลิลิตร (มล.) จะต้องใช้น้ำมันสลัดปริมาณกี่ มิลลิลิตร

คำตอบ.....มล.

จากตัวอย่างแบบทดสอบแบบปิดทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยพบว่า เป็นข้อสอบที่ต้องการให้ผู้สอบเขียนคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งคำตอบโดยมากเป็นคำตอบแบบสั้น อาจเป็นการใช้คำ ข้อความ ประโยค จำนวนหรือสัญลักษณ์สั้นๆ

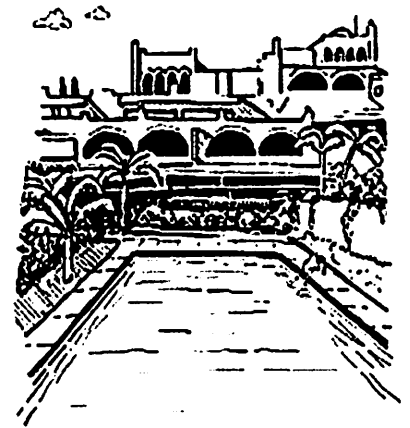
#### 4. ข้อสอบแบบเขียนตอบอิสระ

##### ตัวอย่างที่ 1 ห้องชุดสำหรับพักผ่อน

คริสติน่าพบห้องชุดสำหรับพักผ่อนนี้ประกาศขายทางอินเทอร์เน็ต เธอกำลังคิดที่จะซื้อห้องชุดสำหรับพักผ่อน เพื่อเธอจะให้แขกที่มาพักผ่อนเช่าห้องชุดนี้

จำนวนห้อง:	1×ห้องรับแขกและห้องอาหาร 1×ห้องนอน 1×ห้องน้ำ
ขนาด:	60 ตารางเมตร(ม. <sup>2</sup> )
ที่จอดรถ:	มี
ระยะเวลาเดินทางสู่ตัวเมือง:	10 นาที
ระยะทางไปถึงชายหาด:	350 เมตร(ม.) วัดเป็นเส้นตรง
ในสิบปีที่ผ่านมา แขกที่มาพักผ่อนมีการใช้โดยเฉลี่ย:	315 วันต่อปี

ราคา: 200,000 เซต



ในการประเมินราคาห้องชุดสำหรับพักผ่อน คริสติน่าได้ขอให้ผู้เชี่ยวชาญมาประเมิน ซึ่งในการประมาณราคาห้องชุดสำหรับพักผ่อน ผู้เชี่ยวชาญได้ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้:

ราคาต่อ ม. <sup>2</sup>	ราคากลาง:	2,500 เซตต่อ ม. <sup>2</sup>			
เกณฑ์การเพิ่มมูลค่า	ระยะเวลาเดินทางสู่ตัวเมือง:	มากกว่า 15 นาที: +0 เซต	ตั้งแต่ 5 ถึง 15 นาที: +10,000 เซต	น้อยกว่า 5 นาที: +20,000 เซต	
	ระยะทางไปถึงชายหาด (วัดเป็นเส้นตรง):	มากกว่า 2 กม.: +0 เซต	ตั้งแต่ 1 ถึง 2 กม.: +5,000 เซต	ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 กม.: +10,000 เซต	น้อยกว่า 0.5 กม.: +15,000 เซต
	ที่จอดรถ:	ไม่มี: +0 เซต	มี: +35,000 เซต		

ถ้าราคาของผู้เชี่ยวชาญประมาณสูงกว่าราคาขายที่ประกาศไว้ ราคานั้นคือว่า "ดีมาก" สำหรับคริสติน่าในฐานะผู้ที่มีกำลังซื้อ ให้ใช้เกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ แสดงให้เห็นว่า ราคาขายที่บอกไว้ นั้น "ดีมาก" สำหรับคริสติน่า

.....

.....

.....

## ตัวอย่างที่ 2 เช่าวีดีโอ

เจนทำงานอยู่ที่ร้านแห่งหนึ่งซึ่งให้เช่าดีวีดีและเกมคอมพิวเตอร์ที่ร้านแห่งนี้ คิดค่าสมาชิกรายปี 10 เซด

ค่าเช่าดีวีดีสำหรับผู้ที่เป็นสมาชิกถูกกว่าค่าเช่าสำหรับผู้ที่ไม่เป็นสมาชิกดังแสดงในตารางต่อไปนี้:

ค่าเช่าดีวีดีหนึ่งแผ่น	
ผู้ที่ไม่เป็นสมาชิก	ผู้ที่เป็นสมาชิก
3.20 เซด	2.50 เซด



สมาชิกจะต้องเช่าดีวีดีอย่างน้อยที่สุดกี่แผ่น จึงจะคุ้มค่าสมาชิก จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

จำนวนดีวีดี.....

จากตัวอย่างแบบทดสอบแบบปิดทั้ง 2 ข้อ ผู้วิจัยพบว่า การสร้างแบบทดสอบแบบเขียนคำตอบอิสระหรือข้อสอบแบบความเรียง สรุปได้ว่า แบบทดสอบแบบเขียนตอบอิสระหรือแบบทดสอบแบบความเรียงต้องระมัดระวังเป็นอย่างมาก เพราะเนื่องจากผู้ตอบสามารถตอบได้หลากหลาย

จากรูปแบบของข้อสอบทั้ง 4 ที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจะสร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบอิสระ จำนวน 10 ข้อ เพื่อวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ให้ได้ครอบคลุมทุกกระบวนการทางคณิตศาสตร์ PISA 2018

### 3.4 การรายงานผลระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ระดับต่ำที่สุดนั้นนักเรียนจะทำได้เฉพาะปัญหาที่ง่าย ๆ ชั้นตอนเดียวจบ เป็นเรื่องในบริบทที่คุ้นเคยมีภูมิสูตรชัดเจนและอยู่ในกลุ่มสมรรถนะการทำใหม่

ที่ระดับสูงขึ้นนักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่มีขั้นตอนมากกว่าหนึ่งขั้นตอนต้องอาศัยสาระเนื้อความหลากหลายมาประกอบกันหรืออาศัยการแปลความสัญลักษณ์และการแสดงแทนของแนวคิดคณิตศาสตร์หลายอย่างรู้ว่าจะประกอบได้และสำคัญและเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับ



ส่วนใดของปัญหาสามารถใช้ตัวแบบหรือสูตรการคำนวณที่กำหนดให้ซึ่งส่วนมากมักเป็นสูตรทางพีชคณิตมาระบุบอกปัญหาทางคณิตศาสตร์และสามารถคำนวณเป็นขั้นเป็นตอนเพื่อแก้ปัญหา

ที่ระดับสูงสุดนักเรียนสามารถสร้างสรรค์และมีบทบาทเชิงรุกในการหาทางแก้ปัญหาสามารถตีความ แปลความสาระที่ซับซ้อนและเลือกที่จะใช้วิธีการหรือขั้นตอนได้หลายแบบสามารถทำปัญหาเป็นสูตรคณิตศาสตร์สร้างตัวแบบที่ใช้แก้ปัญหาได้สามารถเลือกและใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ และเลือกใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในบริบทที่ไม่คุ้นเคยมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรและมองเห็นกลยุทธ์การแก้ปัญหาและแสดงให้เห็นว่าใช้ความคิดระดับสูงเช่นการลงข้อสรุปการให้เหตุผลการโต้แย้งเพื่ออธิบาย หรือสื่อสารให้เข้าใจผลของการแก้ปัญหา

ความคิดหลักในการวัดผลของ PISA คือ นักเรียนได้เรียนรู้อะไร และสามารถนำสิ่งที่เรียนรู้ไปใช้ทำอะไรได้บ้าง PISA จึงมีวิธีการวัดระดับความสามารถการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อแยกแยะความสามารถของนักเรียนออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

### ตาราง 3 แสดงการวัดระดับความสามารถการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ระดับ	นักเรียนทำอะไรบ้าง
ระดับ 6	<p>ที่ระดับ 6 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ใช้สาระและข้อมูลที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบของตนเองนำมาลงเป็นข้อสรุปและสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์และแบบจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนออกมาสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์</li> <li>เชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรือจากการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ นำมาเชื่อมโยงระหว่างกันได้</li> <li>ใช้เหตุผล และใช้ความคิดระดับสูงในเชิงคณิตศาสตร์ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือสถานการณ์ต่าง ๆ และสามารถเข้าใจและปฏิบัติภารกิจทางคณิตศาสตร์</li> <li>สร้างสูตรคณิตศาสตร์จากแนวคิดหรือข้อมูลที่มี</li> </ol>

## ตาราง 3 (ต่อ)

ระดับ	นักเรียนทำอะไรบ้าง
	<p>5. สามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อบอกถึงสิ่งที่ตนพบ ดีความ แปลความ ได้แย้ง และอธิบายความสอดคล้องเหมาะสมของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กับสถานการณ์ที่เป็นมาตั้งแต่ต้น</p>
ระดับ 5	<p>ที่ระดับ 5 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. สร้างตัวแบบ และใช้ตัวแบบในเรื่องที่มีความซับซ้อน สามารถระบุออกข้อจำกัดและข้อตกลงเบื้องต้นเฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่สัมพันธ์กับตัวแบบ</li> <li>2. สามารถใช้ทักษะการคิดและทักษะการใช้เหตุผล สามารถเชื่อมโยงการนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์ และลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์</li> <li>3. สามารถคิดวิเคราะห์การทำงานของตน และสามารถสร้างเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์</li> <li>4. สามารถสื่อสารการแปลความหมาย ดีความ และการใช้เหตุผลของตนได้</li> </ol>
ระดับ 4	<p>ที่ระดับ 4 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำโจทย์คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่มีตัวแบบชัดเจน และเป็นสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดบ้างหรือต้องมีการกำหนด</li> <li>2. สามารถเลือกและผสมผสานรูปแบบต่าง ๆ ที่มีให้ รวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วยโดยนำมาเชื่อมโยงโดยตรงกับสถานการณ์ในโลกจริง</li> <li>3. สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาแล้ว และสามารถใช้เหตุผลอย่างยืดหยุ่นได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในสถานการณ์นั้น ๆ ได้ดี</li> <li>4. สามารถสร้างคำอธิบายและข้อโต้แย้ง และสามารถสื่อสารคำอธิบายและข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน</li> </ol>

## ตาราง 3 (ต่อ)

ระดับ	นักเรียนทำอะไรบ้าง
ระดับ 3	<p>ที่ระดับ 3 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำโจทย์ที่มีวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ตัดสินใจเลือกลำดับขั้นตอน</li> <li>2. เลือกและใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา</li> <li>3. แปลความและใช้สถานการณ์ที่นำเสนอมาจากหลายแหล่ง และสามารถให้เหตุผลได้ตามแหล่งที่มา นั้น ๆ สามารถสร้างคำอธิบายหรือรายงานการตีความ แปลความนั้น ๆ</li> <li>4. แสดงการใช้เหตุผลได้ และสามารถบอกและสื่อสารผลที่เกิดขึ้น</li> </ol>
ระดับ 2	<p>ที่ระดับ 2 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตีความและรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อน ที่ต้องการอ้างอิง ไม่เกินสองตัว</li> <li>2. สกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้สถานการณ์ที่นำเสนออย่างง่ายขึ้นเดียว</li> <li>3. สามารถใช้วิธีการคิด สูตรคณิตศาสตร์ วิธีการหรือข้อตกลงเบื้องต้น สามารถใช้เหตุผลตรงไปตรงมาและตีความที่พบอย่างตรงไปตรงมา</li> </ol>
ระดับ 1	<p>ที่ระดับ 1 นักเรียนสามารถ</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคย ที่มีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามต้องถามอย่างชัดเจน</li> <li>2. ระบุสาระที่ต้องการและสามารถทำโจทย์แบบเดิมที่คุ้นเคยที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดชัดเจน</li> <li>3. ทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้</li> </ol>

หมายเหตุ: ถ้านักเรียนไม่สามารถปฏิบัติการกิจที่ระดับหนึ่งได้ จะถูกจัดไว้กลุ่ม "ต่ำกว่าระดับ 1"  
ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2558, หน้า 21-23

ตามเกณฑ์ของ PISA ถือว่า ระดับ 2 เป็นระดับเส้นพื้นฐาน (Based line) หรือเป็นเส้นแบ่งเขตสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ระหว่างผู้ที่ถือว่าเริ่มสามารถใช้ประโยชน์จากคณิตศาสตร์ได้กับผู้ที่ถือว่ายังมีความรู้และทักษะไม่เพียงพอที่จะใช้ประโยชน์ทางคณิตศาสตร์หรือเป็นกลุ่มเสี่ยงทั้งในชีวิตการทำงานและการศึกษาต่อ

สรุปได้ว่า ระดับความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ แต่ละระดับความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จะมีความแตกต่างกันตามระดับความสามารถ ระดับ 6 สามารถใช้สาระและข้อมูล สร้างแนวคิด เชื่อมโยงข้อมูล มองเห็นความสัมพันธ์ สร้างวิธีคิดหรือกลยุทธ์สร้างสูตรคณิตศาสตร์ สื่อสารได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ระดับ 5 สร้างตัวแบบและใช้ตัวแบบในเรื่องที่มีความซับซ้อน ใช้ทักษะความคิดและการให้เหตุผล คิดวิเคราะห์การทำงานของตนแปลความตีความ และการใช้เหตุผลของตนได้ ระดับ 4 ทำโจทย์ที่มีวิธีการบอกไว้ชัดเจนและเป็นสถานการณ์ และเป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน ระดับ 3 ทำโจทย์ที่มีวิธีการที่บอกไว้ชัดเจน เลือกและใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อน สกัดสาระสำคัญใช้วิธีการคิด สูตรคณิตศาสตร์ วิธีการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นให้เหตุผลตรงไปตรงมา ระดับ 1 ตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคยหรือที่มีข้อมูลที่ชัดเจน

### 3.5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ มีความสำคัญต่อการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อย่างมาก จึงได้มี องค์การทางการศึกษา กล่าวไว้ดังนี้

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ (2557, หน้า 32) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จากระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามกรอบความคิดของ PISA เรียงจากพฤติกรรมการรู้เรื่องระดับสูงไปต่ำ ดังนี้

- 1) สามารถใช้สาระและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบของตนเองนำมาลงเป็นข้อสรุป และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนออกมาสร้างเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ได้
- 2) สามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ หรือจากการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ นำมาเชื่อมโยงระหว่างกัน
- 3) สามารถใช้เหตุผล และใช้ความคิดระดับสูงในเชิงคณิตศาสตร์ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือสถานการณ์ต่าง ๆ และสามารถเข้าใจและปฏิบัติภารกิจทางคณิตศาสตร์
- 4) สามารถสร้างวิธีการคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ในการจัดการกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยพบมาก่อน

- 5) สามารถสร้างสูตรคณิตศาสตร์จากแนวคิดหรือข้อมูลที่มีอยู่
- 6) สามารถสื่อสารได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เพื่อบอกถึงสิ่งที่ตนพบ ดีความ แปลความ ได้แย้ง และอธิบายความสอดคล้องเหมาะสมของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้กับสถานการณ์ที่เป็นมาตั้งแต่ต้น
- 7) สามารถสร้างตัวแบบ และใช้ตัวแบบในเรื่องที่มีความซับซ้อน สามารถระบุข้อจำกัด และข้อตกลงเบื้องต้น เฉพาะเรื่องนั้น ๆ สามารถเลือก เปรียบเทียบ และประเมินกลยุทธ์ การแก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่สัมพันธ์กับตัวแบบ
- 8) สามารถใช้ทักษะการคิดและทักษะการใช้เหตุผล การเชื่อมโยง การนำเสนอ รูปแบบต่าง ๆ สัญลักษณ์และ ลักษณะของโจทย์คณิตศาสตร์ และมองเห็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสิ่งเร้าที่เป็นส่วนประกอบของสถานการณ์
- 9) สามารถคิดวิเคราะห์การทำงานของตน สร้างกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์
- 10) สามารถสื่อสารถึงการแปลความ ดีความ และใช้เหตุผลของตนได้
- 11) สามารถนำโจทย์คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่มีตัวแบบชัดเจน และเป็นสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดบ้างหรือต้องมีการกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นบ้าง
- 12) สามารถเลือก และผสมผสานรูปแบบต่าง ๆ ที่มีให้ รวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วย โดยนำมาเชื่อมโดยตรงกับสถานการณ์ในโลกจริง
- 13) สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาแล้ว และสามารถใช้เหตุผลอย่างยืดหยุ่นได้ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งเร้าในสถานการณ์นั้น ๆ ได้ดี
- 14) สามารถสร้างคำอธิบาย และข้อโต้แย้ง และสื่อสารคำอธิบาย และข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการแปลความ การโต้แย้ง และการกระทำของตน
- 15) สามารถทำโจทย์ที่มีวิธีการบอกไว้อย่างชัดเจน รวมทั้งโจทย์ที่ตัดสินใจเลือก ลำดับขั้นตอนด้วย
- 16) สามารถเลือก และใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา
- 17) สามารถแปลความ และใช้สถานการณ์ที่นำเสนอมาจากหลายแหล่ง และสามารถให้เหตุผลได้ตามแหล่งนั้น สามารถให้เหตุผลได้ตามแหล่งนั้น สามารถสร้างคำอธิบาย หรือ รายงานการตีความแปลความนั้น ๆ
- 18) สามารถแสดงการใช้เหตุผลได้ และสามารถบอกสื่อสารผลที่เกิดขึ้น
- 19) สามารถตีความและรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อนที่ต้องการอ้างอิงไม่เกินสองตัวแปร

20) สามารถสกัดสาระสำคัญของแหล่งข้อมูลแหล่งเดียวและสามารถใช้สถานการณ์ที่นำเสนออย่างง่ายขั้นเดียว

21) สามารถใช้วิธีการคิด สูตรคณิตศาสตร์ วิธีการ หรือข้อตกลงเบื้องต้นสามารถใช้เหตุผลตรงไปตรงมา และตีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา

22) สามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคย ที่มีข้อมูลชัดเจนให้และคำถามต้องถามอย่างชัดเจน

23) สามารถระบุสาระที่ต้องการ และสามารถทำโจทย์แบบเดิมที่คุ้นเคยที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน

24) สามารถทำโจทย์ตามตัวอย่างที่กำหนดให้ได้ อยู่ในระดับที่สูงขึ้นด้วยการเพิ่มความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์

PISA ได้จำแนกพฤติกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนออกเป็น 6 ระดับ ดังปรากฏในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงพฤติกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 6 ระดับ

ระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	พฤติกรรม
ระดับ 6	ข้อ 1,2,3,4,5,6
ระดับ 5	ข้อ 7,8,9,10
ระดับ 4	ข้อ 11,12,13,14
ระดับ 3	ข้อ 15,16,17,18
ระดับ 2	ข้อ 19,20,21
ระดับ 1	ข้อ 22,23,24

จากตาราง 4 พบว่า พฤติกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจำแนกออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ ระดับ 6 คือ ความสามารถใช้สาระและข้อมูล สามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ สามารถใช้เหตุผล และใช้ความคิดระดับสูงในเชิงคณิตศาสตร์ สามารถสร้างวิธีการคิดหรือกลยุทธ์ใหม่ในการจัดการจัดการกับปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยพบมาก่อน สามารถสร้างสูตรคณิตศาสตร์จากแนวคิดหรือข้อมูลที่มี สามารถสื่อสาร ตีความ แปลความ ได้แย้ง ระดับ 5 คือ ความสามารถสร้างตัวแบบ และใช้ตัวแบบในเรื่องที่มีความซับซ้อนและประเมินกลยุทธ์การ

แก้ปัญหาที่เหมาะสมเพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนที่สัมพันธ์กับตัวแบบ สามารถใช้ทักษะการคิดและทักษะการใช้เหตุผล การเชื่อมโยง การนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ สามารถคิดวิเคราะห์การทำงานของตน สร้างกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถสื่อสารถึงการแปลความ ดีความ และการใช้เหตุผลของตนได้

ระดับ 4 คือ ความสามารถทำโจทย์คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่มีตัวแบบชัดเจน และเป็นสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมที่ค่อนข้างซับซ้อน สามารถเลือก และผสมผสานรูปแบบต่าง ๆ ที่มีให้รวมทั้งรูปแบบของสัญลักษณ์ด้วย โดยนำมาเชื่อมโยงโดยตรงกับสถานการณ์ในโลกจริง สามารถใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาแล้ว และสามารถใช้เหตุผลอย่างยืดหยุ่นได้ สามารถสร้างคำอธิบาย และข้อโต้แย้งบนพื้นฐานของการแปลความ

ระดับ 3 คือ ความสามารถทำโจทย์ที่มีวิธีการบอกไว้อย่างชัดเจน สามารถเลือก และใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนสำหรับการแก้ปัญหา สามารถแปลความ และใช้สถานการณ์ที่นำเสนอมาจากหลายแหล่งสามารถแสดงการใช้เหตุผลได้ และสามารถบอกสื่อสารผลที่เกิดขึ้น

ระดับ 2 คือ ความสามารถตีความ และรู้สถานการณ์ในบริบทที่ไม่ซับซ้อน สามารถสกัดสาระสำคัญจากแหล่งข้อมูลแหล่งเดียว สามารถใช้วิธีการคิดเหตุผลตรงไปตรงมา และตีความผลที่พบอย่างตรงไปตรงมา และ

ระดับ 1 คือ ความสามารถตอบคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทที่คุ้นเคย ที่มีข้อมูลชัดเจนให้ และคำถามต้องถามอย่างชัดเจนสามารถระบุสาระที่ต้องการ และสามารถทำโจทย์แบบเดิมที่คุ้นเคยที่มีวิธีการทำหรือสถานการณ์กำหนดให้ชัดเจน

สรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการในการวัดสมรรถนะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับนักเรียน ในการที่นักเรียนจะนำทักษะ และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงที่พบในชีวิตประจำวัน โดยแบ่งออกตามระดับความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละระดับจะบอกถึงพฤติกรรมในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

### 3.6 ตัวอย่างข้อสอบสำหรับการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ข้อสอบของ PISA จะครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (process) ที่อธิบายสิ่งที่แต่ละคนทำเพื่อเชื่อมโยงบริบทของปัญหา กับคณิตศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา เนื้อหาคณิตศาสตร์ (content) ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และสถานการณ์หรือบริบท (contexts) ที่ปัญหานั้นตั้งอยู่ ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้ (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ในที่นี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการออกข้อสอบของแต่ละกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### 3.6.1 การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

##### ตัวอย่างที่ 1 การปีนภูเขาฟูจิ

ภูเขาฟูจิ เป็นภูเขาไฟสงบแล้วที่มีชื่อเสียงโด่งดังในญี่ปุ่น



##### คำถามที่ 1: การปีนภูเขาไฟฟูจิ

ภูเขาไฟฟูจิเปิดให้คนขึ้นไปปีนเขาเฉพาะช่วงตั้งแต่ 1 กรกฎาคม ถึง 27 สิงหาคมของแต่ละปี ในช่วงเวลาดังกล่าวมีคนขึ้นไปปีนภูเขาฟูจิประมาณ 200,000 คน โดยเฉลี่ยมีคนขึ้นไปปีนภูเขาฟูจิวันละประมาณกี่คน

1. 340
2. 710
3. 3,400
4. 7,100
5. 7,400

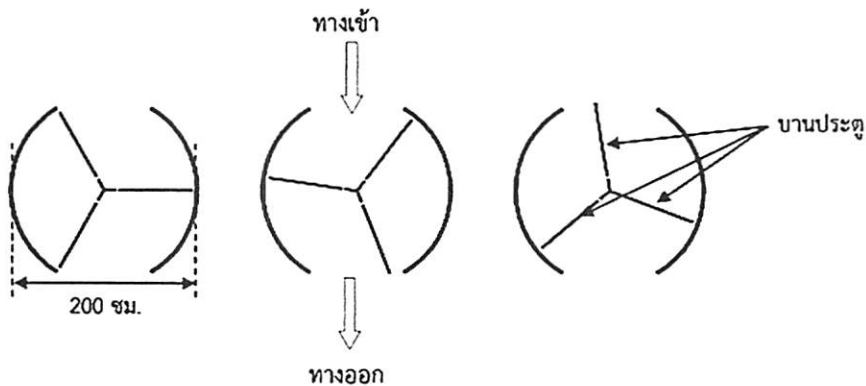
##### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ  
 บริบท : สังคม  
 กระบวนการ : คิดในเชิงคณิตศาสตร์  
 รูปแบบของข้อสอบ : เลือกตอบ  
 เจตนาของคำถาม : ระบุอัตราเฉลี่ยรายวันจากจำนวนรวม และช่วงเวลาเฉพาะที่กำหนดให้



### ตัวอย่างที่ 2 ประตูหมุน

ประตูหมุน ประกอบด้วยบานประตูสามบาน ซึ่งหมุนภายในพื้นที่รูปวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางด้านในของพื้นที่นี้เป็น 2 เมตร (200 เซนติเมตร) บานประตูสามบานแบ่งพื้นที่วงกลมออกเป็นสามส่วนที่เท่ากันแบบแปลนข้างล่างแสดงบานประตูในตำแหน่งที่แตกต่างกันสามตำแหน่งเมื่อมองจากด้านบน



### คำถามที่ 3: ประตูหมุน

ประตูหมุนครบ 4 รอบในหนึ่งนาที แต่แต่ละส่วนของประตูทั้งสามส่วนจะมีที่ว่างพอสำหรับรองรับคนได้มากที่สุดสองคน

ในเวลา 30 นาที มีคนที่สามารถผ่านประตูเข้าสู่อาคารได้มากที่สุดกี่คน

1. 60
2. 180
3. 240
4. 720

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ  
 บริบท : วิทยาศาสตร์  
 กระบวนการ : คิดในเชิงคณิตศาสตร์  
 รูปแบบของข้อสอบ : เลือกตอบ  
 เจตนาของคำถาม : ระบุข้อมูลและสร้างแบบจำลองเชิงปริมาณ (โดยนัย) ในการแก้ปัญหา

### 3.6.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างที่ 1 เครื่องเล่น MP3

มีวสิคชิตี ผู้เชี่ยวชาญด้าน MP3		
เครื่องเล่น MP3  155 เซต	หูฟัง  86 เซต	ลำโพง  79 เซต

#### คำถามที่ 1: เครื่องเล่น MP3

โอริสา บวกราคาเครื่องเล่น MP3 หูฟัง ลำโพง ด้วยเครื่องคิดเลขของเธอ

คำตอบที่เธอได้เป็น 248



คำตอบของโอริสาไม่ถูกต้อง เธอได้ทำผิดพลาดไปข้อหนึ่งในข้อผิดพลาด  
ต่อไปนี้ เธอได้ทำในข้อผิดพลาดใด

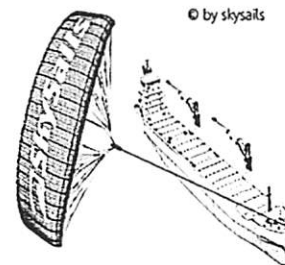
1. เธอบวกราคาของชิ้นหนึ่งสองครั้ง
2. เธอลืมรวมราคาของชิ้นหนึ่งในสามชิ้น
3. เธอไม่ได้ใส่ตัวเลขหลักสุดท้ายของราคาของชิ้นหนึ่ง
4. เธอลบราคาของชิ้นหนึ่งแทนที่จะบวก

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ  
บริบท : ส่วนตัว  
กระบวนการ : ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์  
รูปแบบของข้อสอบ : เลือกตอบ  
เจตนาของคำถาม : ระบุสาเหตุของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น  
ในการบันทึกข้อมูลเพื่อรวมจำนวน  
เงินสามจำนวนโดยใช้เครื่องคิดเลข

## ตัวอย่างที่ 2 เรือเดินทะเล

ร้อยละ 95 ของการค้าโลกใช้การขนส่งทางทะเล ประมาณอย่างคร่าว ๆ มีเรือบรรทุกน้ำมัน เรือบรรทุกสินค้า เรือบรรทุกตู้สินค้า ประมาณ 50,000 ลำ เรือเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงวิศวกรกำลังวางแผนเพื่อพัฒนาพลังงานช่วยในการเดินเรือ ข้อเสนอของพวกเขาคือ ให้ติดตั้งจูนเรือไว้กับเรือและใช้พลังของลมช่วยลดการใช้ น้ำมันดีเซล และลดผลกระทบของเชื้อเพลิงที่มีต่อสิ่งแวดล้อม



### คำถามที่ 1: เรือเดินทะเล

ข้อดีอย่างหนึ่งของการใช้ร่วมจูนเรือ คือ ร่วมจะลอยที่ความสูง 150 ม. ที่ระดับความสูงนี้ ความเร็วลมจะมากกว่าข้างล่างที่เป็นดาดฟ้าเรือประมาณ 25% เมื่อวัดความเร็วลมบนดาดฟ้าเรือได้ 24 กม./ชม. ลมที่พัดร่วมจูนเรือมีความเร็วประมาณเท่าใด

1. 6 กม./ชม.
2. 18 กม./ชม.
3. 25 กม./ชม.
4. 30 กม./ชม.
5. 49 กม./ชม.

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ  
 บริบท : วิทยาศาสตร์  
 กระบวนการ : ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์  
 รูปแบบของข้อสอบ : เลือกตอบ  
 เจตนาของคำถาม : ใช้การคำนวณร้อยละกับสถานการณ์ในโลกชีวิตจริงที่กำหนดให้

### 3.6.3 การตีความและประเมินผลลัพธ์

#### ตัวอย่างที่ 1 ห้องชุดสำหรับพักผ่อน

คริสติน่าพบห้องชุดสำหรับพักผ่อนนี้ประกาศขายทางอินเทอร์เน็ต เธอกำลังคิดที่จะซื้อห้องชุดสำหรับพักผ่อน เพื่อเธอจะให้แขกที่มาพักผ่อนเช่าห้องชุดนี้

จำนวนห้อง:	1×ห้องรับแขกและห้องอาหาร 1×ห้องนอน 1×ห้องน้ำ
ขนาด:	60 ตารางเมตร(ม. <sup>2</sup> )
ที่จอดรถ:	มี
ระยะเวลาเดินทางสู่ตัวเมือง:	10 นาที
ระยะทางไปถึงชายหาด:	350 เมตร(ม.) วัดเป็นเส้นตรง
ในสิบปีที่ผ่านมา แขกที่มาพักผ่อนมีการใช้โดยเฉลี่ย:	315 วันต่อปี

ราคา: 200,000 เซต



ในการประเมินราคาห้องชุดสำหรับพักผ่อน คริสติน่าได้ขอให้ผู้เชี่ยวชาญมาประเมิน ซึ่งในการประมาณราคาห้องชุดสำหรับพักผ่อน ผู้เชี่ยวชาญได้ใช้เกณฑ์ต่อไปนี้:

ราคาต่อ ม. <sup>2</sup>	ราคากลาง:	2,500 เซตต่อ ม. <sup>2</sup>			
เกณฑ์การเพิ่มมูลค่า	ระยะเวลาเดินทางสู่ตัวเมือง:	มากกว่า 15 นาที: +0 เซต	ตั้งแต่ 5 ถึง 15 นาที: +10,000 เซต	น้อยกว่า 5 นาที: +20,000 เซต	
	ระยะทางไปถึงชายหาด (วัดเป็นเส้นตรง):	มากกว่า 2 กม.: +0 เซต	ตั้งแต่ 1 ถึง 2 กม.: +5,000 เซต	ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1 กม.: +10,000 เซต	น้อยกว่า 0.5 กม.: +15,000 เซต
	ที่จอดรถ:	ไม่มี: +0 เซต	มี: +35,000 เซต		

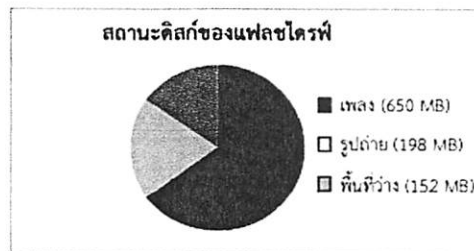
ถ้าราคาของผู้เชี่ยวชาญประมาณสูงกว่าราคาขายที่ประกาศไว้ ราคานั้นคือว่า "ดีมาก" สำหรับคริสติน่าในฐานะผู้ที่มีกำลังซื้อ ให้ใช้เกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ แสดงให้เห็นว่า ราคาขายที่บอกไว้นั้น "ดีมาก" สำหรับคริสติน่า

#### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ  
บริบท : สังคม  
กระบวนการ : ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์  
รูปแบบของข้อสอบ : สร้างคำขอบแบบอิสระ  
เจตนาของคำถาม : ประเมินราคาตามเกณฑ์เปรียบเทียบ  
กับราคาขายห้องชุดสำหรับพักผ่อนที่ประกาศไว้ เพื่อให้ได้ราคาประเมินที่ถูกต้อง

## ตัวอย่างที่ 2 แฟลชไดรฟ์

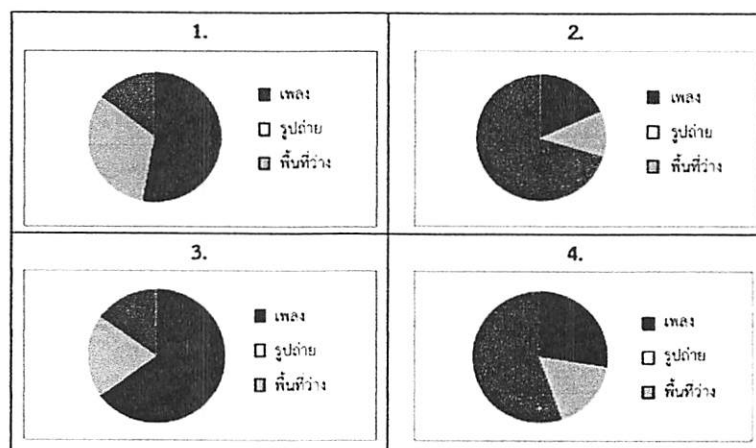
แฟลชไดรฟ์ เป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลบนคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีขนาดเล็ก อนันต์มีแฟลชไดรฟ์อันหนึ่งซึ่งเก็บเพลงและรูปถ่ายไว้แฟลชไดรฟ์มีความจุ 1 GB(1,000 MB) กราฟข้างล่างแสดงสถานะดิสก์ปัจจุบันของแฟลชไดรฟ์ของอนันต์



ในช่วงหลายสัปดาห์ต่อมา อนันต์ลบรูปถ่ายและเพลงบางส่วนออก แต่ได้เพิ่มไฟล์รูปถ่ายและเพลงใหม่เข้าไปด้วย สถานะดิสก์ใหม่แสดงในตารางข้างล่าง:

เพลง	550 MB
รูปถ่าย	338 MB
พื้นที่ว่าง	112 MB

พี่ชายของอนันต์ให้แฟลชไดรฟ์อันใหม่กับเขา ซึ่งมีความจุ 2 GB (2,000 MB) ซึ่งเป็นพื้นที่ว่างทั้งหมด อนันต์จึงย้ายสิ่งที่เก็บไว้ในแฟลชไดรฟ์อันเก่าลงในอันใหม่ กราฟใต้อันนี้ แสดงสถานะดิสก์ของแฟลชไดรฟ์อันใหม่ จงเขียนวงกลมล้อมรอบ 1, 2, 3 หรือ 4



### ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ : ปริมาณ

บริบท : ส่วนตัว

กระบวนการ : ตีความ

รูปแบบของข้อสอบ : สร้างคำตอบแบบอิสระ

เจตนาของคำถาม : คำนวณและเปรียบเทียบค่าที่ได้ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

จากตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเบื้องต้น สามารถสรุปได้ว่า ข้อสอบที่เป็นกระบวนการตีความ และประเมินผลลัพธ์ จะต้องประกอบด้วย สถานการณ์และคำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์จึงเหมาะสมและไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา หรือสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่บริบทในชีวิตจริงได้ และสามารถบอกได้ว่าวิธีการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมหรือไม่

**3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับพฤติกรรมการเรียนรู้และเหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์**

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับพฤติกรรมการเรียนรู้และเหมาะสมต่อการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p>ขั้นที่ 1</p> <p>การระบุปัญหา (Problem Identification)</p>	<p>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ</li> </ul>
<p>ขั้นที่ 2</p> <p>การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)</p>	-
<p>ขั้นที่ 3</p> <p>การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)</p>	<p>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึงกฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์</li> </ul>

## ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 3</p> <p style="text-align: center;">การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น</li> <li>● การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท</li> <li>● การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้อัตรา สัมพัทธ์ ลักษณะแผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม</li> <li>● การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม</li> <li>● การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์</li> <li>● การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน</li> <li>● การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ</li> </ul>

## ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 3</p> <p style="text-align: center;">การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)</li> </ul> <p><b>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้</li> <li>● การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม</li> <li>● การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต</li> <li>● การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น</li> <li>● การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา</li> </ul>



ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 3</p> <p style="text-align: center;">การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้การแก้ปัญหา</li> <li>● การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</li> </ul>
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 4</p> <p style="text-align: center;">การวางแผนและดำเนินการแก้ ปัญหา (Planning and Development)</p>	<p>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้</li> <li>● การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม</li> <li>● การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต</li> <li>● การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น</li> </ul>

## ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 4</p> <p>การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา</li> <li>● การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</li> </ul>
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 5</p> <p>การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)</p>	<p>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหามทางคณิตศาสตร์ไปใช้</li> <li>● การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม</li> <li>● การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต</li> <li>● การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น</li> </ul>

ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 5</p> <p>การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทน ต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา</li> <li>● การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่ เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไป ใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>● การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การ อธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์</li> </ul> <p><b>การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไป บริบทโลกชีวิตจริง</li> <li>● การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธี แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหา โลกชีวิตจริง</li> <li>● ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อ ผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุง หรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร</li> <li>● การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุป ทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสม กับบริบทของปัญหา</li> </ul>

## ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 5</p> <p>การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement)</p>	<p>การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์</li> <li>● การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลอง ที่ใช้แก้ปัญหา</li> </ul>
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 6</p> <p>การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)</p>	<p>การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไป บริบทโลกชีวิตจริง</li> <li>● การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธี แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหา โลกชีวิตจริง</li> <li>● ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อ ผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุง หรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร</li> <li>● การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุป ทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสม กับบริบทของปัญหา</li> </ul>

## ตาราง 5 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	พฤติกรรมการเรียนรู้
<p style="text-align: center;">ขั้นที่ 6</p> <p>การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์</li> <li>● การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ ใช้แก้ปัญหา</li> </ul>

## 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 4.1 งานวิจัยในประเทศ

รุ่งทิพา บุญมาโตนและคณะ (2561) ได้ทำการการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัย 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ที่มีต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โครงการห้องเรียนพิเศษ โรงเรียน ขนาดใหญ่ ในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 39 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ประกอบด้วยนักเรียนหญิง จำนวน 7 คน และนักเรียนชาย จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามวงจร PAOR ทั้งหมด 3 วงจร ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยให้ความสำคัญกับการเริ่มต้นบทเรียนด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น การส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ การส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อน และเน้นให้นักเรียนได้สร้างสถานการณ์ในบริบทใหม่ ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน ส่วนใหญ่มีการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

พัทธดนย์ อุดมสันติ(2560) ได้ทำการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) เพื่อศึกษาวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาฟิสิกส์ เรื่องแสงและทัศนอุปกรณ์ 2) เพื่อศึกษาการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โดยเป็นนักเรียนที่เป็นแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 49 คน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือในการวิจัยได้แก่ แบบสังเกต พฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน แบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ตามกรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2015 และใบกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ด้านเนื้อหา การหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีผลการวิจัยดังนี้ การเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน มีลักษณะดังนี้ ขั้นการระบุปัญหา นักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหาและระบุปัญหาได้ ขั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง นักเรียนจะต้องพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ชี้นำวางแผนและพัฒนา นักเรียนจะต้องนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน และกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานเป็นลำดับขั้นอย่างชัดเจน ขั้นการทดสอบและประเมินผลชิ้นงาน โดยนักเรียนเป็นผู้ที่ทดสอบและประเมินผลชิ้นงานด้วยตนเองและอาจปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น และชี้นำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนนำเสนอผลงานต่อผู้วิจัยโดยนำเสนอข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ และเมื่อจัดกิจกรรมตามขั้นตอนดังกล่าวพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาสมรรถนะการแปรความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์มากที่สุด

รักษ์ศิริ จิตอารี (2559) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM EDUCATION เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ 1) เพื่อศึกษา

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM Education เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 2) เพื่อสร้างและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM Education เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 3) เพื่อทดลองใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM Education เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และศึกษาผลการทดลองใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งได้แก่ 3.1) เปรียบเทียบการรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ก่อนเรียน-หลังเรียน ด้วยรูปแบบที่พัฒนาขึ้น 3.2) ศึกษากระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับประสบการณ์การเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM EDUCATION เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดำเนินการวิจัย ลักษณะวิจัยและพัฒนา กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนภูคาวิทยาคม สพป. น่าน เขต 2 โดยการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ STEM EDUCATION เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบบวัดการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ มีผลจากการดำเนินการวิจัยคือ 1) การรู้วิทยาศาสตร์มีความสำคัญและเป็นสมรรถนะที่สำคัญยิ่งต่อนักเรียน จัดเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 5 ชั้น 2) ผลการตรวจสอบคุณภาพรูปแบบโดยผู้ทรงคุณวุฒิพบว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $x = 4.21$ ,  $SD = 0.55$ ) 3) ผลการทดลองใช้รูปแบบฯ พบว่านักเรียนที่มีคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแยกเป็นรายด้าน ด้านการระบุคำถามทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้านการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กาญจนา จิตกังวัน (2559) ได้ทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจุดมุ่งหมายการวิจัยเพื่อ 1) เพื่อพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ กับเกณฑ์ร้อยละ 75 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ระหว่างห้องเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา กับห้องเรียนที่เรียนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน จำนวน 2 ห้อง โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 2 รูปแบบ จำนวน 15 แผน แผนละ 50 นาที แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (B) ตั้งแต่ 0.23 - 0.57 และมีความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.79 แบบทดสอบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จำนวน 15 ข้อ มีค่าความยาก (P) ตั้งแต่ 0.30 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 - 0.40 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้ t-test และ Hotelling's T2 (Dependent Samples) ในการทดสอบสมมติฐาน จากการดำเนินการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 79.97/80.26 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อัญญลักษณ์ ลีละสรชัย (2559) ได้ศึกษา การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องความน่าจะเป็นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีจุดมุ่งหมาย 1. เพื่อสร้างและหาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรม 2. เพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรม โดย 1. เปรียบเทียบการคิดสร้างสรรค์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3. ศึกษาคุณภาพของโครงงาน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 4. ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 39 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 43 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างง่าย และมีห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม มีผลการวิจัยดังนี้ 1. กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ



โครงการตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตของการทำโครงการ ขั้นที่ 2 กำหนดหัวข้อโครงการ ขั้นที่ 3 วางแผนการดำเนินการทำโครงการ ขั้นที่ 4 ดำเนินการทำโครงการ ขั้นที่ 5 นำเสนอโครงการ ขั้นที่ 6 ประเมินโครงการ มีความเหมาะสมในระดับมากและมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.7004 2. ผลการใช้กิจกรรมพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คุณภาพของโครงการอยู่ในระดับที่ดีมาก ส่วนผลการจัดกิจกรรมในขั้นที่ 1 ผู้เรียนเข้าใจขอบเขตของการทำโครงการ ขั้นที่ 2 ทุกกลุ่มคิดแนวทางการแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง ขั้นที่ 3 ทุกกลุ่มร่วมกันวางแผนและออกแบบชิ้นงานได้หลายวิธี ขั้นที่ 4 ทุกกลุ่มสร้างชิ้นงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ ขั้นที่ 5 ทุกกลุ่มนำเสนอโครงการโดยใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศได้เหมาะสมและเข้าใจง่าย ขั้นที่ 6 ผู้เรียนอธิบายความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ใช้ในการออกแบบและการทำโครงการได้

#### 4.2 วิจัยต่างประเทศ

เดไมซิป โอทิลโลซ่า(Demaisip hortillosa (2013) อ้างอิงใน นายสกุล ตั้งแก้วสกุล, 2560, pp. 442 - 458 )ทำการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดบริบทเป็นฐานที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงกับนักเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีอายุประมาณ 16 ปี สายอาชีพศึกษา ชั้นปีที่ 1 ประเทศฟิลิปปินส์ ศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า เจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดบริบทเป็นฐานสูงกว่่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติและนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับสูง มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Lyn and Donna (2015) ได้ทำกาวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อพัฒนากระบวนการสืบเสาะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ วิชาอวกาศ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนของโรงเรียนรัฐบาลและเอกชนจำนวน 63 คน ที่มีช่วงอายุปี8 เดือน ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนแบบสะเต็มศึกษาโดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถดำเนินการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมอากาศได้ โดยวิธีการจัดการแก้ปัญหา 3 ขั้นคือ 1 นักเรียนแต่กลุ่มสามารถดำเนินการออกแบบเครื่องบินเบื้องต้นได้และมีการออกแบบเครื่องบินในรูปแบบที่แตกต่างกัน 2) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถเลือกวัสดุที่สามารถนำมาสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม และมีการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ มาใช้สง

ชิ้นงานได้ 3) นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถแก้ปัญหาและคิดคำนวณการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และสิ่งที่น่าใจคือ นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ทางด้านวิชาคณิตศาสตร์มาเข้ากับวิทยาศาสตร์ ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหา สรุปผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถพัฒนาศักยภาพนักเรียนให้มีความพร้อมก่อนคนที่จะเป็นนักวิศวกร ซึ่งนักเรียนได้มีโอกาสร่วมกันออกแบบและสร้างชิ้นงานร่วมกับเพื่อน และนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และกระบวนการออกทางวิศวกรรมในระหว่างการจัดการเรียนรู้ของครู ทำให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทั้ง 4 สาขาของสะเต็มศึกษาได้

Scott (2012) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ การจัดการเรียนรู้บูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่ง ในประเทศ สหรัฐอเมริกาผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เข้าร่วม STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่า นักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมเรียนแบบ STEM และนักเรียนกลุ่มที่ได้เข้าร่วมนี้ยังแสดงความคิดเห็นอีกว่า หากเราได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาและผ่านการฝึกหรือให้รับผิดชอบทำโครงการสักชิ้น พวกเขาจะสามารถแก้ปัญหาได้ในชีวิตจริงแสดงให้เห็นว่า นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จึงเป็นการบ่งบอก ว่านักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับ STEM

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้สามารถช่วยให้นักเรียนใช้องค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น ในโลกจริงโดย ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แล้วสามารถทำให้นักเรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาได้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบที่เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน(Classroom action research) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
3. ผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ
8. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### รูปแบบการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน( Classroom Action Research) โดยนำหลักการและขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis (n.d. อ้างอิงใน สุวิมล ว่องวานิช, 2557, หน้า 16) มาเป็นแนวทางในการดำเนินวิจัย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนใน 1 วงจรได้แก่

#### 1. ขั้นวางแผน (plan)

1.1 วิเคราะห์ปัญหา สาเหตุของปัญหา เพื่อให้ทราบว่าคุณสมบัติของปัญหานั้นเป็นอย่างไร ปัญหาที่ต้องการแก้ไขคืออะไรบ้าง ปัญหานั้นเกี่ยวข้องกับใครบ้าง จะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

1.2 ศึกษารูปแบบ/วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียน (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

1.3 ศึกษาวิธีการสร้างเครื่องมือ การรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสร้างเครื่องมือที่จะใช้ในการวิจัย

1.4 วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสร้างเครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและใบกิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

1.5 ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของเครื่องมือแล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.6 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ฉบับสมบูรณ์

1.7 เตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์ในการทำกิจกรรม เครื่องมือในการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้และใบกิจกรรม

## 2. ชั้นปฏิบัติ (Action)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1. ชั้นระบุปัญหา 2. ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ชั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 6. ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหามาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งแต่ละวงจรของการวิจัยจะใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 1 แผนต่อ 1 เรื่อง จำนวน 6 ชั่วโมงดังนี้

วงจรที่ 1	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วน	จำนวน 6 ชั่วโมง
วงจรที่ 2	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องสัดส่วน	จำนวน 6 ชั่วโมง
วงจรที่ 3	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องร้อยละ	จำนวน 6 ชั่วโมง

### 3. ชั้นสังเกต (Observe)

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะทำการบันทึกผลการ สังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และนอกจากนี้ผู้วิจัยยัง มีการบันทึกเทปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือบันทึกวีดีโอเพื่อใช้ประกอบการสะท้อน ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย

### 4. การสะท้อนผล (Reflect)

ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิเคราะห์ และนำผลการวิเคราะห์ จากแบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และใบกิจกรรมมาสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และร่วมกันโดยพิจารณา จุดเด่น จุดด้อย ปัญหาที่พบ ระหว่างการเรียนรู้ พร้อมทั้ง หาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 1 ส่วนผล การวิเคราะห์ใบกิจกรรมการเรียนรู้จะถูกนำมาสะท้อนถึงการพัฒนารู้อเรื่องคณิตศาสตร์ของ นักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยข้อที่ 2 และนำผลการ สะท้อนทั้งหมดไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป

วงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 จะมีการดำเนินการในลักษณะเดียวกับวงจรปฏิบัติการ ที่ 1

หลังจากดำเนินการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และสะท้อนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบ การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จำนวน 17 ข้อ หลังจากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้ มาวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน

### ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพ 5 แสดงขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

## ผู้เข้าร่วมการวิจัย

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดอุดรธานี จำนวน 19 คน ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีผลการเรียนอยู่ในระดับดี ขึ้นไป ศึกษาเอกสารรายงานผลการเรียนภาคเรียนที่ 1 รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน โดยผู้วิจัยมีได้นำผลของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา 1 คน, นักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้ 2 คน, มาวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้

## เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 แผน แผนละ 6 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ ได้แก่

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง อัตราส่วน กิจกรรม รถบรรทุกสุดแกร่ง

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง สัดส่วน กิจกรรม สังฆาน่าอร่อย

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ร้อยละ กิจกรรม น้ำยาล้างจานมหัศจรรย์

โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ มีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา) และคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และแนวทางการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.3 วิเคราะห์หลักสูตรความสัมพันธ์ของสาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การงานอาชีพ ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการวิเคราะห์หลักสูตรความสัมพันธ์ของสาระมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การงานอาชีพ

แผนที่	สถานการณ์	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
แผนที่ 1 อัตราส่วน (4 ชั่วโมง)	รถบรรทุก สุดแกร่ง	สาระที่ 1 จำนวนและ พีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ค 1.1 ม. 1/3 เข้าใจและ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละใน การแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์ กายภาพ ว2.3 ป6/1 ระบุ ส่วนประกอบและ บรรยายหน้าที่ของแต่ละ ส่วนประกอบของ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย จากหลักฐาน เชิงประจักษ์ ว2.3 ป6/2 เขียน แผนภาพและต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย	สาระที่ 4 เทคโนโลยี ว4.1 ม1/5 ใช้ ความรู้และ ทักษะเกี่ยวกับ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อแก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและ ปลอดภัย	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ว2.3 ป6/1 ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของแต่ละ ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจากหลักฐานเชิง ประจักษ์ สาระที่ 8 เทคโนโลยี ว 4.1 ม1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น นำเสนอแนว ทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา ว 4.1 ม1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการ แก้ปัญหา



ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
แผนที่ 2 สัดส่วน (6 ชั่วโมง)	สังฆานำ อร้อย	สาระที่ 1 จำนวนและ พีชคณิต มาตรฐาน ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหาใน ชีวิตจริง	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ตัวชี้วัด ว2.3 ม1/3 สร้าง แบบจำลองที่อธิบาย การขยายตัวหรือ หดตัวของ สสารเนื่องจากได้รับหรือ สูญเสียความร้อน ตัวชี้วัด ว2.3 ม1/4 ตระหนัก ถึงประโยชน์ของความรู้ของ การหดและขยายตัวของสสาร เนื่องจากความร้อนโดย วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา และเสนอแนะวิธีการนำความรู้ มาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	สาระที่ 4 เทคโนโลยี ว4.1 ม1/5 ใช้ ความรู้และทักษะ เกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์เพื่อ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย	สาระที่ 8 เทคโนโลยี ว 4.1 ม1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการใน ชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดย วิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่ จำเป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่น เข้าใจ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ว 4.1 ม1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุ ข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการ ปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

ตาราง 6 (ต่อ)

แผนที่	สถานการณ์	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
แผนที่ 3 ร้อยละ (6 ชั่วโมง)	น้ำยา ล้างจาน มหัศจรรย์	สาระที่ 1 จำนวนและ พีชคณิต ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วนและ ร้อยละ ใน การแก้ ปัญหา คณิตศาสตร์ และปัญหา ในชีวิตจริง	สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ค1.1 ม4/4 สืบค้น ข้อมูลและอภิปราย เกี่ยวกับปัญหาและ ผลกระทบที่มีต่อ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอ แนวทางใน การอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติ และการแก้ไขปัญห สิ่งแวดล้อม	สาระที่ 4 เทคโนโลยี ว4.1 ม1/1 อธิบายแนวคิด หลักของเทคโนโลยีในชีวิต ประจำวัน และวิเคราะห์ สาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผล ต่อการเปลี่ยนแปลงของ เทคโนโลยี ว4.2 ป6/2 ออกแบบและ เขียนโปรแกรมอย่างง่าย เพื่อแก้ปัญหาใน ชีวิตประจำวัน ตรวจสอบ ข้อผิดพลาดของโปรแกรม และแก้ไข	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ว2.3 ป6/1 ระบุส่วนประกอบและบรรยายหน้าที่ของ แต่ละส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจาก หลักฐานเชิงประจักษ์ สาระที่ 8 เทคโนโลยี ว 4.1 ม1/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการใน ชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม1/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็น นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา ว 4.1 ม1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและ นำเสนอผลการแก้ปัญหา

1.1.3 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและไบโอกิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แผนละ 6 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง ใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ความสัมพันธ์ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับเวลา

แผนที่	เรื่อง	กิจกรรม	บริบทที่ใช้	เวลา(ชั่วโมง)
1	อัตราส่วน	รถบรรทุกสุดแกร่ง	อาชีพ	6
2	สัดส่วน	สังฆยาน่าอภัย	อาชีพ	6
3	ร้อยละ	น่ายาล้างจานมหัศจรรย์	อาชีพ	6
รวม				18

โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงความสัมพันธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3
<b>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</b>			
1. การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	✓	✓	✓
2. การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์			✓
3. การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น		✓	✓
4. การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท	✓		
5. การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม		✓	✓
6. การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม			✓
7. การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์			✓
8. การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน		✓	✓

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3
<b>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</b>			
9. การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	✓		
10. การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)			✓
<b>การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</b>			
1. การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหามathematics ไปใช้		✓	
2. การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหามathematics ที่ถูกต้องหรือเหมาะสม	✓		✓
3. การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหามathematics	✓		
4. การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต	✓	✓	✓
5. การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น	✓		
6. การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหามathematics		✓	
7. การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหามathematics		✓	✓

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการประเมิน	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3
<b>การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</b>			
8. การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	✓		
<b>การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</b>			
1. การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง	✓	✓	✓
2. การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหามathematics ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง		✓	✓
3. ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่า จะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	✓	✓	
4. การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา	✓	✓	✓
5. ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหามathematics	✓		
6. การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหามathematics	✓		

ซึ่งแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด
- 2) จุดประสงค์การเรียนรู้
- 3) สาระสำคัญ
- 4) ความคิดรวบยอด
- 5) สาระการเรียนรู้
- 6) การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้
- 7) กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 8) สื่อและแหล่งการเรียนรู้
- 9) บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

1.1.5 นำส่งให้ ผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์, ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาฟิสิกส์, ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์, ผู้เชี่ยวชาญด้านความรู้เรื่องคณิตศาสตร์, ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาอาหารและโภชนาการ ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบ Likert ให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นลงในใบประเมินโดยมีรายละเอียดเทียบเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

แล้วนำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำมาเทียบเกณฑ์การพิจารณาดังนี้(รัตนะ บัวสนธ์, 2552 อ้างอิงใน วรรณฎ อติศักดิ์กุล, หน้า 63-64)

	เกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
มากที่สุด	ค่าเฉลี่ย 4.50 ถึง 5.00 หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
มาก	ค่าเฉลี่ย 3.50 ถึง 4.49 หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
ปานกลาง	ค่าเฉลี่ย 2.50 ถึง 3.49 หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
น้อย	ค่าเฉลี่ย 1.50 ถึง 2.49 หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย 1.00 ถึง 1.49 หมายถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด
	เกณฑ์เพื่อตัดสินผลการพิจารณาคือใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนนถือว่าเป็นแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม

1.1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้และคำถามในใบกิจกรรม ปรับปรุงการวัดและประเมินผลหลังแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ชัดเจน

1.1.8 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนต่อไป โดยมีผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ดังตาราง 9



ตาราง 9 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม  
แนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากความ  
คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{x}$	S. D.	ระดับความเหมาะสม
1. จุดประสงค์การเรียนรู้	4.59	0.60	มากที่สุด
2. ด้านสาระการเรียนรู้	4.19	0.89	มาก
3. ด้านสาระการเรียนรู้	4.14	0.85	มาก
4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.07	0.83	มาก
5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้	4.20	0.71	มาก
6. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้	3.99	0.80	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.20	0.78	มาก

จากตาราง 8 ผลการพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม  
แนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญ 6 ท่าน พบว่า  
แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมทางด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ โดย  
ภาพรวมมีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.59$ ) ด้านสาระการเรียนรู้โดยภาพรวม  
มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.19$ ) ด้านสาระการเรียนรู้โดยภาพรวมมีระดับความ  
เหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.14$ ) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยภาพรวมมีระดับความ  
เหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.07$ ) ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้โดยภาพรวมมีระดับความ  
เหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.20$ ) การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้โดยภาพรวมมีระดับ  
ความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.99$ ) และมีระดับความเหมาะสมโดยรวมของแผนการจัด  
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อ  
พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1  
ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 นั้นหมายความว่าเหมาะสมนำไปใช้ได้

## 2. ใบบัณฑิตของนักเรียน

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ประกอบการจัดกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนบันทึกใบบัณฑิตทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใบบัณฑิตของนักเรียนเป็นส่วนประกอบหนึ่งของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รายละเอียดกิจกรรมแสดงดังตาราง 4 ตั้งแต่สถานการณ์มีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

- 2.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างใบบัณฑิตของนักเรียน
- 2.2 ศึกษากรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์
- 2.3 ศึกษาลักษณะและขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม รวมถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2.4 ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ
- 2.5 กำหนดขอบข่ายของการบันทึกข้อมูลของนักเรียน
- 2.6 สร้างใบบัณฑิตของนักเรียน
- 2.7 นำใบบัณฑิตของนักเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระและผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน ได้แก่ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เพื่อประเมินความถูกต้อง เหมาะสมเพื่อประเมินความเหมาะสม
- 2.8 ปรับปรุงแก้ไขใบบัณฑิตของนักเรียนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ และผู้เชี่ยวชาญ
- 2.9 จัดทำใบบัณฑิตของนักเรียนฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้ร่วมกับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

## 3. แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยขณะดำเนินกิจกรรม โดยให้หัวหน้าฝ่ายวิชาการเป็นผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งได้แก่ ครูประจำการผู้รับผิดชอบรายวิชาคณิตศาสตร์ และผู้วิจัยจดบันทึก บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในแต่ละวงจรว่าเป็นอย่างไร มีความเหมาะสมหรือไม่ สามารถช่วยพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร ควรแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างไร โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 กำหนดขอบเขตของการสังเกต ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย สามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของนักเรียน จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีปัญหา และอุปสรรคอย่างไร และมีแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงอย่างไร

3.3 สร้างแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 นำแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

3.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

3.6 จัดทำแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้

#### 4. เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกวิดีโอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีที่เกิดสังเกตและสะท้อนผลของผู้วิจัยยังไม่ครบถ้วน

#### 5. แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจในเนื้อหา โดยนักเรียนจะได้ทำแบบทดสอบเมื่อสิ้นสุด การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ทุกวงจรแล้วซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังต่อไปนี้

5.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA ในปี 2018 และศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา) โดยศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คุณภาพผู้เรียนเมื่อจบรายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบที่ครอบคลุมในเนื้อหา 1. อัตราส่วน 2. สัดส่วนและ 3. ร้อยละ

5.2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบโดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบ จำนวน 17 ข้อ กำหนดรูปแบบเป็นแบบเขียนตอบอิสระ เนื่องจากเป็นข้อสอบที่สามารถทดสอบวิธีคิด การ

ใช้เหตุผลประกอบซึ่งทำให้ครูสามารถตรวจสอบกระบวนการคิดการให้เหตุผลของนักเรียนได้ (สูนีย์ คล้ายนิลและคณะ, 2551, หน้า 31)

5.3 สร้างแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จำนวน 17 ข้อที่ครอบคลุม 3 กระบวนการ 24 กิจกรรมและ 4 บริบท

5.4 นำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

5.5 นำแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา และนำส่งผู้เชี่ยวชาญ ทั้งหมด 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์, ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา, ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence: IOC) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อข้อคำถามแต่ละข้อ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 257)

คะแนน 1 ถ้าเห็นด้วยว่า แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สอดคล้องกับ กระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่า แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สอดคล้องกับ กระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

คะแนน -1 ถ้าไม่เห็นด้วยว่า แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สอดคล้องกับ กระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

5.6 พิจารณาแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป มาสร้างแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5.6 จัดทำแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้

5.7 นำแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขให้มีความเหมาะสมแล้ว นำไปใช้วัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร ปฏิบัติการโดยแบบทดสอบแต่ละข้อมีรายละเอียดดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงความสัมพันธ์ของแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์กับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

รายการประเมิน	แบบทดสอบ	บริบท	ค่า IOC
การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	ข้อที่		
1. การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	5	สังคม	1.00
2. การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์	6	สังคม	1.00
3. การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น	6	สังคม	1.00
4. การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท	2	วิทยาศาสตร์	0.67
5. การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม	8	สังคม	1.00
6. การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม	1	วิทยาศาสตร์	1.00
7. การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์	2	วิทยาศาสตร์	1.00
8. การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน	13	วิทยาศาสตร์	1.00

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	แบบทดสอบ	บริบท	ค่า
การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์(ต่อ)	ข้อที่		IOC
9. การรู้แ่งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริงหรือวิธีดำเนินการ	3	ส่วนตัว	1.00
10. การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)	12	ส่วนตัว	1.00
<b>การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</b>			
1. การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหามathematics ไปใช้	11	ส่วนตัว	1.00
2. การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหามathematics ที่ถูกต้องหรือเหมาะสม	17		
3. การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหามathematics	4	สังคม	1.00
4. การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต	10	ส่วนตัว	1.00
5. การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น	12	ส่วนตัว	1.00
6. การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหามathematics	13	วิทยาศาสตร์	1.00

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	แบบทดสอบ	บริบท	ค่า IOC
การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์(ต่อ)	ข้อที่		
7. การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา	16	สังคม	1.00
8. การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	14	อาชีพ	1.00
<b>การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</b>			
1. การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง	9	สังคม	1.00
2. การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง	7	อาชีพ	1.00
3. ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	9	สังคม	1.00
4. การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา	7	อาชีพ	1.00
5. ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	15	อาชีพ	1.00
6. การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา	2	วิทยาศาสตร์	1.00

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเรื่อง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเก็บข้อมูลตามระเบียบวิธีวิจัยปฏิบัติการ ในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

#### วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน

##### ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน

ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และเนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรสถานศึกษา) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ศึกษามาเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องอัตราส่วนตามขั้นตอน การสร้างและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อีกทั้งยังสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 3 เครื่องมือได้แก่ 1. ใบกิจกรรมการเรียนรู้ 2. แบบสังเกตการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย และ 3. แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่กล่าวมาข้างต้น

##### ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่อง อัตราส่วน โดยใช้เวลาจำนวน 6 คาบเรียน ผู้ร่วมวิจัยทำการสังเกตการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้

##### ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม โดยการเก็บข้อมูลจะใช้เครื่องมือแบบสังเกตพฤติกรรมการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้

##### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

นักเรียนจะสะท้อนผลการเข้าร่วมการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในเรื่อง อัตราส่วน จากนั้นผู้วิจัยทำการสะท้อนผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการนำแบบสังเกตการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ มาทำการวิเคราะห์ด้วย



วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จ ผู้วิจัยจะพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่วิเคราะห์ ได้ไปตอบปัญหาวิจัยข้อที่ 1 ส่วนใบกิจกรรมการเรียนรู้จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อสะท้อนถึงการ พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 2

### วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สัดส่วน

#### ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และจัดเตรียมเครื่องมือ เช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 1

#### ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สัดส่วน โดยใช้เวลาจำนวน 6 คาบเรียน ผู้ร่วมวิจัยทำการสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการเรียนรู

#### ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการเก็บข้อมูลจะใช้เครื่องมือ แบบสังเกตพฤติกรรมจัดการกิจกรรมการ เรียนรู้ และการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้

#### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน เช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผล ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้ไปใช้จัดการ เรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป

### วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ร้อยละ

#### ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน

ผู้วิจัยปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมตามผลการวิเคราะห์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และจัดเตรียมเครื่องมือ เช่นเดียวกับวงจรปฏิบัติการที่ 1

#### ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ

ผู้วิจัยได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องร้อยละ โดยใช้เวลาจำนวน 6 คาบ

เรียน และสังเกตการจัดการเรียนรู้จากผู้ร่วมวิจัยโดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ผู้วิจัยได้สังเกตผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยการเก็บข้อมูลจะใช้เครื่องมือ แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้

### ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล

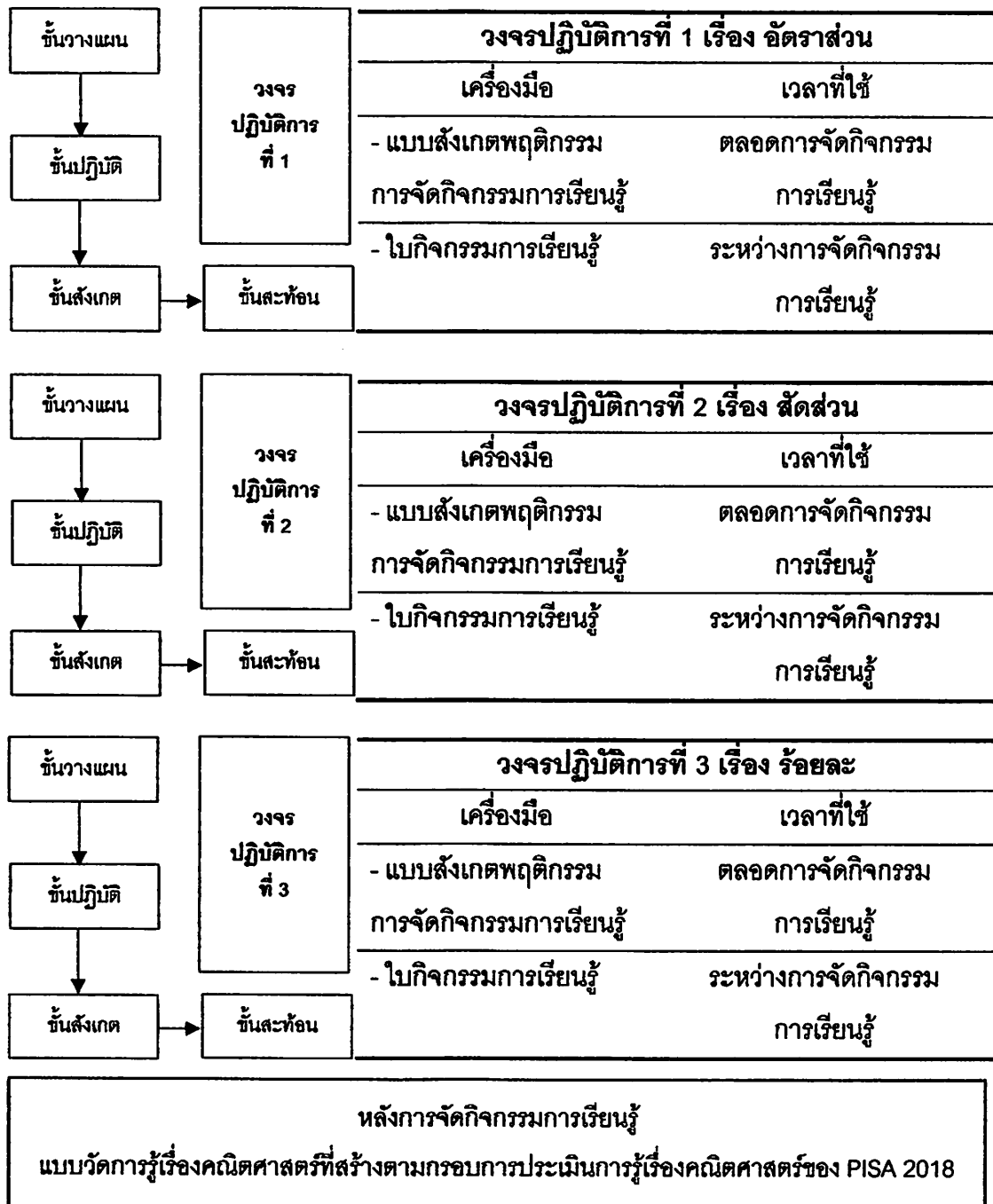
ผู้วิจัยวิเคราะห์การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนเช่นเดียวกับขั้นสะท้อนผล ในวงจปฏิบัติการณ์ที่ 1 และนำผลการวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้ มาสรุปแนวทางที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

หลังจากเก็บข้อมูลในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินการทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ โดยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ที่สร้างตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2018 จากนั้นนำผลการทดสอบที่ได้ มาวิเคราะห์ถึงการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้จากที่กล่าวมาผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นวงจการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังภาพ 6

### การเก็บรวบรวมข้อมูลแสดงเป็นแผนภาพดังนี้

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ได้แก่ ชั้นวางแผน ชั้นปฏิบัติ ชั้นสังเกต การสะท้อนผล โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการดังภาพ



ภาพ 6 แสดงแผนภาพกระบวนการของการเก็บรวบรวมข้อมูล

จากภาพข้างต้นแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนของวงจรการวิจัยปฏิบัติการโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการทั้งสิ้น 3 วงจร

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามวิจัยทั้ง 2 ข้อโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตาราง 11 แสดงความสัมพันธ์ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์	แบบสังเกต การจัดกิจกรรม การเรียนรู้ของ ผู้วิจัย	แบบสังเกตการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมสังเกตการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	แบบวัด ใบกิจกรรม การรู้เรื่อง คณิตศาสตร์
ข้อที่ 1	✓	✓	
ข้อที่ 2			✓ ✓

มีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ และวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจร โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือ ได้แก่ แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้มาวิเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

1.2.1. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาโดยเริ่มอ่านเนื้อหาจากแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.2. จัดกลุ่มข้อความตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 6 ชั้น

1.2.3. วิเคราะห์แยกข้อความในแต่ละชั้นออกเป็น จุดเด่น/จุดด้อย อุปสรรค/ปัญหาที่พบ แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาและพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก

1.2.4. จับประเด็นสำคัญของประโยคโดยใช้วลีสั้น ๆ เพื่อความเข้าใจตรงกันสำหรับผู้อ่าน

1.2.5. ลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด แล้วรายงานผลในลักษณะการเขียนบรรยายผลการดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรถัดไปเมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

1.2.6 ผู้วิจัยวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมด โดยผู้วิจัยใช้การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการตรวจสอบสามเส้าด้านผู้วิจัย (Investigation Triangulation) แหล่ง ข้อมูลที่ได้มาจากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลการดำเนินการว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ในการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรมและแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะทำกรวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

และจะวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ จากนั้นนำผล การวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งสองแหล่งมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการ วิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

## 2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน

2.1.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรมของนักเรียน โดยวิเคราะห์การเขียน คำตอบเพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามกิจกรรมของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดัง ตาราง 12

ตาราง 12 แสดงเกณฑ์การวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนของกระบวนการการคิด สถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การระบุประเด็น ทางคณิตศาสตร์ของ ปัญหาที่ตั้งอยู่ใน บริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่ สำคัญ	นักเรียนสามารถบอก ประเด็นทาง คณิตศาสตร์ของปัญหา ที่อยู่ในสถานการณ์ ปัญหาและพร้อม อธิบายเหตุผล	นักเรียนสามารถบอก ประเด็นทาง คณิตศาสตร์ปัญหาที่ อยู่ในสถานการณ์ ปัญหาแต่ไม่มีการ อธิบายเหตุผล	นักเรียนไม่สามารถ บอกประเด็นทาง คณิตศาสตร์ของ ปัญหาที่อยู่ใน สถานการณ์ปัญหา
2. การรู้โครงสร้างทาง คณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือ สถานการณ์	นักเรียนใช้โครงสร้าง ทางคณิตศาสตร์ หรือ กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์ และแบบรูปของ สถานการณ์ปัญหาใน การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง	นักเรียนใช้โครงสร้าง ทางคณิตศาสตร์ หรือกฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป ของสถานการณ์ ปัญหาในการ แก้ปัญหาได้ไม่ ถูกต้อง	นักเรียนไม่ใช้ โครงสร้างทาง คณิตศาสตร์ หรือ กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป ของสถานการณ์ ปัญหาในการ แก้ปัญหา

ตาราง 12 (ต่อ)

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
3. การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้ทำการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น	นักเรียนมีการทำสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น	นักเรียนมีการทำสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่ายแต่ไม่ได้นำไปวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนไม่สามารถทำสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้
4. การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท	นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้ โดยมีการอธิบายกำกับชัดเจนเกี่ยวกับแบบจำลอง	นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้ โดยไม่มีการอธิบาย	นักเรียนไม่สามารถระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้
5. การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม	นักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์โดยการ ใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ หรือแบบจำลองเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์โดยการ ใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ หรือแบบจำลอง	นักเรียนไม่สามารถนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์โดยการ ใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ หรือแบบจำลอง

## ตาราง 12 (ต่อ)

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
6. การนำเสนอปัญหา ในหลากหลายวิธี รวมถึงการจัดการกับ ปัญหาให้สอดคล้อง กับแนวคิดทาง คณิตศาสตร์และการ สร้างสมมติฐานที่ เหมาะสม	นักเรียนสามารถ นำเสนอ และจัดการ ปัญหาให้สอดคล้อง กับแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ และ สร้างสมมติฐานที่ เหมาะสม	นักเรียนสามารถ นำเสนอ และจัดการ ปัญหาให้สอดคล้อง กับแนวคิดทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนไม่สามารถ นำเสนอ และจัดการ ปัญหาให้สอดคล้อง กับแนวคิดทาง คณิตศาสตร์
7. การรู้เข้าใจและการ อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างภาษาเฉพาะ กับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็น สัญลักษณ์และภาษา อย่างเป็นทางการที่ จำเป็นต้องใช้ในการ แสดงเชิงคณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างภาษาเฉพาะ กับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็น สัญลักษณ์และภาษา อย่างเป็นทางการที่ จำเป็นต้องใช้ในการ แสดงเชิงคณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างภาษาเฉพาะ กับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็น สัญลักษณ์และภาษา อย่างเป็นทางการที่ จำเป็นต้องใช้ในการ แสดงเชิงคณิตศาสตร์ ได้ไม่ถูกต้อง ไม่ สอดคล้องกับบริบท	นักเรียนไม่สามารถ อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างภาษาเฉพาะ กับบริบทของปัญหา กับภาษาที่เป็น สัญลักษณ์และภาษา อย่างเป็นทางการที่ จำเป็นต้องใช้ในการ แสดงเชิงคณิตศาสตร์



ตาราง 12 (ต่อ)

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
8. การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน	นักเรียนสามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงผลแทนเพื่อใช้ในการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงผลแทน	นักเรียนไม่สามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงผลแทน
9. การรู้แ่งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จัก ข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	การรู้แ่งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จัก ข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	การสามารถอธิบายแ่งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จัก ข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	การไม่สามารถอธิบายแ่งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จัก ข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ

ตาราง 12 (ต่อ)

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
10.การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)	นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องโดยได้ผลลัพธ์ออกมาได้ถูกต้อง	นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องโดยได้ผลลัพธ์ออกมาได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง
การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้	นักเรียนสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดโดยได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง	นักเรียนสามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดโดยได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ตาราง 12 (ต่อ)

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
2. การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม	นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องเหมาะสม	นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาแต่ไม่เหมาะสม	นักเรียนไม่สามารถใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องเหมาะสม
3. การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง
4. การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการและการแสดงแทนทางเรขาคณิต	นักเรียนสามารถจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิตได้ถูกต้องเพื่อให้ง่ายต่อการใช้ในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิตได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิตได้

ตาราง 12 (ต่อ)

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
5. การเขียนแผนภาพกราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น	นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา มีการระบุส่วนที่เป็นคณิตศาสตร์ไว้อย่างชัดเจน	นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา	นักเรียนไม่สามารถเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา
6. การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหาแล้วได้ผลลัพธ์ถูกต้อง	นักเรียนสามารถใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหาแล้วได้ผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา

## ตาราง 12 (ต่อ)

การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
7. การสร้างข้อสรุป ทั่วไปบนพื้นฐานของ ผลลัพธ์ที่เกิดจากการ นำวิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ใน การแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถสร้าง ข้อสรุปทั่วไปบน พื้นฐานของผลลัพธ์ที่ เกิดจากการนำ วิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ใน การแก้ปัญหาโดยมี การอธิบายให้เหตุผล ประกอบชัดเจน	นักเรียนสามารถสร้าง ข้อสรุปทั่วไปบน พื้นฐานของผลลัพธ์ที่ เกิดจากการนำ วิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ใน การแก้ปัญหาโดยไม่มี มีการอธิบายให้ เหตุผลประกอบ ชัดเจน	นักเรียนไม่สามารถ สร้างข้อสรุปทั่วไปบน พื้นฐานของผลลัพธ์ที่ เกิดจากการนำ วิธีดำเนินการทาง คณิตศาสตร์ไปใช้ใน การแก้ปัญหา
8. การสะท้อนข้อ โต้แย้งทาง คณิตศาสตร์การ อธิบายและการแสดง เหตุผลต่อผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ สะท้อนข้อโต้แย้งทาง คณิตศาสตร์ โดยมี การการอธิบายหรือ การแสดงเหตุผลต่อ ผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์ในกลุ่ม	นักเรียนสามารถ สะท้อนข้อโต้แย้งทาง คณิตศาสตร์ โดยไม่มี การการอธิบายหรือ การแสดงเหตุผลต่อ ผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์ในกลุ่ม	นักเรียนไม่สามารถ สะท้อนข้อโต้แย้งทาง คณิตศาสตร์ได้

ตาราง 12 (ต่อ)

การตีความและประเมินผลลัพธ์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ กลับไปที่บริบทโลกชีวิตจริง	นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องโดยมีการอธิบาย	นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องโดยไม่มี การอธิบาย	นักเรียนไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้
2. การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง	นักเรียนสามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาได้โดยมีการอธิบายและให้เหตุผล	นักเรียนสามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาได้โดยไม่มี การอธิบายและให้เหตุผล	นักเรียนไม่สามารถประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใน

ตาราง 12 (ต่อ)

การตีความและประเมินผลลัพธ์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
3. ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	นักเรียนอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร แล้วสามารถตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาได้อย่างไร	นักเรียนอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร แต่ไม่สามารถตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร
4. การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาโดยมีการอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาโดยไม่มี การอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

## ตาราง 12 (ต่อ)

การตีความและประเมินผลลัพธ์			
กิจกรรม	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
5. ความเข้าใจ ขอบเขตและข้อจำกัด ของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธี แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถ อธิบายขอบเขตและ ข้อจำกัดของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธี แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ได้พร้อม มีการอธิบายให้ เหตุผล	นักเรียนสามารถ อธิบายขอบเขตและ ข้อจำกัดของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธี แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ได้โดยไม่มี มีการอธิบายให้ เหตุผล	นักเรียนไม่สามารถ อธิบายขอบเขตและ ข้อจำกัดของแนวคิด คณิตศาสตร์และวิธี แก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ได้
6. การวิจารณ์และ ระบุข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหา	นักเรียนสามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหาโดยมีการ ให้เหตุผลหรือการ อธิบายได้อย่าง เหมาะสม	นักเรียนสามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหาโดยไม่มีมีการ ให้เหตุผลหรือการ อธิบายได้อย่าง เหมาะสม	นักเรียนไม่สามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหา



2.1.2 ผู้วิจัยตรวจใบกิจกรรมของนักเรียนโดยเทียบกับเกณฑ์ดังตารางที่ 8

2.1.3 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คะแนนเพื่อจัดระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนแยกตามกระบวนการทั้ง 3 กระบวนการ

2.1.3 ผู้วิจัยสรุปผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการแบบแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ

2.1.3 ผู้วิจัยเปรียบเทียบระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการที่ได้จากใบกิจกรรมที่ 1, 2 และ 3 และถ้าหากร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ ตามใบกิจกรรมที่ได้จากวงจรปฏิบัติการที่ 1, 2 และ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

3.1 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยเทียบการเขียนตอบแบบอิสระของนักเรียนกับเกณฑ์เพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น โดยมีระดับคะแนน 3 ระดับ คือ ระดับ 2 หมายถึง อยู่ในระดับดี, ระดับ 1 หมายถึง อยู่ในระดับพอใช้และ ระดับ 0 หมายถึง อยู่ในระดับควรปรับปรุง

3.2 ผู้วิจัยสรุปผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการแบบร้อยละ

3.3 ผู้วิจัยเปรียบเทียบคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละกระบวนการทั้ง 3 ระดับ ซึ่งถ้าหากผลคะแนนของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

### ความน่าเชื่อถือของงานวิจัยเชิงคุณภาพ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยืนยันความน่าเชื่อถือ (Credibility) ของงานวิจัยโดยการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการแบบสามเส้า (Triangulation) ทั้ง 2 วิธี คือวิธีการตรวจสอบแบบ ด้านผู้วิจัยหรือเก็บข้อมูล (Investigation Triangulation) แหล่งข้อมูลที่ได้มาจากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์การ จัดกิจกรรมการเรียนรู้และแบบใช้เครื่องมือวิจัยมากกว่าหนึ่งชนิด (Methodological Triangulation) เพื่อทำการวิเคราะห์และพิจารณาผลสรุปการ พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังได้ตรวจสอบกับผู้เชี่ยวชาญ (Peer Debriefing) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูลจากงานวิจัย ผู้วิจัยจะใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับผู้ให้ข้อมูล 2 แหล่งด้วยกันได้แก่ ครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ และตัวผู้วิจัยเองในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลสรุป

2. วิธีการตรวจสอบแบบสามด้านเครื่องมือวิจัย จากงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือจำนวน 2 เครื่องมือในการศึกษาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่สร้างตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2018 และใบกิจกรรมการเรียนรู้นำมาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาถึงผลสรุปของการดำเนินงานว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่ตรงกันหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

3. วิธีการตรวจสอบข้อมูล Peer debriefing หรือการตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลกับอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหรือผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบว่ากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินไปอย่างถูกต้องตามหลักการ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ

คือการหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (index of Item objective congruence: IOC) ดังนี้ (ไพศาล วรคำ, 2552, หน้า 257)

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

โดย IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

R แทน คะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความสอดคล้อง

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) และดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ(Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ใช้เวลาทั้งหมดรวม 18 ชั่วโมง โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน

#### 1. ขั้นการวางแผน (Plan)

##### 1.1 การเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งหมด 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สัดส่วน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ร้อยละ และในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มี ขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1.ระบุปัญหา 2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3.ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5.ทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.1 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน โดยใช้กิจกรรมเรื่องรถบรรทุกสุดแกร่ง เป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันแก้ไขปัญหาของ ชวานาคคนหนึ่งที่ต้องการขาย ฟางอัดก้อนของตนเองให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่งการลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายให้พ่อค้าคนกลางให้ได้จำนวนก้อนมากที่สุดใน 1 รอบ (ฟางหนักก้อนละ 50 กรัม) ให้นักเรียนสร้างรถบรรทุกสำหรับขนฟางอัดก้อน โดยจะต้องใช้เส้นทางที่มีระยะทางตรงยาว 2 กิโลเมตร และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับแนวระดับยาว 1 กิโลเมตร (ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100 เซนติเมตร) และขนส่งฟางอัดก้อนไปยังจุดหมายโดยทำเวลาน้อยที่สุด โดยมีการทดสอบคือ ให้นักเรียนปล่อยรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งบรรทุกฟางอัดก้อนตามจำนวนที่นักเรียนเลือก บนถนนจำลองเส้นทางประกอบด้วย ทางตรงยาว 200 เซนติเมตร และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับพื้นราบ ยาว 100 เซนติเมตรซึ่งทำจากโฟมเคลือบด้วยพลาสติกหรือลูกฟูก กิจกรรมนี้

นักเรียนได้ใช้ความรู้ในหลายสาขาวิชามานำมาบูรณาการในการแก้ปัญหา ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน เพื่อหาอัตราทดของเฟือง, วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เพื่อใช้ในการต่อวงจรของรถบรรทุกจำลอง ที่จะต้องใช้มอเตอร์ ถ่าน และสวิตช์เพื่อให้มอเตอร์สามารถทำงานได้ และวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องการเลือกใช้อุปกรณ์มาสร้างรถบรรทุกจำลอง อย่างสร้างสรรค์และอุปกรณ์สำหรับการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

1.1.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สดส่วน โดยใช้กิจกรรมเรื่อง สังขยาน่าอร่อย เป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันแก้ปัญหาของ ร้านขนมแห่งหนึ่ง ชายสังขยา ได้รับเสียงตอบรับจากลูกค้าว่า สังขยามีรสชาติไม่อร่อย ทำให้ในแต่ละวันขายไม่หมด โดยนักเรียนจะต้องทำสังขยาให้มีเนื้อเนียนนุ่ม รสชาติหวานมันอร่อย และมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด และทำให้เพียงพอต่อลูกค้าทั้งหมด 30 คน ซึ่งจะได้รับสังขยาคนละ 50 กรัม ต่อคนโดยมีการทดสอบคือ 1. คะแนนจากต้นทุนที่ต่ำที่สุด (ขึ้นละ 50 กรัม) 2. คะแนนแบบประเมินทางประสาทสัมผัส (9-point Hedonic Scale) 3. คะแนนลักษณะปรากฏของอาหาร ซึ่งได้แก่ 3.1 ลักษณะปรากฏภายนอก หน้าจะต้องไม่ยุบ ไม่มีฟองอากาศ เนื้อเนียน 3.2 ความหวาน วัดโดยใช้ค่าความหวาน(บริกซ์)เป็นหน่วยวัดค่าความหวานชนิดหนึ่ง ใช้เครื่องมือวัดค่าความที่เรียกว่า Refractometer 3.3 เนื้อสัมผัส จะต้องสามารถเซตตัวอยู่ได้ตามที่กำหนด 3.4 สีของสังขยาโดยจะต้องมีสีตามเกณฑ์ที่กำหนด กิจกรรมนี้ นักเรียนได้ใช้ความรู้ในหลายสาขาวิชามานำมาบูรณาการในการแก้ปัญหา ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สดส่วน เพื่อหาปริมาณของส่วนผสม หรือวัตถุดิบที่ใช้เพื่อให้เพียงพอต่อลูกค้า, วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติของโปรตีนและกระบวนการถ่ายโอนความร้อนเพื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนของไซในสังขยา และวิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องการเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับการประกอบอาหารและการเก็บรักษาได้อย่างเหมาะสม

1.1.3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ร้อยละ โดยใช้กิจกรรมเรื่อง น้ำยาล้างจานมหัศจรรย์ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันแก้ปัญหา ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้ในครัวเรื่องของตนเอง ให้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบต่าง ๆ บนจานชาม ให้มีความปลอดภัยและมีราคาถูกที่สุด จำนวน 1 กิโลกรัม" โดยนักเรียนจะต้องผสมน้ำยาล้างจานขึ้นมาโดยให้มีราคาที่ถูกที่สุดและมีประสิทธิภาพในการใช้ทำความสะอาดมากที่สุด โดยมีการทดสอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1. ความสามารถในการขจัดคราบ ซึ่งคราบสกปรกมีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันพืช ครีมขนมเค้ก และซอสมะเขือเทศ โดยวิธีการทดสอบจะต้องใช้จานพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ใช้เทปขาวติดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ใช้เครื่องแก้วจางที่ทำด้วยคราบดังกล่าว ในน้ำยาล้างจานที่เจือจาง 200 กรัม ต่อน้ำ 10 ลิตร จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของ

ความสะอาด ถ้าสะอาด สะอาดหมดจด 75% ขึ้นไป ได้ 3 คะแนน 50% – 75% ได้ 2 คะแนน สะอาดไม่ถึง 50% ได้ 1 คะแนน และส่วนที่ 2 คือ ราคา ถ้ามีราคาถูกที่สุดอันดับที่ 1 จะได้ 4 คะแนน ไปจนถึงราคาแพงที่สุด ได้ 1 คะแนน กิจกรรมนี้นักเรียนได้ใช้ความรู้ในหลายสาขาวิชามานำมาบูรณาการในการแก้ปัญหา ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ เพื่อใช้ในการคำนวณหา ความเข้มข้นของสารละลายมวลโดยมวล, วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลายมวลโดยมวล และ วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่องผลิตภัณฑ์น้ำยาทำความสะอาดเครื่องครัวของมนุษย์ที่เหมาะสมและปลอดภัย

## 1.2 การเตรียมเอกสาร

ผู้วิจัยแบ่งเอกสารออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ นักเรียน และผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักเรียน ได้แก่ ใบกิจกรรม ใบความรู้ และสำหรับผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย เพื่อใช้ประกอบการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบันทึกลงในแบบสังเกต

## 1.3 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนจะได้ร่วมกันสร้างชิ้นงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรม ซึ่งผู้วิจัยจะต้องจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทั้ง 3 กิจกรรม ดังนี้

### 1.3.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

1.3.1.1 อุปกรณ์สำหรับกิจกรรมหัตถกรรมแห่งเฟื่อง ได้แก่ ชุดเฟื่องขับเฟื่องตาม แผ่นโฟมสำหรับรองเข็มหมุด เข็มหมุด

1.3.1.2 อุปกรณ์สำหรับการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เช่น หลอดไฟ ถ่านสายไฟ

1.3.1.3 อุปกรณ์สำหรับสร้างรถบรรทุกจำลอง เช่น แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด กรรไกร มอเตอร์ สายไฟ ล้อพลาสติก ชุดเฟื่องรถของเล่น ปืนกาว เทปใส กาวสองหน้า

### 1.3.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

1.3.2.1 อุปกรณ์สำหรับกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติของโปรตีน เช่น บีกเกอร์ ตะเกียง ไข่ขาว หลอดทดลอง แท่งแก้วคนสาร

1.3.2.2 อุปกรณ์การทดลองการถ่ายโอนความร้อน เช่น ลูกโป่ง 2 ใบ เทียน

1.3.2.3 อุปกรณ์การทำสังขยา เช่น ไข่ไก่ ไข่เป็ด น้ำตาล กะทิ สังกถึง ใบเตย

### 1.3.3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1.3.3.1 อุปกรณ์สำหรับกิจกรรมความเข้มข้นของสารละลาย เช่น บีกเกอร์  
แท่งแก้วคนสาร โฟแทสเรียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO<sub>4</sub>) หลอดหยด กระบอกตวง

1.3.3.2 อุปกรณ์สำหรับการทำน้ำยาล้างจาน เช่น LAS60 ผงเกลือ กรด  
มะนาว สีส้มอาหาร

### 1.4 การเตรียมสถานที่ในห้องเรียน

การจัดโต๊ะเรียนให้เป็นกลุ่ม ๆ 4 กลุ่ม และผู้วิจัยได้ติดตั้งกล้องดิจิตอลเพื่อบันทึก  
ภาพการจัดการเรียนรู้โดยการตั้งไว้ด้านหลังห้องเรียน

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่  
เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ เวลา 18 ชั่วโมง

#### 2.1 ขั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มโดยการแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 4-5 คน กระตุ้นความสนใจของ  
นักเรียนด้วยการนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับการเดินทางไปเที่ยวตามสถานที่ธรรมชาติต่าง ๆ ที่  
จะต้องใช้เส้นทางขึ้นเขา หรือทางลาดชัน ซึ่งนักเรียนจะได้ตระหนักถึงการขับรถขึ้นบนทางที่มีความ  
ลาดชันจะต้องมีการเปลี่ยนเกียร์ของรถ เป็นเกียร์สูงหรือเกียร์ต่ำ จากนั้นให้นักเรียนดูภาพ  
เครื่องหมายจราจร “ใช้เกียร์ต่ำ” และ “ทุกคันใช้เกียร์ต่ำ” พร้อมทั้งใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด  
“ในการขับรถขึ้นเขา ทางลาดชันหรือเนิน จะต้องใช้แรงมากกว่าหรือน้อยกว่าทางปกติ แล้วการขับ  
รถเวลาขึ้นเนินต้องทำอะไร” หลังจากนั้นผู้วิจัย ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา “ชาวนาคน  
หนึ่งต้องการขาย ฟางอัดก้อน ของตนเองให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่งการลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายให้  
พ่อค้าคนกลางให้ได้จำนวนก้อนมากที่สุด ใน 1 รอบ (ฟางหนักก้อนละ 50 กรัม) ให้นักเรียนสร้าง  
รถบรรทุกสำหรับขนฟางอัดก้อน โดยจะต้องใช้เส้นทางที่มีระยะทางตรงยาว 2 กิโลเมตร และทาง  
เรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับแนวระดับยาว 1 กิโลเมตร (ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100  
เซนติเมตร)” เมื่อนักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาดังกล่าวแล้วให้นักเรียนระบุประเด็นปัญหา  
เงื่อนไขของปัญหา ลงในใบกิจกรรมที่ 1 และระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการ  
แก้ปัญหาในครั้งนี้

#### 2.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมหลายกิจกรรมดังนี้ กิจกรรมที่ 1  
Ratio ให้อัตราส่วน เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน  
กิจกรรมที่ 2 มหัศจรรย์แห่งเฟือง ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับอัตราทดของเฟือง



ความสำคัญของเฟือง เกียร์สูง เกียร์ต่ำและการทำงานของระบบเกียร์ของรถยนต์ กิจกรรมที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับ การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน ข้อดีและข้อเสียของการต่อวงจรไฟฟ้าทั้งสองแบบ

### 2.3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาอีก 1 ครั้ง เน้นย้ำถึงปัญหาที่จะต้องแก้ไขและแจ้งเกณฑ์การทดสอบชิ้นงาน เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชิ้นงานของนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการออกแบบรถบรรทุกจำลอง ระหว่างนักเรียนกำลังออกแบบรถบรรทุกจำลอง ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียน “นักเรียนจะนำเอาความรู้เกี่ยวกับอัตราทดของเฟืองที่ได้ศึกษามาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวอย่างไรบ้าง” “นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ใดเพื่อช่วยใช้ในการดำเนินการในขั้นนี้” “ข้อจำกัดที่นักเรียนต้องคำนึงถึง หรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการออกแบบรถบรรทุกจำลองคืออะไร” “นักเรียนจะเลือกใช้อัตราทดเฟืองเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้อัตราทดเฟืองนี้ มีการคิดคำนวณอย่างไร” โดยให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในใบกิจกรรมที่ 1

### 2.4 ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะได้แบบสำหรับการสร้างรถบรรทุกจำลองมาจากขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ผู้วิจัยแจกชุดอุปกรณ์การสร้างรถบรรทุกจำลองให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มดำเนินการสร้างรถบรรทุกจำลองตามที่ได้ออกแบบเอาไว้

### 2.5 ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

เมื่อนักเรียนสร้างรถบรรทุกจำลองเสร็จแล้ว นักเรียนจะได้ทำการทดสอบประเมินผลรถบรรทุกจำลองว่าสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ได้หรือไม่ โดยก่อนการทดสอบนักเรียนจะได้รับฟังวิธีการทดสอบ และเกณฑ์การทดสอบอีกครั้งจากผู้วิจัย แล้วนักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มทดสอบและจดบันทึกผล และนำผลที่ได้ไปช่วยกันวิเคราะห์ผลเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น แล้วบันทึกผลปัญหาที่พบ วิธีการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 1

### 2.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันนำเสนอผลการแก้ปัญหาให้เพื่อน ๆ อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้เพื่อน ๆ สามารถเข้าใจว่ากลุ่มของตนเองพบปัญหาใดและใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหาแล้วผลของการแก้ปัญหาเป็นอย่างไร

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน

สัดส่วนและร้อยละ โดยเก็บจากแบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้และใบกิจกรรมของนักเรียน โดยมีประเด็นดังนี้

### 3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมระยะเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละชั้นได้ ผู้วิจัยได้ปรับเวลาและกระตุ้นให้ผู้เรียนเร่งทำกิจกรรมอย่างรวดเร็ว ตามความเหมาะสมของกิจกรรม ในชั้นการระบุปัญหาผู้วิจัยนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับอัตราทดของเฟืองในสถานการณ์ชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็น การสนทนาเรื่องการขับรถไฟท่องเที่ยวเกี่ยวกับครอบครัวทางภาคเหนือที่มีเส้นทางลาดชัน จำเป็นต้องใช้ เกียร์หลายระดับ และมีนักเรียนที่สามารถบอกเหตุผลของการเปลี่ยนเกียร์ได้เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยส่วนมากนักเรียนหญิงจะไม่สามารถเข้าใจประสบการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยควรใช้วิธีทัศนแทน การสนทนา ถาม-ตอบ หรือ การใช้ภาพนิ่ง เพื่อทำให้นักเรียนได้เข้าใจได้มากกว่า ผู้วิจัยมีความ ตื่นเต้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ผู้วิจัยค่อนข้างกังวลกับกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในแต่ละ ชั้นตอน ในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนหลายกลุ่ม การทดสอบครั้งที่ 1 และ 2 ชิ้นงานของนักเรียน ยังไม่ประสบความสำเร็จเป็นเพราะผู้วิจัยไม่ได้แจ้งให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับวัสดุและอุปกรณ์ที่ กำหนดไว้ให้ ทำให้นักเรียนเข้าใจผิดเกี่ยวกับอุปกรณ์ และนอกจากนี้ยังมีความคิดเห็นจากผู้ร่วม สังเกตการณ์จัดการเรียนรู้พบว่า ในการนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาผู้วิจัยนำเข้าสู่สถานการณ์ ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียนโดยตรง ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหา อย่างชัดเจน นั่นคือ การขับรถไฟ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมองเห็นว่าหลักการทางคณิตศาสตร์ใดที่มีความ เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานี้ แต่จะมีนักเรียนหญิงที่จะไม่ค่อยเข้าใจในเรื่องของการขับรถไฟ ซึ่ง ผู้วิจัยควรที่จะนำเสนอหรือนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยใช้ วิธีทัศนแทนการสนทนา ถาม-ตอบ ควรกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละชั้นให้นักเรียนอย่างชัดเจน นักเรียนมีการทำงาน โดยไม่คำนึงถึงเวลา ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ระยะเวลานานเกินที่กำหนด ในกิจกรรมชั้น รวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยยังไม่สามารถสร้างความเชื่อมโยงและบูรณาการ กิจกรรมต่าง ๆ ได้ กิจกรรมย่อยยังไม่ค่อยสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน ควรออกแบบกิจกรรมให้ เกิดความสอดคล้องมากกว่านี้

### 3.2 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการสะท้อนความคิดของผู้วิจัยสามารถพิจารณาปัญหาและอุปสรรคจากการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นขั้นตอนดังนี้

### 3.2.1 ชั้นระบุมปัญหา

ในชั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มคละความสามารถ คละเพศ โดยแบ่งเป็นกลุ่มละ 4-5 คนได้นำเข้าสู่บทเรียนโดยยกเอาสถานการณ์เกี่ยวกับการเดินทางไปท่องเที่ยวทางภาคเหนือ ตามสถานที่ธรรมชาติที่จะต้องม้เส้นทางขึ้นเขา หรือทางลาดชัน ซึ่งการขึ้นรถขึ้นเนินขึ้นเขาหรือทางลาดชันต้องระมัดระวังเป็นอย่างมากตลอดเส้นทางและนักเรียนจะสังเกตเห็นป้ายแสดงสัญลักษณ์ให้ใช้เกียร์ต่ำ (ผู้วิจัยนำเสนอรูปร่างของป้ายจราจร เกี่ยวกับ การขับรถบนทางลาดชันให้นักเรียนดู โดยในป้ายจะระบุชัดเจนว่า ใช้เกียร์ต่ำ) เมื่อเดินทางผ่านเส้นทางลาดชัน หรือเส้นทางขึ้นเขา ในช่วงวันปิดเทอมหรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามดังต่อไปนี้ “เวลารถยนต์ขึ้นเขาเคยสังเกตคุณพ่อเวลาขับรถหรือไม่ว่าคุณพ่อจะทำอย่างไร” ซึ่งนักเรียนมีการตอบที่แตกต่างกันไป เช่น การเปลี่ยนเกียร์ การเหยียบคันเร่ง เป็นต้น ผู้วิจัยถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับการเปลี่ยนเกียร์ว่าเวลาพ่อเปลี่ยนเกียร์ตอนขับรถบนทางลาดชัน เปลี่ยนในลักษณะใด เพราะเหตุใด ซึ่งมีนักเรียนตอบว่า เปลี่ยนเป็นเกียร์ต่ำ เพราะว่ามันจะได้ขึ้นทางที่ลาดชันได้ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงถามต่อว่า ในการขับรถขึ้นลาดชันจะต้องใช้แรงมากหรือแรงน้อย นักเรียนทุกกลุ่มต่างตอบในทำนองเดียวกันว่า แรงมาก เพราะจะได้ขึ้นได้ไหว โดยส่วนใหญ่เป็นการตอบของนักเรียนชายและผู้วิจัยพบว่า นักเรียนหญิงจะไม่เข้าใจในเรื่องของการเปลี่ยนเกียร์รถ ต่อจากนั้นผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ ดังนี้ “ชาวนาคนหนึ่งต้องการขาย ฟางอัดก้อน ของตนเองให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่งการลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายให้พ่อค้าคนกลางให้ได้จำนวนก้อนมากที่สุดภายใน 1 รอบ (ฟางหนักก้อนละ 50 กรัม) ให้นักเรียนสร้างรถบรรทุกสำหรับขนฟางอัดก้อน โดยจะต้องใช้เส้นทางที่มีระยะทางตรงยาว 2 กิโลเมตร และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศากับแนวระดับยาว 100 เซนติเมตร (ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100 เซนติเมตร) ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร โดยระบุลงในใบกิจกรรมที่ 1 จากการสังเกต พบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการปรึกษากับเพื่อนในกลุ่ม มีการสอบถามกันในกลุ่ม และจะมีนักเรียน 1 คนที่ทำหน้าที่จดบันทึกคำตอบลงในใบกิจกรรม นักเรียนบางกลุ่มเกิดคำถามว่า “ระบุมปัญหาอะไรคะครู ปัญหาในสถานการณ์นี้ใช้ม้ยคะ ที่พวกหนูต้องแก้ปัญหา”(นักเรียนกลุ่มที่ 2, 7 กุมภาพันธ์ 2563) ในขณะที่เดียวกันนักเรียนอีกสามกลุ่มสามารถระบุมปัญหาได้ทันที นักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม มีความสนใจในกิจกรรมและสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวเป็นสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริง จึงสามารถดึงความสนใจ อยากรู้ อยากรู้แก้ปัญหาของนักเรียนทำให้นักเรียนมีความตื่นเต้น กระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมต่อไปเป็นอย่างมาก

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ

ต้องกวาดขนำฟางให้มากที่สุดภายใน 1 รอบ ต้องสร้างรถบรรทุกที่แข็งแรง

ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ภาพ 7 ตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากตัวอย่างภาพ 7 จะเห็นได้ว่า ในการระบุสถานการณ์ปัญหานั้นนักเรียนต้องวิเคราะห์ปัญหาก่อน และร่วมกันระบุปัญหา นั่นคือ เนื่องจาก ชาวนาที่ต้องการขนำฟางอัดก้อน ต้องการขนำไปขายให้พ่อค้าคนกลางให้ได้เยอะที่สุดใน 1 รอบ โดยฟางอัดก้อนหนักก้อนละ 50 กรัม โดยในการลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายจะต้องลำเลียงไปบนถนนที่มีความยาว 2 กิโลเมตร (ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100 เซนติเมตร) และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับแนวระดับยาว 1 กิโลเมตร ดังนั้นจะต้องสร้างรถบรรทุกอย่างไรให้สามารถบรรทุกฟางให้ได้มากที่สุด และสามารถขึ้นเนินที่ทำมุม 9 องศา กับพื้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยควรส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาให้ถูกต้องมากขึ้น โดยใช้คำถามในการกระตุ้นความคิดของนักเรียน เช่น สถานการณ์ปัญหาว่าอย่างไรบ้าง นักเรียนคิดว่าปัญหาที่แท้จริงของเราคืออะไร เพราะอะไร จะสร้างรถบรรทุกออกมาได้อย่างไร และผู้วิจัยได้ใช้คำถามต่อไปอีกว่า "จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา" ซึ่งนักเรียนบางส่วนตอบว่า ต้องใช้เรื่องความยาว อัตราส่วน ขนาด ปริมาตร สัดส่วน ร้อยละ ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และผู้วิจัยให้นักเรียนบันทึกคำตอบดังกล่าวลงในใบกิจกรรมข้อที่ 2 ดังนี้

2. จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ใดเอามาใช้ในการแก้ปัญหา

อัตราส่วน การคำนวณ

ภาพ 8 ตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

ผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระบุว่า ผู้วิจัยควรถามนักเรียนในขั้นนี้ด้วยว่า นักเรียนจะใช้ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใดบ้างเพื่อนำมาแก้ปัญหาในครั้งนี้ เพื่อเป็นการให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงไปยังทั้งสองวิชา

### 3.2.2 ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมย่อยต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมเอาแนวคิด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมดังนี้ กิจกรรมที่ 1 Ratio ให้อัตราส่วน ในกิจกรรมนี้นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วน อัตราส่วนอย่างต่ำ อัตราส่วนที่เท่ากัน โดยนักเรียน แต่ละกลุ่มต้องศึกษาใบความรู้ที่ 1 และทำแบบฝึกหัดด้วยตนเอง ผู้วิจัยเป็นผู้ที่ให้คำแนะนำและ ตรวจสอบความถูกต้องใน การเขียนอัตราส่วน การหาอัตราส่วนอย่างต่ำ และการตรวจสอบ อัตราส่วนที่เท่ากัน โดยนักเรียนที่มีความสงสัยหรือไม่เข้าใจจะมีการยกมือเพื่อสอบถามผู้วิจัยได้ ตลอดเวลา ในกิจกรรมที่ 1 นี้ นักเรียนสามารถศึกษาเนื้อหาได้ด้วยตนเอง เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ไม่ ยาก นักเรียนสามารถเรียนรู้วิธีการคิดคำนวณจากตัวอย่างที่มีในกิจกรรม และในส่วนของ แบบฝึกหัดจะอยู่ในรูปแบบเดียวกันกับตัวอย่าง จึงไม่เกิดอุปสรรคในการทำความเข้าใจ แต่มี นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่มั่นใจว่าจะใช้วิธีการอื่นนอกจากวิธีการตามตัวอย่างหรือไม่ เช่น การทำ อัตราส่วนที่กำหนดให้อยู่ในรูปอัตราส่วนอย่างต่ำ โดยนักเรียนมีการถาม ดังบทสนทนา

นักเรียน : ครูครับ ผมใช้การตัดเลขเลยได้มั๊ยครับ

ผู้วิจัย : ได้ครับ นักเรียนใช้การตัดแทนการหารได้ครับ ความจริงการตัดเลข ก็คือการหารครับ เพียงแต่เป็นการคิดคำนวณในใจครับ

นักเรียน : อ้อ ใช่แล้ว (555 เสียงหัวเราะของนักเรียน)

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, เทปบันทึกการจกกิจกรรมการเรียนรู้ 7 กุมภาพันธ์ 2563)

กิจกรรมที่ 2 นหัตศวรรษแห่งเฟื่อง จะประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย ๆ ดังนี้ กิจกรรมสำรวจเฟื่องขับและเฟื่องตาม นักเรียนจะได้สำรวจเฟื่องขับเฟื่องตาม จำนวนพื้นของเฟื่อง ขับและเฟื่องตาม จำนวนรอบที่หมุนไปของเฟื่องขับและเฟื่องตาม และสามารถหาอัตราทดของ เฟื่องจากการสำรวจดังกล่าวได้ จนเชื่อมโยงไปสู่เรื่องของ เกียร์สูง เกียร์ต่ำ โดยในกิจกรรมสำรวจ เฟื่องขับและเฟื่องตามนี้มีนักเรียนบางกลุ่มที่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับการหาอัตราทดของเฟื่อง เพราะยัง สับสนระหว่างจำนวนพื้นของเฟื่องและจำนวนรอบที่ของเฟื่อง จนเกิดคำถามที่ว่า

“ครูคะ พวกหนูไม่มั่นใจว่าหนูนับพื้นของเฟื่องขับและเฟื่องตามถูกไหมคะ”

(นักเรียนกลุ่มที่ 1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

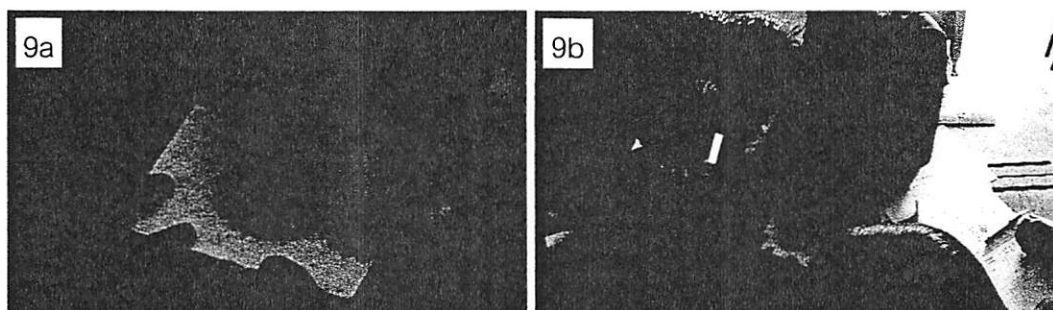
“ครูคะ จำนวนพื้นกับจำนวนรอบมันต่างกันอย่างไรคะ มันเหมือนกันใช่ไหมคะ”

(นักเรียนกลุ่มที่ 3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

“ครูครับ ผมไม่มั่นใจว่าทำไมอัตราทดของเฟืองของผมทำไมมันไม่เท่ากัน  
ครับ”

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

โดยผู้วิจัยได้เข้าไปอธิบายและแนะนำวิธีการนับโดยใช้ปากกาลบค่าผิดชนิด  
น้ำทำเครื่องหมายไว้ที่เฟืองทั้งสองก่อนการนับ ดังรูป



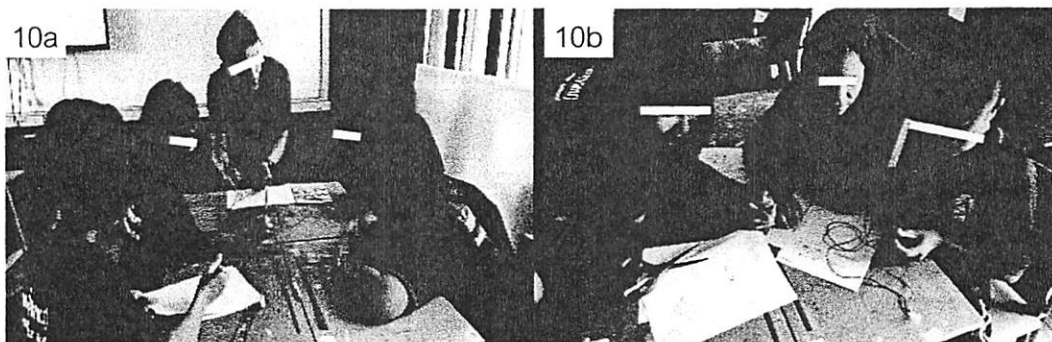
ภาพ 9a และ 9b แสดงการทำกิจกรรมสำรวจเฟือง ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มมีความสามารถในการเรียนรู้ วิธีการเรียนรู้ที่  
แตกต่างกัน เช่น นักเรียนกลุ่มที่ 4 ที่มีความละเอียด ถี่ถ้วนในการทำกิจกรรม แต่ขาดความรอบคอบ  
ส่งผลให้ทำกิจกรรมได้ช้ากว่าเพื่อนและเกิดความผิดพลาดในการสำรวจ กิจกรรมที่ 3 การต่อ  
วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยจะได้ทำ  
กิจกรรมต่อวงจรที่ครูกำหนดอุปกรณ์ให้กับนักเรียน ได้แก่ ถ่านอัลคาไลน์ หลอดไฟปกติ หลอดไฟ  
ขาด สายไฟ โดยนักเรียนจะได้ต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและขนาน มีนักเรียนที่สับสนเกี่ยวกับการ  
ต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เนื่องจากการต่อวงจรไฟฟ้าทั้งสองมีลักษณะที่คล้ายกัน สังเกตพบได้จาก  
ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ผู้วิจัยตรวจสอบการต่อวงจรว่าถูกหรือไม่

“ครูครับต่อแบบนี้ถูกมั๊ยครับ” (นักเรียนกลุ่มที่ 3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

เมื่อผู้วิจัยตรวจสอบดูแล้วพบว่า ต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานไม่ถูกต้อง เพียง  
แค่ต่อให้มีรูปร่างคล้าย ๆ เพียงเท่านั้น ผู้วิจัยจึงสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนานให้ดูและให้  
นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติตาม และนักเรียนได้สังเกตเห็นถึงข้อดี ข้อเสียของการต่อวงจรทั้งสองแบบ  
และร่วมกันสรุปข้อดี ข้อเสียพร้อมกันอีกครั้ง จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วม  
วิจัยระบุว่า ผู้วิจัยใส่ใจกับผู้เรียนในทุก ๆ กลุ่มในการทำความเข้าใจในกิจกรรม แต่อาจจะทำให้ใช้  
ระยะเวลาที่นานเกินกำหนด ผู้วิจัยควรออกแบบกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กับ  
การสร้างชิ้นงานให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากบางกิจกรรม เช่นการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ผู้วิจัยอาจ

เปลี่ยนจากการต่อหลอดไฟเป็นการต่อโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า แทน ซึ่งจะทำให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างรถบรรทุกจำลองได้ดียิ่งขึ้น



ภาพ 10a และ 10b แสดงการทำกิจกรรมการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

### 3.3 ชั้นนอกแบบวิธีการแก้ปัญหา

เมื่อนักเรียนสามารถระบุปัญหาได้แล้วว่าปัญหาคืออะไร รวมไปถึง รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นักเรียนจึงพร้อมแล้วที่จะออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องเขียนแบบของรถบรรทุกจำลอง โดยครูจะแจกสถานการณ์ปัญหาและเกณฑ์การทดสอบให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนคำนึง มองเห็นปัญหาอย่างชัดเจน จะได้สามารถออกแบบรถบรรทุกจำลองเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาให้ได้ดีที่สุด จากการสังเกตพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มสอบถามว่า

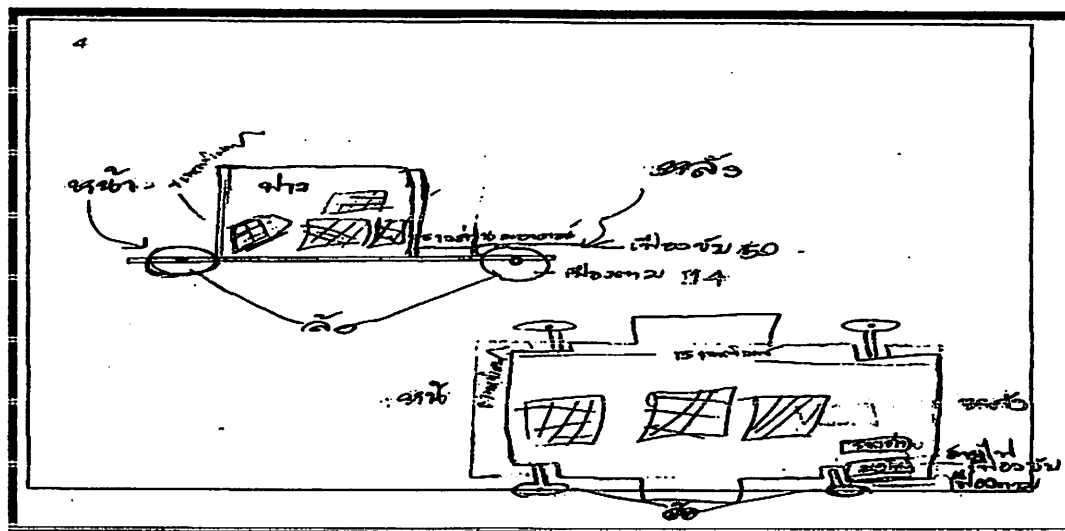
“หนูต้องระบุใหม่คะว่า ตรงไหนเป็นสายไฟ ตรงไหนเป็นมอเตอร์”

(กลุ่มที่ 3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

“ให้ออกแบบเหมือนตัวอย่างเลยใช่ไหมคะ ต้องลงรายละเอียดทุกอย่างเลยใช่ไหม”

(กลุ่มที่ 4, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

ผู้วิจัยจึงแนะนำนักเรียนว่า “นักเรียนจะต้องระบุชิ้นส่วนต่าง ๆ ทุกชิ้นที่จะใช้ในการสร้างรถบรรทุกจำลองลงไปใบบอกแบบด้วย เพื่อที่จะได้วางแผนการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ และการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ชัดเจน เพราะถ้าการออกแบบจะมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานของนักเรียน”



ภาพ 11 ตัวอย่างการออกแบบรถบรรทุกจำลองของนักเรียน

### 3.4 ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนได้ออกแบบรถบรรทุกจำลองแล้ว ในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องสร้างรถบรรทุกจำลองขึ้นตามแบบที่นักเรียนเขียน จากการสังเกตพบว่า นักเรียนสร้างรถบรรทุกจำลองตามแบบที่นักเรียนเขียน นักเรียนกลุ่มที่ 1 มีการสังเกตคุณสมบัติของแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด นั่นคือแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดจะมีรูตามแนวยาว จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ดังบทสนทนาต่อไปนี้

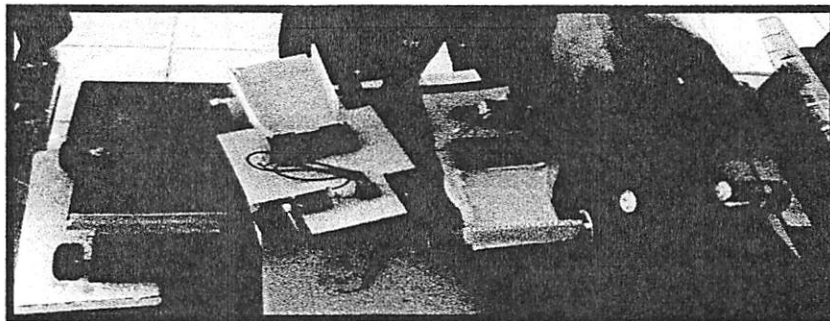
ผู้วิจัย : ทำไมถึงเลือกใช้แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดตามแนวยาวครับ

นักเรียน : มันมีรูให้สอดแกนล้อคะครู เราจะได้ไม่ต้องเจาะ แล้วมันก็ใส่ได้พอดีพอดีเลยคะ ไม่หลวมด้วย (อย่าดังนะคะครู เดี่ยวกลุ่มอื่นรู้ นักเรียนยิ้ม)

(นักเรียนกลุ่มที่ 1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

จะเห็นได้ว่า นักเรียนกลุ่มที่ 1 มองเห็นคุณสมบัติของแผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำให้แกนของล้อไม่ผิด ในขณะที่เดียวกันนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ใช้ตามแนวขวางและใช้เจาะรูตามแนวขวาง ส่งผลทำให้ล้อผิด นักเรียนดำเนินการสร้างต่อไปจนรถบรรทุกจำลองเสร็จ นักเรียนทุกกลุ่ม ใช้เกินเวลาที่กำหนด โดยผู้วิจัยจำเป็นต้องต่อเวลาออกไป จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนปฏิบัติงานค่อนข้างช้า เนื่องจากรายละเอียดของรถนั้นมีมาก และนักเรียนมีการวางแผนในการสร้างมาก นักเรียนหลายกลุ่มไม่ได้คำนึงถึงโครงของตัวรถกับลูกล้อ ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดปัญหาคือ ล้อรถไปขัดกับโครงของรถ ทำให้ลูกล้อไม่หมุน รถไม่เคลื่อนที่ จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยมีปัญหาในการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ ในส่วนของปืนกาว ที่มีเพียง 2 ชิ้น ทำให้นักเรียนต้องผลัดกันใช้งาน ประกอบกับปลั๊กไฟในห้องเรียนมีจุดเดียว ส่งผลให้การสร้างรถบรรทุกจำลองของนักเรียนใช้ระยะเวลานาน





ภาพ 12 แสดงรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้าง

### 3.5 ชั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ นักเรียนมีการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงชิ้นงาน 3 ครั้ง

ครั้งที่ 1 ในครั้งนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มไม่สามารถสร้างรถบรรทุกจำลองให้สามารถเคลื่อนที่โดยบรรทุกก้อนดินน้ำมันขนาด 50 กรัมได้ รถบรรทุกจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นมันจะเจอปัญหาคล้ายๆ กัน ในกลุ่มที่ 2,3 และ 4 ได้แก่ ปัญหาของล้อที่ผิด พันของเฟืองไม่สับกัน รถบรรทุกก้อนฟางมากจนเกินไป ล้อของรถไม่สามารถหมุนได้ ทำให้รถไม่เคลื่อนที่ ซึ่งนักเรียนกลุ่มที่ 1 สามารถทำให้ล้อของรถบรรทุกจำลองหมุนได้ เพราะใน ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของ แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด ทำให้ล้อไม่ผิด ล้อของรถจึงสามารถหมุนได้ แต่รถยังไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เนื่องจาก บรรทุกก้อนดินน้ำมันมากจนเกินไป นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกลงในใบกิจกรรมข้อที่ 7.1 ดังนี้

น้ำหนักของรถมากจนเกินไป ทำให้รถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ วงจรไฟฟ้าขาด ไม่สามารถขึ้นเนินได้ มีวิธีการแก้ปัญหาโดยปรับโครงสร้างรถใหม่โดยให้โครงรถเล็กลง ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าให้แน่นในแต่ละจุด ใช้อัตราทดเฟืองเดิมคือ 7:25

(นักเรียนกลุ่มที่ 1, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถไม่เคลื่อนที่ มอเตอร์ติดขัด น้ำหนักตัวรถมากจนเกินไปทำให้รถไม่สามารถเคลื่อนที่ เฟืองไม่ทำงาน แกนล้อผิด พันเฟืองไม่สับกันส่งผลทำให้ล้อไม่หมุน อัตราทดของเฟืองที่ใช้ 61:12 มีวิธีการแก้ปัญหาโดยเปลี่ยนอัตราทดของเฟืองเป็น 14:40 ปรับโครงรถใหม่โดยใช้ฟิวเจอร์บอร์ดตามแนวยาวเพื่อใช้รถของฟิวเจอร์บอร์ดใส่แกนล้อ ปรับเฟืองให้สับกันโดยใช้ปืนกาวติดมอเตอร์ให้แน่นกว่าเดิม

(นักเรียนกลุ่มที่ 2, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถไม่เคลื่อนที่ เพราะมอเตอร์ที่วางบนโครงรถไม่แน่น แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดไม่แข็งแรงทำให้รถหักครึ่ง เสียรูป อัตราทดของเฟืองที่ใช้ 25:19 อัตราทดนี้ทำให้เฟืองมีกำลังน้อย ทำให้ไม่เคลื่อนที่ และเฟืองก็ไม่สบกันให้แน่น มีวิธีการแก้ปัญหาโดย ติดมอเตอร์ให้แน่น และทำฟิวเจอร์บอร์ดให้แข็งแรงกว่าเดิม ทำให้เฟืองสบกัน ใช้อัตราทดของเฟืองใหม่คือ 19:7 ปรับแกนล้อให้มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

(นักเรียนกลุ่มที่ 3, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถไม่เคลื่อนที่ ล้อรถหลุด เฟืองไม่ชิดกัน ล้อผิดกันไป รถมีแรงน้อย ยังขับเคลื่อนไม่ได้ มีวิธีการแก้ปัญหาโดยทำรถใหม่โดยให้แข็งแรงกว่าเดิม เน้นตรงล้อไม่ให้ผิด ปรับโครงสร้างของรถใหม่ เปลี่ยนเฟืองเปลี่ยนอัตราทดของเฟืองใหม่ จาก 50:14 เป็น 50:40

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

ครั้งที่ 2 ในครั้งนี้ นักเรียนกลุ่มที่ 1 สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้แต่ก็ยังไม่ถึงเส้นชัย และนักเรียนกลุ่มที่ 2,3 และ 4 ยังไม่สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้ จากการตรวจใบกิจกรรมผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกลงในใบกิจกรรมข้อที่ 7.2 ดังนี้ดังนี้

รถเคลื่อนที่แล้วหยุดนิ่ง ไม่สามารถขึ้นเนินได้ มอเตอร์มีความร้อนสูง ทำให้หมุนช้า ต้องทำให้มอเตอร์เย็นลง ยังคงใช้อัตราทดของเฟืองตามเดิม คือ 17:25

(นักเรียนกลุ่มที่ 1, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.2, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

มอเตอร์ไม่หมุน ล้อยังคงผิด เฟืองไม่สบกัน ทำให้ล้อไม่หมุน อัตราทดของเฟืองให้กำลังน้อย ทำให้รถไม่เคลื่อนที่ ต้องเปลี่ยนอัตราทดของเฟืองใหม่เป็น 22:40 และปรับใช้ ฟิวเจอร์บอร์ดตามแนวยาวเพื่อให้ล้อไม่ผิด

(นักเรียนกลุ่มที่ 2, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.2, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถไม่เคลื่อนที่ เพราะมอเตอร์ไม่แน่น เฟืองจึงไม่สบกัน และแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดยังไม่แข็งแรงทำให้รถหักครึ่ง อัตราทดของเฟืองที่ใช้คือ 25:19 ซึ่งทำให้รถมีกำลังน้อย จะต้อง ทำโครงรถให้แข็งแรงขึ้น ทำเฟืองให้สบกัน เปลี่ยนอัตราทดของเฟืองใหม่เป็น 7:25 ปรับแกนล้อให้มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

(นักเรียนกลุ่มที่ 3, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.2, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถไม่เคลื่อนที่เพราะอัตราทดของเฟืองไม่สามารถให้กำลังทำให้รถเคลื่อนที่ได้ เฟืองไม่ชิดกัน วิธีการแก้ปัญหา เปลี่ยนเฟืองเปลี่ยนอัตราทดของเฟืองใหม่ เปลี่ยนโครงสร้างรถใหม่ ทำให้เฟืองสบกันชิดกัน ย้ายมอเตอร์ไปไว้ตรงกลางโครงรถ

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.2, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

ครั้งที่ 3 ในครั้งนี้ นักเรียนกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้และสามารถเคลื่อนที่ไปจนถึงเส้นชัย โดย กลุ่มที่ 1 เคลื่อนที่ถึงเส้นชัยก่อนเป็นคันแรกตามด้วย กลุ่มที่ 2 และ 4 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มที่ 3 ยังไม่สามารถทำให้รถเคลื่อนที่ได้ จากการตรวจ ใบกิจกรรมผู้วิจัยพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกลงในใบกิจกรรมข้อที่ 7.3 ดังนี้

รถสามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว โดยไม่พบปัญหาใด ยังใช้อัตราทดเฟืองเดิม คือ 7:25  
(นักเรียนกลุ่มที่ 1, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถเคลื่อนที่ช้า ปัญหาเกิดจากอัตราทดของเฟือง จะต้องเปลี่ยนอัตราทดเฟืองใหม่เป็น 14:50

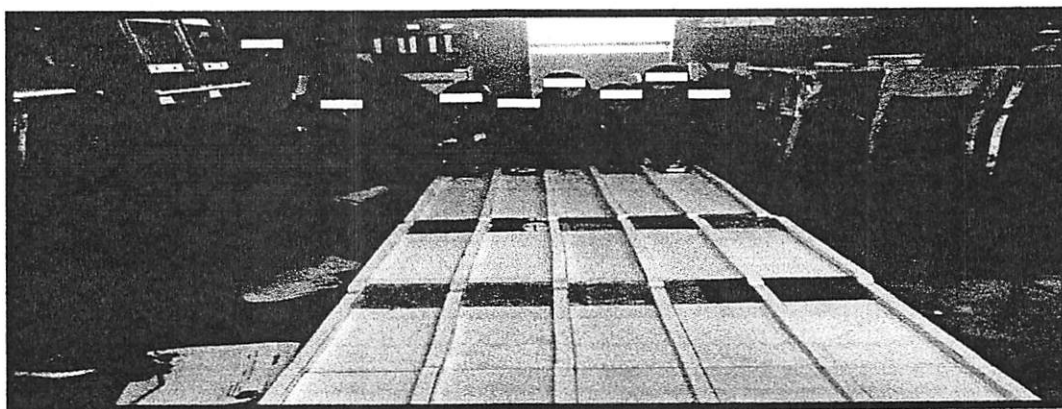
(นักเรียนกลุ่มที่ 2, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

โครงรถไม่เหมาะสมเพราะไปขัดกับล้อทำให้ล้อไม่หมุน อัตราทดของเฟืองเดิมให้กำลังไม่เพียงพอ จะต้องเปลี่ยนโครงสร้างให้เล็กลง ไม่ขัดกับล้อ ใช้อัตราทดของเฟืองเป็น 14:50

(นักเรียนกลุ่มที่ 3, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)

รถยังเคลื่อนที่ช้า เพราะวาล์วมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก และล้อของรถไปเสียดสีกับฟิวเจอร์บอร์ด ทำให้เคลื่อนที่ช้า เฟืองให้กำลังไม่เพียงพอ จะต้องปรับแผ่นฟิวเจอร์บอร์ดให้ไม่ไปเสียดสีกับล้อรถ ปรับขนาดรถให้เล็กลงให้สามารถเคลื่อนที่ได้ เปลี่ยนอัตราทดของเฟืองจาก 5:4 เป็น 14:50 หรือ 7:25

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, ใบกิจกรรมข้อที่ 7.3, 7 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 13 แสดงการทดสอบรถบรรทุกจำลองของนักเรียน

จากการตรวจใบกิจกรรมที่ 1 จะเห็นว่า นักเรียนมีการเลือกใช้อัตราทดของเฟืองพร้อมทั้งคำนึงถึงผลของการใช้อัตราทดของเฟืองในแต่ละครั้งของการสร้าง การทดสอบ และปรับปรุง เพื่อนำมาสร้างรถบรรทุกจำลองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังสามารถทำให้มอเตอร์ ล้อของรถบรรทุกจำลองทำงานได้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจในจุดประสงค์

ของกิจกรรมนี้ นั่นคือ นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ และสามารถเลือกใช้องค์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าบนตัวรถได้อย่างถูกต้อง

4. ชื่อจำกัดที่คิดขึ้นเกี่ยวกับอัตราทดเฟือง นักเรียนต้องคำนึงถึง หรือข้อจำกัดที่คิดขึ้นในการออกแบบรถบรรทุกจำลองคืออะไร 11

ครั้งที่	อัตราทดเฟือง ที่เลือกใช้	ข้อจำกัดที่คิดขึ้น
1	14 : 50 หรือ 7 : 25	ไม่มี ไม่เกิดปัญหา ไม่ได้เกิดปัญหา เฟือง นำมาเกิดอัตราทดตามที่ให้อัตราทด รับน้ำหนักไม่ไหว
2	14 : 50 หรือ 7 : 25	ไม่มี รั้วแล้วหยุด เหนียวรอบเตอร์ 5cm
3	14 : 50 หรือ 7 : 25	ไม่มี วิวเร็ว เปลี่ยนมอเตอร์ใหม่

ภาพ 14 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 4 นักเรียนกลุ่มที่ 1

### 3.6 ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

หลังจากที่นักเรียนได้ทำการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานแล้ว นักเรียนจะได้มีโอกาสออกไปนำเสนอผลการแก้ปัญหานี้เพื่อให้เพื่อนรับฟังหน้าชั้นเรียน พบว่านักเรียน แต่ละกลุ่มที่นำเสนอยังไม่มียุรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ และไม่สามารถนำเสนอแนวคิด ปัญหาที่พบ ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้หารูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ เรียบง่ายเป็นตัวของตัวเอง และหลังจากที่นักเรียนนำเสนอผลลัพธ์เสร็จควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในชั้นเรียน ภายหลังจากนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานเสร็จแล้ว ผู้วิจัยใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนได้สะท้อน ตีความ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมามา ดังนี้ "นักเรียนคิดว่าอัตราทดของเฟืองที่นักเรียนได้เลือกมาใช้ในการสร้างรถบรรทุกจำลองสามารถใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ อัตราทดเกียร์ใดที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถบรรทุกจำลองนั้นเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด และบรรทุกก้อนฟางได้มากที่สุด เพราะเหตุใด" และนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสะท้อน ตีความ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่ชิ้นงานที่สร้างขึ้นมา จากการดูการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน ดังตัวอย่างการเขียนอธิบายของนักเรียนในใบกิจกรรมที่ 1 ดังภาพ 15

10. นักเรียนคิดว่าอัตราคของเฟืองที่นักเรียนได้เลือกมาใช้กับการสร้างรถบรรทุกจำลองสามารถใช้แก้ปัญหา  
 ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ อัตราทดเกียร์ที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถบรรทุกจำลองนั้น  
 เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดและบรรทุกก้อนฟางได้มากที่สุด เพราะเหตุใด  
 อัตราทดที่เหมาะสมกับเกียร์ที่เลือกใช้คืออัตราทดเฟืองที่อัตราคือ ๑:๑.๕๗  
 เพราะทำให้รถวิ่งเร็วขึ้น ล้อไม่ฝืด บรรทุกฟางได้เยอะต่อเวลา

ภาพ 15 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 10 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมวิจัยพบว่า ปัญหาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคือ ผู้วิจัยใช้เวลาในการทำกิจกรรม มีความยืดหยุ่นเรื่องเวลากับนักเรียนมากจนเกินไป ควรจะกำหนดระยะเวลาให้ชัดเจนและเด็ดขาด อาจเนื่องจากผู้วิจัยมีความกังวลเกี่ยวกับความสำเร็จของกิจกรรมและชิ้นงานของนักเรียน จึงควรกำหนดเวลาในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของนักเรียนให้ชัดเจน อาจปรับกิจกรรมให้มีความกระชับมากยิ่งขึ้น เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมอื่น ๆ ต่อไป และยังพบว่า มีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถ เข้าใจว่า อัตราคของเฟืองที่นักเรียนเลือกใช้ส่งผลอย่างไรต่อรถบรรทุกจำลอง จากการสังเกตการณ์ปรับปรุงชิ้นงานของนักเรียนในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ที่รถบรรทุกจำลองของนักเรียนไม่มีการพัฒนาที่ดีขึ้น นั้นแสดงว่า นักเรียนไม่ได้คำนึงถึงการเลือกใช้อัตราคของเฟืองที่มีผลต่อการทำงานของรถบรรทุกจำลองเท่าที่ควร ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด มองผลลัพธ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ว่ามีผลต่อชิ้นงานอย่างไร เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหา ปรับปรุงชิ้นงานได้ตรงจุด และควรถามให้นักเรียนได้ตระหนักเห็นผลของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ว่าส่งผลต่อชิ้นงานอย่างไรหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ดีความผลลัพธ์กลับไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริง

#### 4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขคือ แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงจรถัดไปมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยก่อนที่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยควรให้นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มให้

ชัดเจน เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมทุกคน ในการถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ เช่น การทำงานของเกียร์ ผู้วิจัยไม่ควรใช้ภาพนิ่ง แต่ควรใช้สื่อวีดิทัศน์แทน เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจกลไกของเกียร์มากยิ่งขึ้น ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด คำนึงถึงการเลือกใช้อัตราทดเฟืองให้เหมาะสมกับชิ้นงานของนักเรียนเพื่อให้เกิดผลสำเร็จต่อชิ้นงานของนักเรียน ควรใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด และเข้าใจว่าอัตราทดของเฟืองที่ใช้นั้นส่งผลอย่างไรต่อชิ้นงานที่สร้างขึ้นเพื่อจะได้ปรับปรุงชิ้นงานได้ถูกต้อง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยควรหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

1) ขั้นตอนการระบุปัญหา ในขั้นนี้ผู้วิจัยควรนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยเสนอสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้อง ใกล้ตัวของนักเรียนก่อนจะนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหานั้น เพราะจะช่วยให้ให้นักเรียนได้มองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ ควรคำนึงถึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคนที่มีไม่เท่ากันเกี่ยวกับเกียร์สูงเกียร์ต่ำในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะนักเรียนหญิงส่วนมากจะไม่เข้าใจเรื่องเกียร์สูงเกียร์ต่ำ ผู้วิจัยอาจปรับเปลี่ยนกิจกรรมจากการสนทนา ถามและตอบ เป็นการเปิดวิดิทัศน์ การขับรถ การใช้เกียร์สูงเกียร์ต่ำในสถานการณ์ต่าง ๆ แล้วตามด้วยคำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นความคิด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมหรือสร้างประสบการณ์ใหม่ไปพร้อมกัน และนักเรียนมีความสับสนในการระบุปัญหา ผู้วิจัยควรอธิบายหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมนานเกินที่กำหนด ผู้วิจัยควรจะกระชับเวลาในการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมให้มากยิ่งขึ้น ในกิจกรรมที่ 1 Ratio ไร่ไร่อัตราส่วน ผู้วิจัยควรอธิบายเนื้อหาให้นักเรียนทั้งชั้น เพื่อเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน เนื่องจากนักเรียนบางคนไม่สามารถที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเองจากใบความรู้ จึงไม่เข้าใจเกี่ยวกับการหาอัตราส่วนที่เท่ากันซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ผู้วิจัยต้องพยายามให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้มากที่สุด กิจกรรมที่ 2 มหัตศวรรษแห่งเฟือง ในกิจกรรมนี้ผู้วิจัยควรสาธิตการนับจำนวนฟันของเฟือง และการนับจำนวนรอบของการหมุนของเฟืองขับและเฟืองตาม นักเรียนจะได้สามารถดำเนินกิจกรรมด้วยตัวเองได้ไม่ผิดพลาดจนทำให้เสียเวลา กิจกรรมที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ในกิจกรรมนี้ผู้วิจัยควรจัดกิจกรรมโดยใช้วิธีการสาธิตการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานแทนการให้นักเรียนศึกษาจากใบความรู้แล้วปฏิบัติด้วยตนเอง

3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนใช้เวลาานานเกินกำหนดในการออกแบบรถบรรทุกจำลอง ผู้วิจัยควรกำหนดระยะเวลาในการออกแบบให้ชัดเจนและเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการออกแบบเพื่อให้นักเรียนจะได้วางแผนสำหรับดำเนินการในขั้นถัดตามแบบที่นักเรียนเขียนไว้ในกระบวนการออกแบบนักเรียนบางกลุ่มเลือกเอาเพียงสองชิ้นมาใช้โดยไม่ตระหนักถึงอัตราทดของเฟือง ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้เลือกใช้เฟืองโดยต้องคำนึงถึงอัตราทดของเฟืองด้วย

4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เน้นย้ำเรื่องการใช้เวลาในการสร้างชิ้นงาน และควรเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอในแต่ละกลุ่ม เช่น ปืนกาวที่มีเพียง 2 ชิ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องผลัดกันใช้งาน ทำให้กิจกรรมในขั้นนี้ใช้เวลานาน

5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากให้นักเรียนทดสอบแล้ว นักเรียนใช้เวลาปรับปรุงนานเกินกำหนด ผู้วิจัยควรกำหนดเวลาให้ชัดเจน และเน้นย้ำให้นักเรียนเร่งมือในการปรับปรุงชิ้นงานในเวลาที่กำหนด อุปกรณ์ปืนกาวมีไม่เพียงพอสำหรับทุกกลุ่ม และผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์และเกณฑ์การตัดสินอีกครั้งอย่างละเอียดอีกครั้ง ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นผลของการทดสอบชิ้นงานว่ามีความเกี่ยวข้องกับการเลือกใช้อัตราทดของเฟืองอย่างไร มีผลต่อชิ้นงานหรือไม่ ถ้าส่งผลเสียจะปรับปรุงเปลี่ยนอัตราทดของเฟืองอย่างไร

6) ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน การนำเสนอผลงานของนักเรียนยังไม่มีค่าน่าสนใจ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ในห้อง ไม่สามารถนำเสนอได้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้วิจัยจะต้องตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยควรแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอและให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง เนื่องจากมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถสะท้อน ติความ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่ชิ้นงานที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยจึงต้องให้นักเรียนได้สะท้อนวิธีการแก้ปัญหา การเลือกใช้อัตราทดของเฟืองในการสร้างชิ้นงานแต่ละครั้งว่าส่งผลต่อชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้หรือไม่ ใช้แก้ปัญหาได้หรือไม่ อัตราทดเฟืองใดที่ใช้แก้ปัญหาในครั้งนี้แล้วเกิดผลดีที่สุด

ตาราง 13 สรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น  
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทาง การปรับปรุง
ขั้นการระบุปัญหา	ผู้วิจัยควรนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยหยิบยกสถานการณ์ที่มีความใกล้ตัวของนักเรียนแล้วจึงนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหาและสามารถบอกได้ว่าสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดจะต้องใช้ความรู้ใดเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา แต่ต้องคำนึงถึงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนรายบุคคล เพราะจะมีนักเรียนบางคนที่ไม่เข้าใจในประเด็นดังกล่าว ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าจะนำเอาองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ใดมาใช้ในการแก้ปัญหา	ปรับเปลี่ยนกิจกรรมจากการสนทนาถามและตอบเป็นการเปิดวิถีทัศน์เพื่อให้ นักเรียนได้เข้าใจสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน เช่น ใช้วิถีทัศน์เกี่ยวกับ การขับรถที่แสดงถึง การเปลี่ยนเกียร์
	นักเรียนมีความสับสนในการระบุปัญหา ไม่สามารถระบุปัญหาได้ครบถ้วน สมบูรณ์	ควรอธิบายหรือยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจในการระบุปัญหา
ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยเฉพาะแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์	ผู้วิจัยควรเน้นให้นักเรียนทุกคนเข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยเฉพาะแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนบางคนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทำให้ไม่



ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทาง การปรับปรุง
ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับ ปัญหา	นักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยเฉพาะแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์	เข้าใจแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ทำให้ไม่ เข้าใจเรื่องของอัตรา ทดของเฟืองและไม่ สามารถนำไปใช้ใน การแก้ปัญหาได้ อย่างถูกต้อง โดย อาจปรับเปลี่ยน วิธีการสอนจากที่ให้ นักเรียนได้ศึกษาด้วย ตนเองเป็นการสาธิต ยกตัวอย่าง อธิบาย เนื้อหาให้นักเรียนเกิด ความเข้าใจให้มาก ที่สุด
ขั้นวางแผนและ ดำเนินการแก้ ปัญหา	นักเรียนไม่คำนึงถึงการนำแนวคิดทาง คณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ไม่คำนึง ถึงอัตราทดของเฟืองเมื่อออกแบบ	ผู้วิจัยควรใช้คำถาม ปลายเปิดเพื่อให้ นักเรียนคิดนำ แนวคิดทาง คณิตศาสตร์เข้ามาใช้ ในการออกแบบ
	นักเรียนใช้เวลาในการสร้างรถบรทุกจำลองนาน เกินเวลาที่กำหนด	ควรกำหนดระยะ เวลาในการออกแบบ ให้ชัดเจน

ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทาง
ขั้นวางแผนและ ดำเนินการแก้ ปัญหา	นักเรียนไม่สนใจเกี่ยวกับการใช้อัตราทศของเฟืองที่ ได้ออกแบบไว้ นำเฟืองมาใช้โดยไม่สนใจอัตราทศ ของเฟือง	การปรับปรุง จะต้องกระตุ้นให้ นักเรียนได้ใช้แนวคิด ทางคณิตศาสตร์ อาจใช้คำถาม ปลายเปิดเพื่อให้ นักเรียนได้คิด และ ตัดสินใจใช้แนวคิด คำนึงถึงแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ก่อนจะ นำมาใช้ในการแก้ ปัญหา
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการ แก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	นักเรียนไม่สนใจผลการทดสอบของชิ้นงาน ไม่คำนึงถึงผลของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ ได้จากการทดสอบชิ้นงาน	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ นักเรียนได้สังเกตผล ของการใช้แนวคิด ทางคณิตศาสตร์ว่า ส่งผลต่อชิ้นงานที่ สร้างขึ้นอย่างไร
	อุปกรณ์ไม่เพียงพอ	ควรเตรียมอุปกรณ์ ให้พร้อมสำหรับ นักเรียนทุกกลุ่ม
นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	การนำเสนอผลงานของนักเรียนยังไม่มี ความ น่าสนใจ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ในห้อง ไม่ สามารถนำเสนอได้ด้วยตนเอง	ควรแนะนำนักเรียน เกี่ยวกับวิธีการ นำเสนอและให้ นักเรียนได้มีเวลาใน การเตรียมตัว

ตาราง 13 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
นำเสนอวิธีการแก้	การนำเสนอผลงานของนักเรียนยังไม่มีควม	นำเสนอผลงานของกลุ่ม
ปัญหาผลการแก้	นำเสนอใจ ไม่มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ ในห้องไม่	ตนเอง
ปัญหาหรือชิ้นงาน	สามารถนำเสนอได้ด้วยตนเอง	
	นักเรียนบางส่วนไม่สนใจผลของการทดสอบ	ควรเน้นให้ผู้เรียนได้นำ
	ชิ้นงาน ไม่สามารถบอกได้ว่าผลของการใช้	เสนอด้วยว่าแนวคิดทาง
	แนวคิดทางคณิตศาสตร์ส่งผลต่อชิ้นงาน	คณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้
	อย่างไร	สามารถแก้ปัญหาใน
		สถานการณ์ปัญหาที่
		กำหนดอย่างไร ส่งผล
		อย่างไรต่อชิ้นงาน

จากตาราง 13 คือ ตารางสรุปประเด็นปัญหาที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรที่ 2 ในแต่ละขั้นตอน และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน การนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาและสถานการณ์ปัญหาต้องมีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน ผู้สอนควรคำนึงถึงประสบการณ์ ความรู้เดิมของนักเรียน เนื่องจากประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความเชื่อมโยงไปสู่ชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจ และกระตือรือร้นในการเรียนและทำกิจกรรมมากยิ่งขึ้น ยังช่วยให้นักเรียนได้เห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตจริง ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยควรกระตุ้นการคิดของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้นำแนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในออกแบบ แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดและตีความการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์ในชีวิตจริงด้วยการใช้คำถามปลายเปิด และควรบริหารจัดการเรื่องของเวลาในการดำเนินกิจกรรม เพราะกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็น

การจัดกิจกรรมที่หลากหลาย ใช้ระยะเวลามาก และมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ดังนั้นครูควรจะต้องมีการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอยู่ตลอดเวลา

### วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สัดส่วน

จากผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขั้นการวางแผน (Plan)** ผู้วิจัยได้นำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติการในวงจรที่ 1 มาปรับแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สัดส่วน เพื่อให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้ นักเรียนได้ทำกิจกรรมอย่างกระตือรือร้น และเพื่อให้ นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการแก้ปัญหา และสำหรับขั้นตอนของการทำกิจกรรมมีการปรับดังนี้

#### 1.1 ขั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยปรับการนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาด้วยการยกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวของนักเรียน ปรับสถานการณ์ให้ใกล้ตัวและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน และคำนึงถึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนแต่ละคนที่มีไม่เท่ากันเกี่ยวกับขนมสังขยาโดยผู้วิจัยเลือกเปิดวิดีโอวีดิทัศน์ แบบ Autonomous sensory meridian response หรือ วีดิทัศน์ที่แสดงอาการตอบสนองต่อประสาทรับความรู้สึกอัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัสในการรับประทานสังขยา เพื่อให้ นักเรียนได้นึกถึงรสชาติของสังขยาที่นักเรียนเคยรับประทาน แล้วตามด้วยคำถามปลายเปิดกระตุ้นความคิด ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมหรือสร้างประสบการณ์ใหม่เกี่ยวกับสังขยาไปพร้อมกันและพยายามใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้ นักเรียนได้คิด เห็นว่ามีแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่จะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ผู้วิจัยอธิบายหรือยกตัวอย่างให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุปัญหาก่อนที่จะระบุปัญหาเพื่อให้ นักเรียนสามารถระบุปัญหาด้วยตนเองได้

#### 1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยปรับการดำเนินกิจกรรมย่อยแต่ละกิจกรรมให้น้อยลงโดยคำนึงถึงความเหมาะสม และกำหนดเวลาในแต่ละกิจกรรมย่อยให้ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนทราบ ในกิจกรรมที่ 1 เรื่องง่าย ๆ สไลด์ สัดส่วน ผู้วิจัยได้ปรับเป็นการอธิบายเนื้อหาให้นักเรียนทั้งชั้น ใช้การสาธิตตัวอย่าง เพื่อเกิดการเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการหาสัดส่วน สัดส่วนตรงและสัดส่วนผกผันไป

พร้อม ๆ กัน ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ทำแบบทดสอบรายบุคคลและให้นักเรียนสามารถปรึกษาครูผู้สอนได้จำนวน 2 ข้อ กิจกรรมที่ 2 ของใช้ในห้องครัว ผู้วิจัยแต่ละกลุ่มให้นักเรียนร่วมกันศึกษาค้นคว้าและนำมาสรุปเป็นแผนผังความคิดและออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน กิจกรรมที่ 3 การถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการทดลองไปพร้อม ๆ กันทั้งห้อง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ลำดับขั้นตอนในการทดลอง นักเรียนปฏิบัติตามและสังเกตและบันทึกผลการทดลอง กิจกรรมที่ 4 ทำไมโปรตีนถึงเปลี่ยนไป ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการกิจกรรมไปพร้อมกันโดยผู้วิจัย

### 1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยกำหนดเวลาให้ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนรับทราบเรื่องเวลาในการออกแบบสูตรการทำสังขยา ที่นักเรียนจะต้องค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้วิจัยกระตุ้นนักเรียนโดยใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบสูตรการทำสังขยา และเน้นย้ำให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหา การประเมินชิ้นงาน และการให้คะแนนการทดสอบให้ชัดเจน

### 1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม กำหนดเวลาให้ชัดเจนและแจ้งให้นักเรียนรับทราบเรื่องเวลาในการทำสังขยาตามสูตรที่นักเรียนได้ศึกษาและออกแบบเน้นย้ำให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหา การประเมินชิ้นงาน และการให้คะแนนการทดสอบให้ชัดเจน ในขณะที่นักเรียนกำลังทำสังขยาผู้วิจัยพยายามใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้ในการสร้างชิ้นงาน

### 1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยกำหนดเวลาในการปรับปรุงชิ้นงานให้ชัดเจน กระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นผลของการใช้แนวคิดที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ว่าส่งผลอย่างไรต่อสังขยาที่นักเรียนทำออกมาจากการทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานในแต่ละครั้ง

### 1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอและให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้การนำเสนอดูน่าสนใจ เน้นให้นักเรียนสะท้อนผลการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วน ว่าช่วยให้นักเรียนแก้ไขปัญหได้อย่างไรบ้างหรือไม่สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ ส่งผลอย่างไรต่อชิ้นงาน

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สัตว์สวน เวลา 6 ชั่วโมง

### 2.1 ขั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มด้วยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน และร่วมกันสนทนาเกี่ยวกับประสบการณ์ การรับประทานอาหารชนิดเดิม ๆ ซ้ำ ๆ ที่มีอยู่ในร้านสะดวกซื้อแล้วทำไมยังรู้สึกว่ารสชาติของอาหารไม่เคยเปลี่ยนแปลง ยังคงความอร่อยได้เหมือนเดิม และผู้วิจัยถามนักเรียนต่อไปว่าเพราะเหตุใดรสชาติยังคงอร่อยเหมือนเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง โดยนักเรียนจะต้องนึกถึงการประกอบอาหารที่จะต้องใช้สูตรการทำอาหาร ที่กำหนดส่วนผสมต่าง ๆ ไว้แล้ว จากนั้นผู้วิจัยนำนักเรียนสนทนาในประเด็นของประสบการณ์การทำอาหารของนักเรียนที่บ้าน ว่าในการทำอาหารแต่ละครั้งนักเรียนทำอย่างไร และถ้าทำเพิ่มมากขึ้นหรือน้อยลงยังใส่เครื่องปรุงอย่างไร แต่ละคนโดยให้ตัวแทนของแต่ละกลุ่มเล่าให้เพื่อนฟัง และผู้วิจัยตั้งคำถามกระตุ้นความคิดในลักษณะดังนี้ "การเป็นผู้ประกอบการผลิตอาหารจำหน่ายจะต้องคำนึงถึงเรื่องใด ใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์หรือไม่" "ให้นักเรียนบอกชื่อขนมไทยที่นักเรียนชอบรับประทานมาคนละ 1 ชนิด" "ใครชอบรับประทานสังขยาบ้าง ยกมือขึ้น" ผู้วิจัยให้นักเรียนดูวิดีโอวีดิทัศน์ ASMR ชนิด Autonomous sensory meridian response หรือ วีดิทัศน์ที่แสดงอาการตอบสนองต่อประสาทรับความรู้สึกอัตโนมัติ ไม่ว่าจะเป็นการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัสในการรับประทานสังขยาการรับประทานสังขยาจากเว็บไซต์ youtube แล้วจึงให้นักเรียน ศึกษาศถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนทำการระบุปัญหา และตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 2

### 2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนจะต้องศึกษากิจกรรมย่อยทั้ง 4 กิจกรรม ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 เรื่องง่าย ๆ สไตส์ สัตว์สวน นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมายของสัตว์สวน สัตว์สวน การหาตัวไม่ทราบค่าจากสัตว์สวนที่กำหนดให้ สัตว์สวนตรง สัตว์สวนผกผัน และทำแบบฝึกหัดในแต่ละเรื่องดังกล่าวลงในใบงาน ครูอธิบายและเฉลยการทำใบงานทุกข้อและตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องสัตว์สวนของนักเรียนโดยให้ทำแบบทดสอบ 2 ข้อ กิจกรรมที่ 2 ของใช้ในห้องครัว ในกิจกรรมนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับอุปกรณ์ ของใช้ที่ใช้ในการประกอบอาหาร รวมถึงบอกวิธีการใช้งาน การทำความสะอาดและการเก็บรักษา แล้วนำมาสรุปเป็นแผนผังความคิดและออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนและเขียนบันทึกลงในใบงาน กิจกรรมที่ 3 การถ่ายโอนความร้อน ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนทั้ง 3 ลักษณะ คือ

การพาความร้อน การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ผ่านการทดลอง นักเรียนจะต้องเป็นผู้ทดลอง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง และผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนพร้อมกันทั้งห้องและเขียนบันทึกลงในใบงาน กิจกรรมที่ 4 ทำไมโปรตีนถึงเปลี่ยนไป ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนในเบื้องต้น โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทดลอง โดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้ทดลอง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง และผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนพร้อมกันทั้งห้องและเขียนบันทึกลงในใบงาน

### 2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาอีกครั้ง ผู้วิจัยแจ้งเกณฑ์การทดสอบ ประเมินผลและการให้คะแนนการทดสอบ แก่นักเรียน จากนั้นให้นักเรียนเริ่มศึกษาค้นคว้าสูตร วิธีการทำสังขยา ผ่าน Smart Phone แล้วพิจารณาเลือกสูตรที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วจึงเลือกมาเขียนลงในใบออกแบบสูตรการทำสังขยา ผู้วิจัยถามนักเรียนทุกกลุ่มว่า นักเรียนจะประยุกต์ใช้แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนได้อย่างไรบ้าง เพื่อให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนในการใช้ทำสังขยา

### 2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องเขียนใบสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับใช้ทำสังขยา โดยนักเรียนจะต้องมีการคิดคำนวณต้นทุนจากใบสั่งซื้อวัตถุดิบ แล้วจึงจะสามารถนำมาแลงวัตถุดิบ ณ จุดขายวัตถุดิบ และดำเนินการทำสังขยาตามที่นักเรียนระบุลงในใบออกแบบการทำสังขยา

### 2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนทำสังขยาออกมาแล้วจึงนำมาแบ่งเป็นชิ้น ชิ้นละ 50 กรัม นักเรียนจะได้ทราบว่า สังขยาที่นักเรียนทำมานั้นเพียงพอต่อคน 30 คนหรือไม่ เพื่อนำไปปรับปรุงส่วนผสมโดยใช้สัดส่วน ในการคิดคำนวณต่อไป และนำจำนวนชิ้นที่แบ่งได้ทั้งหมดไปหารต้นทุนที่ใช้ในการซื้อวัตถุดิบ นักเรียนจะได้ทราบราคาต้นทุน และนำมาเปรียบเทียบราคาต้นทุนของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ แล้วจึงจะนำไปสู่การปรับปรุงในครั้งที่ 1 ต่อไป ผู้วิจัยกระตุ้นโดยการให้คำถามปลายเปิด เพื่อให้ให้นักเรียนคิด ใช้แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนในการปรับปรุงสังขยาของนักเรียน

### 2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวางแผนในการนำเสนอผลการแก้ปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่มีความน่าสนใจ มีสาระ โดยออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยแต่ละกลุ่มจะมีเวลานำเสนอกลุ่มละ

8 นาที ผู้วิจัยถามกระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนผลจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสัดส่วนว่าช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหานั้นได้อย่างไรบ้าง

3. ขั้น สังเกตการณ์ (Observe) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สัดส่วน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้บันทึกผลการสังเกตลงในใบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเก็บรวบรวมจากใบกิจกรรม โดยมีประเด็นดังนี้

### 3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่า ผู้วิจัยเริ่มควบคุมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ดีในการถ่ายทอดความรู้ที่จำเป็นให้กับนักเรียนในกิจกรรมย่อย ต่าง ๆ ผู้วิจัยทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน การเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนและของใช้ในห้องครัวได้เป็นอย่างดี แต่นักเรียนยังไม่ค่อยเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เท่าที่ควร จากการทดสอบหลังกิจกรรมนักเรียนยังไม่สามารถใช้แนวคิดเรื่องสัดส่วนในการทำข้อสอบได้ โดยรวมการจัดกิจกรรมแต่ละขั้นมีความเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงานได้ โดยเมื่อตรวจใบกิจกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องสัดส่วนไปใช้ในการหาปริมาณของส่วนผสมสำหรับการทำสังขยา มีการแสดงการคิดคำนวณได้ถูกต้องแต่ก็มีนักเรียนบางส่วนที่ดำเนินการคิดคำนวณได้ไม่ถูกต้องและผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำกับนักเรียนกลุ่มดังกล่าว จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า นักเรียนมีการจับเวลา และสังเกตอุณหภูมิของน้ำในหม้อในการทำสังขยา มีการเลือกใช้ไข่แต่ละชนิดที่แตกต่างกันไป มีการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งสำหรับการชั่งวัตถุดิบต่าง ๆ การเลือกใช้อุปกรณ์เครื่องครัวในการทำสังขยา หมายถึง นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนและการถ่ายโอนความร้อนมาประยุกต์ใช้ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการบูรณาการวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมวิจัย พบว่า กิจกรรมในแต่ละขั้นมีความเชื่อมโยง ผู้วิจัยได้มีการบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์เข้ามาร่วมในการจัดกิจกรรมอย่างชัดเจน ได้แก่ การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการวัดค่าระดับความหวานหรือ brix refractometer ของชิ้นงาน ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณภาพชิ้นงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น แต่นักเรียนยังไม่สามารถนำผลนั้นไปปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างตรงจุด ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียน



ได้เกิดการปรับปรุงชิ้นงานให้ตรงจุด ควรอธิบายแนวทางให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของผลการทดสอบเพื่อนำไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง

### 3.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการสะท้อนความคิดของผู้วิจัยสามารถพิจารณาปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนดังนี้

#### 3.2.1 ชั้นระบุปัญหา

ในชั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน และผู้วิจัยนำนักเรียนสนทนาในประเด็นการรับประทานอาหารสด หรือขนมหวานที่มีขายตามร้านสะดวกซื้อ ที่นักเรียนรับประทานซ้ำ ๆ ดังบทสนทนาดังนี้

ผู้วิจัย : อาหารมีรสชาติเหมือนเดิมทุกครั้งที่รับประทานหรือไม่

นักเรียนทุกคน : "อร่อยเหมือนเดิมทุกครั้งเลยค่ะ/ครับ" (ซึ่งนักเรียนให้ความสนใจในคำถามและช่วยกันตอบคำถามนี้พร้อมกัน)

ผู้วิจัย : ทำไมจึงมีรสชาติอร่อยเหมือนเดิม

นักเรียนหญิง : "มันมีสูตรการทำค่ะครู"(ตอบขึ้นมาด้วยความมั่นใจและเสียงดัง)

(เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563)

หลังจากนั้นผู้วิจัยนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับประสบการณ์การทำอาหารของนักเรียนดังบทสนทนา ดังนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนเคยช่วยที่บ้าน หรือญาติ ๆ ในการทำอาหารหรือไม่ อาหารที่นักเรียนทำคืออาหารประเภทใด โดยให้ตัวแทนของนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ

ตัวแทนกลุ่มที่ 1 : เคยทำครับ เคยทำไข่เจียวครับกับแกงเขียวหวาน

ตัวแทนกลุ่มที่ 2 : เคยทำค่ะ หนูเคยช่วยแม่ทำหลายอย่างเลย แกงเขียวหวาน ต้มยำ ผัดกะเพรา ไข่ลูกเขย (แล้วนักเรียนก็ดำเนินการพูดเกี่ยวกับเมนูอาหารที่เคยทำจนนับไม่ถ้วน)

ตัวแทนกลุ่มที่ 3 : เคยค่ะ หนูเคยทำแกงพะแนง แกงเขียวหวาน และก๊อ๊กหลายอย่างเลยค่ะ หนมก็เคยช่วยแม่ทำนะค่ะ เช่น บัวลอย ก๋วยบวชชี เยอะค่ะครู

ตัวแทนกลุ่มที่ 4 : เคยครับ บางทีก็ช่วยแม่หั่นผัก หั่นหมู สับหมู ละก็เป็นลูกมือเล็ก ๆ น้อย ๆ ครับ แต่ไข่ดาวทำเป็นเลยครับ 555 (เสียงนักเรียนหัวเราะ)

(เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563)

จากบทสนทนาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความร่าเริง สดใส และตั้งใจ กระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยตั้งคำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียน ดังนี้ “นักเรียนคิดว่า ในการทำขนม หรือประกอบอาหารจะต้องใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ ในเรื่องใด” โดยให้นักเรียนระบุลงในใบกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละคนบอกชื่อขนมไทย ที่นักเรียนรับประทานมาคนละ 1 ชนิด และให้นักถึงรสชาติของขนมไทยชนิดนั้น แล้วผู้วิจัยจึง นำเสนอ วีดีทัศน์ การรับประทานสังขยาจาก <https://www.youtube.com/watch?v=cmy> ซึ่งเป็น วีดีทัศน์ประเภท ASMR (วีดีทัศน์ที่แสดงอาการตอบสนองต่อประสาทรับความรู้สึกอัตโนมัติ ไม่ว่าจะ เป็นการมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส) ซึ่งทำให้กระตุ้นต่อมน้ำลายและทำให้นักเรียนเกิดความอยากที่จะรับประทานสังขยา ดังที่ได้ดูจากวีดีทัศน์ ซึ่งนักเรียนพูดออกมาว่า

“โอ้โฮ ครูคะ แบบนี้หนูก็อยากกินสิคะ หนูหิวละคะ” “หนูอยากทำสังขยาแล้วคะ ครู”

(เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563)

จากนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอสถานการณ์ปัญหา และให้นักเรียนศึกษาและระบุปัญหา ลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 1 ในช่วงของการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา ทำให้สามารถเข้าใจประเด็นปัญหามากยิ่งขึ้น นักเรียนจึงสามารถแยกแยะปัญหาออกเป็น ส่วน ๆ โดยสังเกตได้จากการระบุปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ดังนี้

1. ปัญหาของสถานการณ์คือ	1
สิ่งที่ทำให้ปัญหานี้เกิดคือ	30 คน
รสชาติของดีและอร่อย	
ต้องมีตำแหน่งที่ใส่ที่ใส่	

ภาพ 16 แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 1

1. ปัญหาของสถานการณ์คือ	
ปัญหาคือ สังขยาที่รสชาติไม่อร่อย ทำให้ในแค่นั้นยังไม่หมด และทำให้จากนั้น	
และไม่ได้อีกแล้ว และทำให้รสชาติไม่เข้ามาเรื่องหนึ่ง	

ภาพ 17 การระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 2

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ  
 ตั้งขงยาดิรกรรดิ ได้ออวยกิต 10 หน่งละ 1 หน่งของสังขยไปทลลท ททไปทลลท  
 และคองยอกิต และจะขยดาก

ภาพ 18 การระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ  
 จะทำสังขยให้ได้ออกเค็ยหนทและสิรสรดิอออยู่ถ่งง  
 และต้องเพ็ขงออทอคน 30 คน และกิตอวทสังขยงังให้ขยได้ทลลท  
 และกิตอวสงำหนทถึงอำนททอทำทิตลล และอัททโรอากทิตลล

ภาพ 19 การระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 4

ผู้วิจัยได้ใช้คำถามต่อไปอีกว่า “จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ใดในคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีบ้าง” และผู้วิจัยให้นักเรียนบันทึกคำตอบดังกล่าวลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 โดยมีการบันทึกดังต่อไปนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 1 บันทึกไว้ว่า คณิตศาสตร์ต้องใช้ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ ปริมาณส่วนผสม การตวง วิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับอุณหภูมิ ขั้นตอนการทำอาหาร เทคโนโลยีต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ หม้อ แก๊ส กะละมัง ดังภาพ 20

2. นักเรียนจะใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา  
 ท้องใช้สัดส่วน และ ปริมาณของส่วนผสม กรรทว

วิทยาศาสตร์ท้องใช้	เทคโนโลยีท้องใช้
<del>.....</del>	หม้อ
อุณหภูมิ	แก๊ส
ขั้นตอนทำอาหาร	กะละมัง

ภาพ 20 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

นักเรียนกลุ่มที่ 2 บันทึกไว้ว่า คณิตศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ การตวง สัดส่วน และปริมาณที่จะต้องใช้ในการทำสังขยให้พอดีกับสัดส่วน วิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ แก๊ส อุณหภูมิ เนียม เครื่องครัว อุณหภูมิ เทคโนโลยีต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับเตาแก๊ส เครื่องครัวพลาสติก หม้อสแตนเลส ช้อน ดังภาพ 21

2. นักเรียนจะใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา <sup>2</sup>

ใช้ความรู้ในทางคณิตศาสตร์ที่เข้าใจ คือ การคูณจำนวนและปริมาณที่ต่อๆไปใน การทำสังขยา  
ให้เข้ากับส่วนผสม

✓ ๒๓๖.

วิทยาศาสตร์ ใช้: ... แก๊ส อุณหภูมิ เครื่องครัว ... ขนสัตว์

เทคโนโลยี ใช้: ... แก๊ส เครื่องวัดอุณหภูมิ ... หม้อ สแตนเลส ... จันท

ภาพ 21 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

นักเรียนกลุ่มที่ 3 บันทึกไว้ว่า คณิตศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ สัดส่วนใน การทำสังขยา ต้องทำสัดส่วนในการใช้วัตถุดิบให้ดีเพื่อให้ได้ขนมที่อร่อย เนียนนุ่ม วิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ ลำดับขั้นตอนในการทำอาหาร การใช้แก๊สหุงต้ม ถาดอลูมิเนียมและอุณหภูมิ ความร้อน เทคโนโลยีต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ หม้อ แก๊ส ช้อน ถ้วย ทัพพี และอะไรที่ทันสมัยดังภาพที่

23

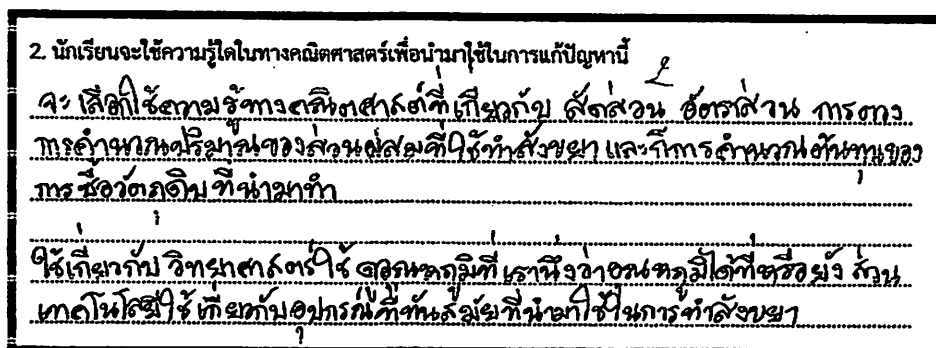
2. นักเรียนจะใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

ต้องใช้สัดส่วนที่ในกาชงขนมสังขยา ต้องทำสัดส่วนในการใช้วัตถุดิบให้พอดี  
เพื่อให้ได้ขนมที่อร่อยและเนียนนุ่ม

วิทยาศาสตร์ ใช้: สัดส่วนขั้นตอนในการทำอาหาร ใช้ในการทำสัดส่วนของอาหาร  
และใช้แก๊สในการหุงต้ม และถาดอลูมิเนียม และอุณหภูมิความร้อน  
เทคโนโลยี ใช้: หม้อ แก๊ส ช้อน ถ้วย ทัพพี และอะไรที่ทันสมัยบ้าง

ภาพ 22 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

นักเรียนกลุ่มที่ 4 บันทึกไว้ว่า คณิตศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ สัดส่วน อัตราส่วน การตวง การคำนวณส่วนผสมที่ใช้ทำสังขยา การคำนวณต้นทุนของการซื้อวัตถุดิบที่นำมาทำ วิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ อุณหภูมิที่ใช้นึ่งสังขยาว่าได้ที่หรือยัง เทคโนโลยีต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับ อุปกรณ์ที่ทันสมัยที่จะนำมาใช้ทำสังขยา ดังภาพ 23



ภาพ 23 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากการศึกษาการบันทึกกิจกรรมของนักเรียน นักเรียนสามารถระบุประเด็นความรู้ในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จะต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดได้ถูกต้อง ครบถ้วน

### 3.2.2 ขึ้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมย่อยต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมเอาแนวคิด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมดังนี้

ในขั้นนี้ผู้วิจัยใช้ระยะเวลามากในการดำเนินกิจกรรม โดยกิจกรรมที่ 1 ง่าย ๆ สไลด์ สัดส่วน ในกิจกรรมนี้ผู้วิจัยได้อธิบายเนื้อหาสาระ พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับ ความหมายของสัดส่วน การหาค่าของตัวไม่ทราบค่าจากสัดส่วนที่กำหนดให้ สัดส่วนตรง สัดส่วนผกผัน ในกิจกรรมที่ 1 จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำแบบฝึกหัด โดยผู้วิจัยเป็นผู้ที่คอยเข้าไปให้คำปรึกษาและตรวจแบบฝึกหัด หลังจากเฉลยแบบฝึกหัดเสร็จแล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบเกี่ยวกับสัดส่วน 2 ข้อ ผลปรากฏว่า นักเรียนจะไม่เข้าใจสัดส่วนผกผัน เนื่องจาก สัดส่วนผกผันนั้นมีความยากและซับซ้อน ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนกับสัดส่วนตรง ผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยอธิบายให้นักเรียนกลุ่มที่เกิดความไม่เข้าใจอีกครั้ง ซึ่งได้แก่ กลุ่มที่ 1, 2, และ 3 หลังจากนั้นนักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถแก้ไขแบบฝึกหัดได้จนถูกต้องกิจกรรมที่ 2 ของใช้ในห้องครัว ในกิจกรรมนี้นักเรียนได้ทำการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องครัวสำหรับการทำสังขยา ให้นักเรียนศึกษาประโยชน์ของอุปกรณ์นั้น ๆ วิธีการใช้งานที่ถูกต้อง คุณลักษณะเฉพาะ เช่น เป็นวัสดุประเภทใด รวมถึงวิธีการเก็บรักษา และให้นักเรียนนำมาเขียนเป็นแผนผังความคิด เพื่อนำเสนอในชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกับเพื่อนในชั้นเรียน ซึ่งนักเรียนตั้งใจสรุป เขียนแผนผังความคิดเป็นอย่างมาก กิจกรรมที่ 3 การถ่ายโอนความร้อน ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมเป็นกิจกรรมประเภททดลอง โดยให้

นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับลูกโป่งกลุ่มละ 2 ลูก เทียน จุดไฟ 1 เล่ม ให้นักเรียนเป่าลูกโป่งทั้ง 2 ใบ โดย ใบที่หนึ่ง เป่าโดยไม่ใส่น้ำ และใบที่สอง ใส่น้ำลงไป 500 มิลลิลิตร แล้วนำลูกโป่งทั้งสองลูกไป ทดลองวางบนเปลวไฟแล้วสังเกต นักเรียนพูดขึ้นว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มมีความตื่นตัวในการทำ กิจกรรมเป็นอย่างมาก นักเรียนบางคนกลัวลูกโป่งแตกจนไม่กล้าที่จะทดลองทำกิจกรรม บางคน กล้า ๆ กลัว ๆ เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับการถ่ายโอน ความร้อนพร้อมทั้งนักเรียนทั้งห้อง กิจกรรมที่ 4 ทำไม้โปรตีนถึงเปลี่ยนไป ผู้วิจัยให้นักเรียนทดลอง สังเกตการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีน โดยให้นักเรียนใส่ไข่ขาวในหลอดทดลองกลุ่มละสองหลอด แล้ว นำไปต้มในน้ำเดือดแล้วให้นักเรียนสังเกตผล นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำไข่ขาวในหลอด ทดลองไปจุ่มในน้ำร้อน นักเรียนทุกคนตั้งใจรอด้วยความตื่นตัว บางคนรู้อยู่แล้วไข่จะต้องสุกและเป็น สีขาว แต่นักเรียนก็พยายามดูและพูดออกมาว่า "ดูดี มันเปลี่ยนเป็นสีขาว ๆ แล้ว" (นักเรียน กลุ่มที่ 4 เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563) และหลอดทดลองอีก 1 หลอด ใส่สารละลายกรดลงไป ในขณะที่นักเรียนใช้อุปกรณ์ในการทดลอง เช่น หลอดแก้ว บีกเกอร์ แท่งคน สาร นักเรียนขาดทักษะการใช้ มีนักเรียนทำหลอดทดลองแตกแตก บางคนไม่มีความมั่นใจในการใช้ งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ เช่น นักเรียนถามว่า "ครูคะ หลอดหยดใช้อย่างไรคะครู" (นักเรียนกลุ่มที่ 2 เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563) ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายวิธีการใช้ของ อุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่บ่อย ๆ ซึ่งส่งผลทำให้กิจกรรมมีความวุ่นวายเป็นอย่างมาก ผู้ร่วมสังเกตการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ระบุว่า ผู้วิจัยควรลำดับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการทดลองให้เป็นลำดับขั้นตอน มากยิ่งขึ้น ควรเตรียมอุปกรณ์ให้เพียงพอต่อนักเรียนทุกกลุ่ม นักเรียนบางกลุ่มไม่มีหลอดหยด เนื่องจากมีไม่เพียงพอ ส่งผลทำให้เกิดความซุลมุนเป็นอย่างมาก แต่ภาพรวมของกิจกรรมนักเรียน มีความตั้งใจ ให้ความสนใจในการทำกิจกรรม โดยนักเรียนเฝ้าสังเกตการณ์ทดลองอย่างตั้งใจ และมีนักเรียนพูดเสียงดังขึ้นว่า "เห้ย มันกลายเป็นสีขาวชุ่นด้วย แสดงว่าไข่มันต้องแข็งขึ้นแน่ ๆ" (นักเรียนกลุ่มที่ 3 เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 14 กุมภาพันธ์ 2563) จากการจัดกิจกรรม ทำไม้โปรตีนถึงเปลี่ยนไป แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเริ่มสังเกตเห็นปัจจัยที่ทำให้โปรตีนนั้นเปลี่ยน สภาพไปจากเดิมในเบื้องต้น

### 3.2.3 ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ครูแจกสถานการณ์ปัญหาพร้อมกับเกณฑ์การประเมินชิ้นงานและการทดสอบให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มทราบ ผู้วิจัยสังเกตพบว่า นักเรียนบางกลุ่มมีการค้นคว้าหา สูตรการทำสังขยาจากอินเทอร์เน็ต และเมื่อเข้าไปสอบถามแบบไม่เป็นทางการพบว่า


เด็กหญิง A : นักเรียนคิดว่าสูตรมันมีหลายสูตร หลายเว็บไซต์ แล้วเราจะเอาสูตรไหนดี

เด็กหญิง B : เอาสูตรนี้ เพราะมันใช้ปริมาณของวัตถุดิบไม่มาก เราแค่จะลองหาสูตร

เด็กชาย C : ใช่ เราแค่จะลองว่าสูตรนี้เป็นอย่างไร ได้ปริมาณเท่าไร แล้วค่อยปรับปริมาณเอา

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, 14 กุมภาพันธ์ 2563)

แสดงให้เห็นว่า นักเรียนเข้าใจกระบวนการของกิจกรรมและเข้าใจว่า ถ้าเราไม่สามารถบอกได้ว่า ถ้าแหล่งข้อมูลนั้น ๆ ไม่ระบุ ว่า หลังจากการใช้สูตรการทำสังขยานี้แล้วจะได้ปริมาณออกมาเท่าไร แสดงว่านักเรียนต้องทดลองทำก่อน แล้ววัดปริมาณของปริมาณหลังจากทำเสร็จแล้ว จากการตรวจใบกิจกรรมของนักเรียน ในการออกแบบขั้นตอนการทำสังขยา นักเรียนกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ไม่ได้ระบุขั้นตอนการทำเป็นลำดับขั้นตอน แต่มีการระบุเคล็ดลับ เช่น มีการตัดเอาฟองออกหลังจากที่ผสมส่วนผสมต่าง ๆ เข้าด้วยกันแล้ว การกำหนดระยะเวลาการใช้ไฟอ่อน ส่วนนักเรียนกลุ่มที่ 3 และ 4 มีการเขียนลำดับขั้นตอนชัดเจน แต่ไม่มีการระบุเคล็ดลับการทำในขั้นตอนการทำ ดังภาพ 24

ออกแบบสูตรการทำสังขยาไข่	
วัตถุดิบและปริมาณ	
	ไข่ไก่ 4 ฟอง
	ไข่เป็ด 2 ฟอง
	น้ำตาล 3/4 ถ้วย
	นมจืด 500 มล
อุปกรณ์	
	กระทงวน หม้อจืด ไข่ กระทง ฝาตล 1 ถ้วย
ขั้นตอนการทำ	
	ไข่ไก่ 4 ฟอง
	ไข่เป็ด 2 ฟอง
	น้ำตาล 3/4 ถ้วย
	นมจืด 500 มล
	ไข่แดง 2 ฟอง
	จากคนไข่แดง 2 ฟอง ไข่แดง 2 ฟอง ไข่ขาว 2 ฟอง ไข่แดง 2 ฟอง
	หรือไข่แดง 2 ฟอง

ภาพ 24 แสดงการบันทึกการออกแบบสูตรการทำสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 3

### 3.2.4 ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในชั้นนี้ผู้วิจัยสังเกตพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่มีการวางแผนการซื้อวัตถุดิบสำหรับไปใช้สร้างชิ้นงาน ทำให้มีวัสดุเหลือใช้และจะต้องนำมาส่งคือกับผู้วิจัยและปรับใบสั่งซื้อวัตถุดิบใหม่ เมื่อเข้าไปสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการถึงสาเหตุที่ซื้อวัตถุดิบไปเกินของนักเรียนกลุ่มนี้ นักเรียนระบุว่า "นักเรียนคิดว่าซื้อไปเผื่อไว้ก่อนดีกว่า เพราะถ้าไม่พอจะได้ไม่ต้องไปซื้ออีก" แสดงให้เห็นว่า นักเรียนไม่เข้าใจเป้าหมายของกิจกรรม ในชั้นนี้เป็นการให้นักเรียนทดสอบทำสังขยาเพื่อดูว่าจะได้ออกมาปริมาณเท่าใด ดังนั้น ผู้วิจัยควรเน้นย้ำและปลูกจิตสำนึกในการเลือกใช้สิ่งของให้เหมาะสมกับสถานการณ์และควรศึกษาสถานการณ์ปัญหาและเกณฑ์การทดลองให้ชัดเจนมากกว่าเดิม อาจตรวจสอบผู้เรียนให้ดีเกี่ยวกับความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาของนักเรียนแต่ละคน เนื่องจาก การปฏิบัติจริงกับการระบุปัญหาลงในใบกิจกรรมของนักเรียนบางกลุ่มมีความแตกต่างกัน และผู้วิจัยควรเน้นย้ำสถานการณ์ปัญหาในประเด็นต่าง ๆ ให้ชัดเจน และกำหนดจำนวนเงินสำหรับการซื้อวัตถุดิบให้กับนักเรียน เพราะการซื้อวัตถุดิบมากส่งผลถึงต้นทุนที่สูง อาจทำให้ได้คะแนนการทดสอบน้อยกว่านักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ดังภาพ 25

ใบสั่งซื้อสินค้าครั้งที่ 1 กลุ่มที่ 1			
วัตถุดิบ	ราคา	จำนวนที่ต้องการ	จำนวนเงิน
ไข่ไก่ (ฟอง)	4 บาท	3	12
ไข่เป็ด (ฟอง)	5 บาท	3	15
น้ำตาลปีบ (ขีด)	5 บาท	—	
น้ำตาลมะพร้าว (ขีด)	7 บาท	2	14
น้ำตาลทราย (ขีด)	250 บาท	3	750
หัวกะทิ (กล่อง 250 มิลลิตร)	45 บาท	1	45
ใบเตย (ใบ)	1 บาท	11	11
เกลือ (ช้อนชา)	0.50 บาท	1	0.50
รวมจำนวนเงิน(บาท)			105

ภาพ 25 แสดงตัวอย่างการเขียนใบสั่งซื้อวัตถุดิบของนักเรียนกลุ่มที่ 4

ดังนั้น ผู้วิจัยควรที่จะตรวจสอบการกำหนดหน่วยของวัตถุดิบ รวมถึงเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ให้เรียบร้อย ชัดเจน เช่น จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนสืบค้นสูตรการทำสังขยา ในสูตรที่นักเรียนสืบค้นระบุว่าต้องใช้กะทิซึ่งปริมาณ 600 มิลลิตร แต่ในใบสั่งซื้อสินค้าของผู้วิจัยระบุขยากะทิเป็นกล่อง ซึ่งกำหนดไว้กล่องละ 250 มิลลิตร ทำให้จะต้องใช้การตรวจกะทิและเปลี่ยนหน่วยการขายเป็น มิลลิตร นักเรียนบางกลุ่มมีนักเรียนที่ไม่ได้มีหน้าที่ในการทำสังขยา



อย่างชัดเจน นักเรียนบางคนนั่งรอเพื่อน ขณะที่เพื่อนทำสังขยา จึงได้จับเอามือถือขึ้นมาเล่นในระหว่างที่รอ ผู้วิจัยจึงเข้าไปสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ นักเรียนระบุว่า เพื่อนในกลุ่มไม่ทำอะไรเลย ผู้วิจัยจึงแนะนำให้เพื่อนในกลุ่มช่วยกันทำงาน และให้สมาชิกในกลุ่มคุยกันและแบ่งหน้าที่อื่น ๆ ให้เพื่อนได้ช่วยทำกิจกรรม นักเรียนกลุ่มนั้นจึงแบ่งหน้าที่ให้กับเพื่อนทำ ต่อจากนั้นกิจกรรมจึงดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่น ผู้วิจัยควรให้นักเรียนระบุหน้าที่ในการทำสังขยาหรือการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ให้ชัดเจนลงในใบออกแบบสูตรสังขยา เพื่อป้องกันเหตุการณ์เช่นนี้

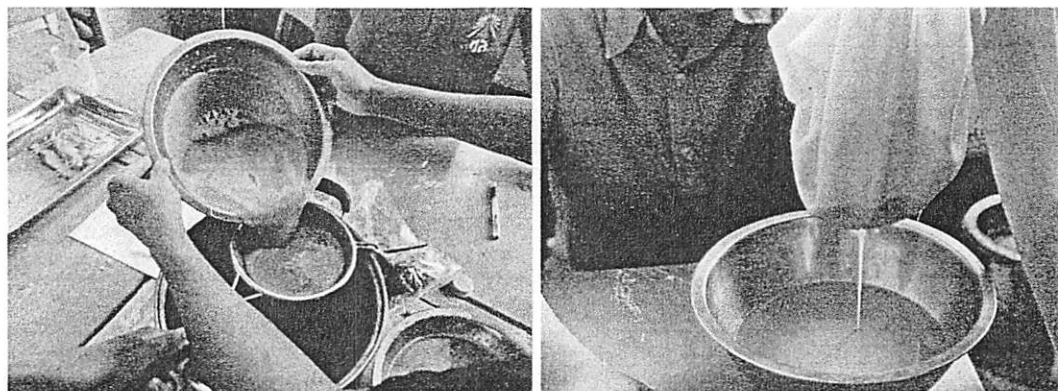
จากการสังเกต นักเรียนยังไม่ได้นำแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการปรับปรุงสูตรสังขยาเนื่องจากในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทดลองสูตรการทำสังขยาของนักเรียนเพื่อให้ทราบว่าสังขยาที่ทำตามสูตรดังกล่าวจะออกมาในลักษณะใดและจะได้ปริมาณเท่าใดเพื่อนำไปสู่ขั้นถัดไปสำหรับนำไปปรับปรุงใหม่ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนส่วนมากมีความตั้งใจเป็นอย่างมากและดูตื่นเต้นที่จะได้ทำสังขยา มีนักเรียนกลุ่มที่ 1, 2, และ 3 ไม่ได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ และเมื่อเข้าไปสอบถามอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนคิดว่าจะใส่อะไรลงไปก่อนก็มีค่าเท่ากัน สุดท้ายแล้วส่วนผสมต่าง ๆ ก็จะละลายอยู่ดี แต่นักเรียนกลุ่มที่ 4 มีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ จากการสังเกตเห็นว่า นักเรียนกลุ่มที่ 4 มีการใช้มือบีบน้ำตาลเป็นก้อนใหญ่ ๆ กลายเป็นก้อนเล็ก ๆ สอบถามแบบไม่เป็นทางการพบว่า นักเรียนคิดว่า มันจะช่วยให้น้ำตาลละลายได้ง่ายขึ้น เวลาเอาไปผสมกับกะทิและไข่จะได้ไม่เป็นก้อน และประหยัดเวลาดังภาพ 26



ภาพ 26 แสดงการทำสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากการสังเกตการทำสังขยาของนักเรียน นักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้ระบุเคล็ดลับเรื่องการตีฟองอากาศออก แต่เมื่อนักเรียนปฏิบัติจริง นักเรียนมีการกรองส่วนผสมต่าง ๆ โดยนักเรียนไม่เร่งมือที่จะบีบน้ำตาลบาง แต่นักเรียนปล่อยให้ค่อย ๆ ไหลลงช้า ๆ เพื่อลดการเกิดฟอง และเมื่อมี

ฟองเกิดขึ้นนักเรียนจะช้อนฟองออกจากถ้วยก่อนที่จะนำไปนึ่ง เมื่อผู้วิจัยเข้าไปสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ นักเรียนบอกว่า จะช่วยให้สังขยามีหน้าสังขยาที่เนียน และเนื้อภายในไม่มีฟองอากาศ มีการช้อนเอาฟองออกก่อนที่จะนำไปนึ่ง ดังภาพ 27



ภาพ 27 แสดงการกรองสังขยาโดยระมัดระวังเรื่องของการเกิดฟอง

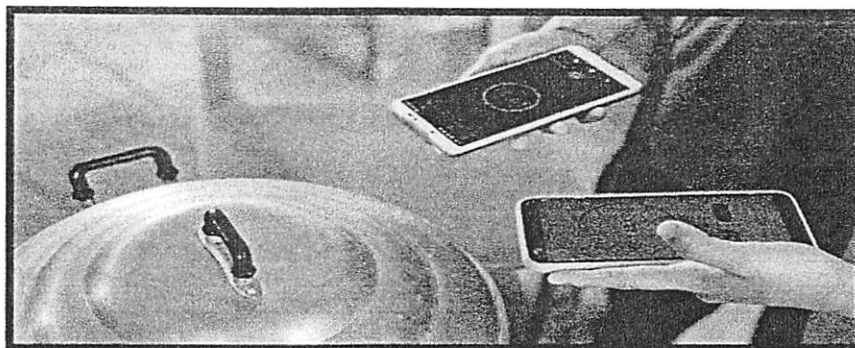
ขณะที่นักเรียนกำลังทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ เข้าด้วยกัน นักเรียนกลุ่มที่ 2,3 และ 4 มีการบริหารจัดการเวลาโดยได้ดำเนินการตั้งน้ำให้เดือดไว้รอ จากการเข้าไปสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการว่าทำไมนักเรียนจึงตั้งน้ำให้เดือดรอไว้ นักเรียนระบุในทำนองเดียวกันว่า

“จะได้ไม่ต้องรอน้ำเดือดไฉะ และก็จะได้สุกเร็วด้วย เวลาผสมเสร็จแล้วจะได้นำไปนึ่งในลังถึงเลยไฉะครู” (นักเรียนกลุ่มที่ 4, 14 กุมภาพันธ์ 2563)

แต่นักเรียนเพียง 1 กลุ่มเท่านั้นที่ไม่ได้ตั้งน้ำให้เดือดไว้รอ จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ ผู้วิจัยเข้าไปสอบถาม ว่าทำไมนักเรียนไม่ต้มน้ำไว้รอ นักเรียนระบุว่า

“.....ต้องให้อุณหภูมิของน้ำกับสังขยาที่นำไปนึ่งร้อนไปพร้อม ๆ กันคะครู เพราะมันจะได้ค่อย ๆ สุก หน้าตาจะได้สวย ๆ (จึ๊ ๆ ครูอย่าดั่งนะคะ) นักเรียนทำเสียง” (นักเรียนกลุ่มที่ 1, ผู้ให้สัมภาษณ์ 14 กุมภาพันธ์ 2563)

แสดงให้เห็นว่า นักเรียนพูดถึงหลักการถ่ายโอนของความร้อนและมีการประยุกต์ใช้การเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนเข้ามาประกอบการปรับปรุงชิ้นงาน และจากการสังเกตนักเรียนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 มีการจับเวลาของการนึ่งสังขยา แสดงดังภาพ 28



ภาพ 28 แสดงการจับเวลาเพื่อกำหนดการใช้ไฟแรงไฟอ่อน

### 3.2.5 ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนสามารถทำสังขยาเสร็จตามเวลาที่กำหนด และนักเรียนมีความตื่นตัวเป็นอย่างมาก นักเรียนสนใจในการทดสอบของนักเรียนเป็นอย่างมาก

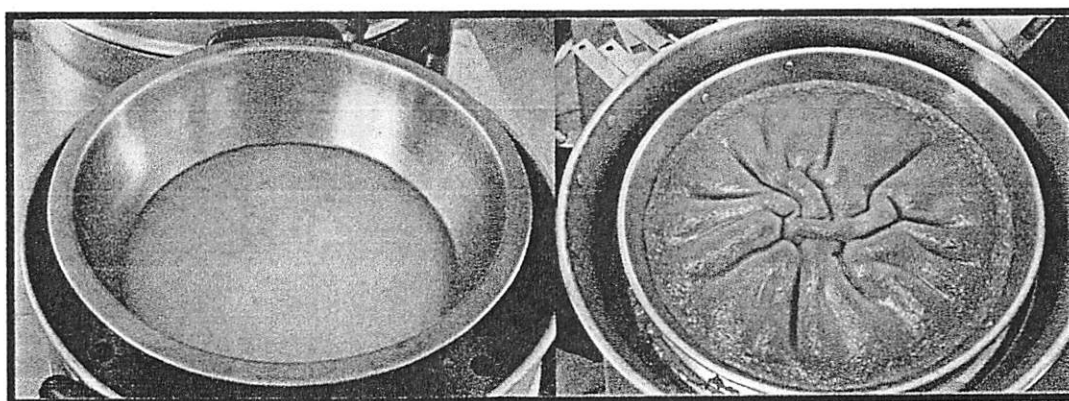
1. การทดสอบต้นทุนการผลิต ดำเนินการโดย นำสังขยาที่นักเรียนทำเสร็จแล้วไปคำนวณว่า ถ้าตัดเป็นชิ้น ชิ้นละ 50 กรัมจะได้ทั้งหมดกี่ชิ้น โดยวิธีการคือ 1. ชั่งน้ำหนักโดยใช้หน่วยเป็นกรัม จากนั้น นำน้ำหนักทั้งหมดหารด้วย 50 เมื่อได้ออกมาเป็นชิ้นแล้วจึงนำ ต้นทุนที่ซื้อวัตถุดิบในใบสั่งซื้อหารด้วยจำนวนชิ้น จะได้ ต้นทุนต่อชิ้น ซึ่ง กลุ่มที่ 1 มีต้นทุนที่ต่ำที่สุด ตามด้วยกลุ่มที่ 3, 2 และ 4 ตามลำดับ ซึ่งในกระบวนการคำนวณนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเป็นผู้คำนวณต้นทุนต่อชิ้นด้วยตนเอง

2. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point Hedonic Scale) ผลการทดสอบของผู้ทดสอบไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน โดยแต่ละคนไม่ทราบว่าจะสังขยาที่ทดสอบเป็นของกลุ่มใดวิธีการคิดคะแนนการทดสอบทั้งสองครั้ง โดยนำคะแนนทั้งสองครั้งมาเฉลี่ย โดยมีผลคะแนนดังนี้ กลุ่ม 1 ได้ 5.2 คะแนน กลุ่ม B ได้ 4.79 คะแนน กลุ่ม C ได้ 4.72 คะแนน และกลุ่ม D ได้ 4.26 คะแนน ผู้วิจัยได้แสดงคะแนนการประเมินให้นักเรียนทราบหน้าชั้นเรียน

ผลสรุปการประเมินรสชาติ (9-point Hedonic Scale)																																								
ครั้งที่ 1																																								
กลุ่มที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม	เฉลี่ย								
1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	272	7.73				
2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	270	7			
3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	268	6.97			
4	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	266	6.2		
ครั้งที่ 2																																								
กลุ่มที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม	เฉลี่ย								
1	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	257	7.9	
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	255	7.37
3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	256	7.2	
4	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	251	6.57

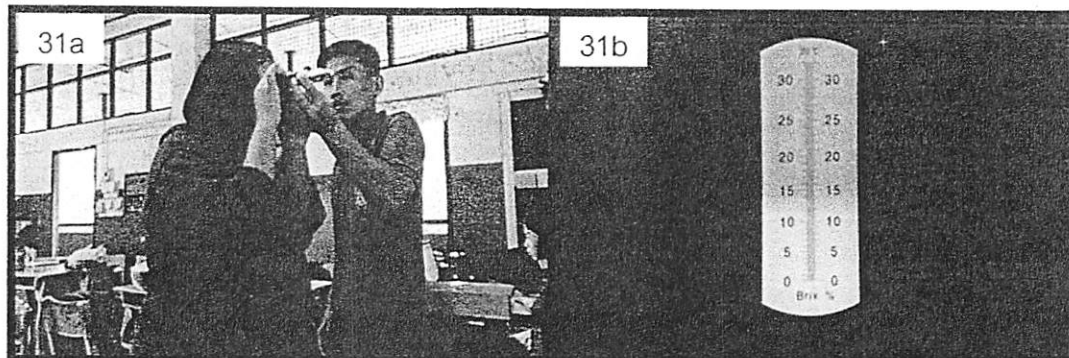
ภาพ 29 แสดงคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (9-point Hedonic Scale)

3. การทดสอบลักษณะปรากฏภายนอกพบว่า สังกะยาของนักเรียนมีนักเรียนกลุ่มที่ 1 สามารถทำสังขยาออกมาได้เรียบเนียน ดังภาพที่ 30 และนักเรียนกลุ่มที่ 2,3 และ 4 เมื่อ สังกะยาออกมาแล้วหน้าสังขยาขุ่น ไม่สวยงาม



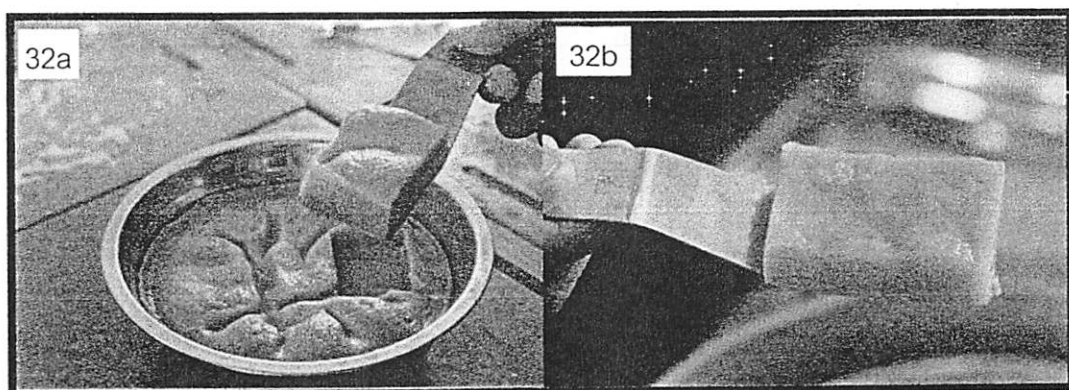
ภาพ 30 แสดงลักษณะปรากฏภายนอกของสังขยาที่นักเรียนทำ

4. การทดสอบระดับความหวานของสังขยาที่นักเรียนทำ ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มได้คะแนน ระดับที่ระดับ 15 – 24 Brix ซึ่งเป็นระดับความหวานที่อยู่ในระดับเดียวกับร้านที่ขายดีในท้องตลาด ในการทดสอบระดับความหวานของสังขยา โดยใช้เครื่องมือวัดค่าความหวานที่เรียกว่า Refractometer โดยให้ตัวแทนของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นผู้ทดสอบด้วยตนเอง ดังภาพ 31a และ 31b



ภาพ 31a และ 31b แสดงลักษณะปรากฏภายนอกของสิ่งขยาที่นักเรียนทำ

5. การทดสอบเนื้อสัมผัสของสิ่งขยาที่นักเรียนทำ นักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำสิ่งขยาที่มีเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับที่ดีมาก โดยเนื้อของสิ่งขยาของทุกกลุ่มไม่และเป็นน้ำและไม่แข็งจนเกินไป



ภาพ 32a และ 32b แสดงเนื้อสัมผัสของสิ่งขยาที่นักเรียนทำ

6. การทดสอบสีของสิ่งขยาโดยใช้แถบสีที่กำหนดในเกณฑ์การทดสอบ จากการสังเกตนักเรียนสั่งซื้อไบเตยเป็นจำนวนมาก โดยธรรมชาติไบเตยจะให้สีเขียวและอาจจะทำให้สีของสิ่งขยาเข้มขึ้น จากการตรวจใบกิจกรรมนักเรียนกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 สั่งซื้อไบเตย 9-10 ใบ ในการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 และกลุ่มที่ 4 สั่งซื้อไบเตย 11 ใบ ในการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ 15 ใบ ในการปรับปรุงครั้งที่ 2 แสดงตัวอย่างดังภาพ 33

ใบสั่งซื้อสินค้าครั้งที่ 1 กลุ่มที่ 1			
วัตถุดิบ	ราคา	จำนวนที่ต้องการ	จำนวนเงิน
ไข่ไก่ (ฟอง)	4 บาท	3	12
ไข่เป็ด (ฟอง)	5 บาท	3	15
น้ำตาลปีบ (ขีด)	5 บาท	-	
น้ำตาลมะพร้าว (ขีด)	7 บาท	<del>2</del>	<del>14</del>
น้ำตาลทราย (ขีด)	2.50 บาท	3	7.50
หัวกะทิ (กล่อง 250 มิลลิลิตร)	45 บาท	0.50 ml	4.5
ใบเตย (ใบ)	1 บาท	<del>11</del>	<del>11</del>
เกลือ (ช้อนชา)	0.50 บาท	1	0.50
รวมจำนวนเงิน(บาท)			105

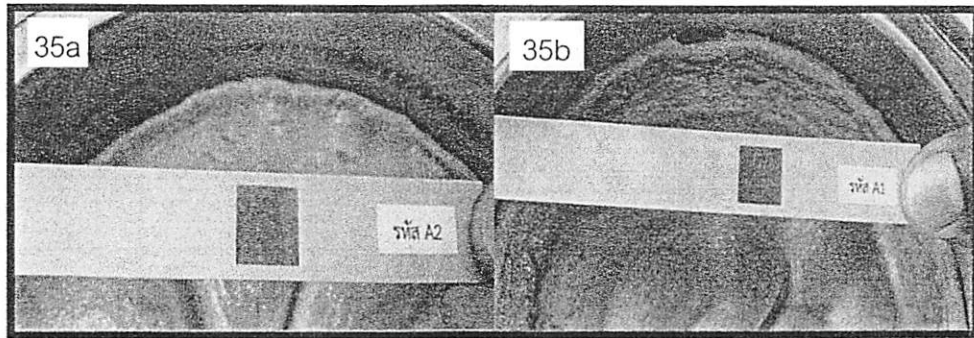
ภาพ 33 แสดงใบสั่งซื้อสินค้าของกลุ่มที่ 4 ในครั้งที่ 1

ใบสั่งซื้อสินค้าครั้งที่ 2 กลุ่มที่ 1			
วัตถุดิบ	ราคา	จำนวนที่ต้องการ	จำนวนเงิน
ไข่ไก่ (ฟอง)	3.50 บาท	<del>4</del>	28
ไข่เป็ด (ฟอง)	4 บาท	4	16
น้ำตาลปีบ (ขีด)	4.50 บาท	-	-
น้ำตาลมะพร้าว (ขีด)	4.50 บาท	2 6	29
น้ำตาลทราย (ขีด)	2.50 บาท	2	5
หัวกะทิ 1 กิโลกรัม พร้อมหางกะทิ	90 บาท	4.70	42.3
ใบเตย (ใบ)	1 บาท	15	15
เกลือ (ช้อนชา)	0.50 บาท	2	1
รวมจำนวนเงิน(บาท)			710

ภาพ 34 แสดงใบสั่งซื้อสินค้าของกลุ่มที่ 4 ในครั้งที่ 1

จากการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ เพราะเหตุใดนักเรียนจึงใช้จำนวนใบเตยมาก นักเรียนระบุว่า "ใบเตยทำให้กลิ่นหอม ลดความคาวของไข่และปรับปริมาณการใช้ตามสัดส่วนของสูตร" (นักเรียนกลุ่มที่ 1, 14 กุมภาพันธ์ 2563) "ใบเตยช่วยให้สังขยาหอม ไม่เลี่ยน ช่วยให้รสชาติอร่อย หอม" (นักเรียนกลุ่มที่ 2, 14 กุมภาพันธ์ 2563) "ทำให้สีมันเข้มขึ้นอีกหน่อยครับ ช่วยให้มีน้ำตาลให้ละลายได้ด้วยครับ" (นักเรียนกลุ่มที่ 3, 14 กุมภาพันธ์ 2563) "อยากให้สังขยาหอม ๆ ค่ะ จะได้คะแนนตอนคนชิมเยอะ ๆ" (นักเรียนกลุ่มที่ 4, 14 กุมภาพันธ์ 2563) ผลการทดสอบปรากฏ

ว่า สังขยาของนักเรียนทุกกลุ่มมีค่าสี่อยู่ในระดับ A1 และ A2 ซึ่งทำให้ทุกกลุ่มได้คะแนนเต็มในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2



ภาพ 35a และ 35b แสดงการทดสอบสี่ของสังขยา

นักเรียนมีการใช้ความรู้ในเรื่อง สัดส่วน ในการปรับปรุงปริมาณของวัตถุดิบที่จะใช้ทำสังขยาในแต่ละครั้ง ให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการได้ แสดงว่านักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องสัดส่วนไปใช้ได้ กระบวนการแก้ปัญหาได้ มีการคำนวณที่ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนส่วนน้อยที่ไม่สามารถคิดใช้สัดส่วนในการคำนวณได้ถูกต้อง

4. บันทึกการทดสอบ

4.1 การทดสอบครั้งที่ 1      ผลการทดสอบ  สำเร็จตามเป้าหมาย  ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

4.1.1 ปัญหาที่พบ	4.1.2 วิธีการแก้ปัญหา/เปลี่ยนแปลงสัดส่วนอย่างไร	4.1.3 การคิดคำนวณในการแก้ปัญหาจากการปรับปรุงครั้งที่ 1
สังขยาที่ออกมารวมกันไม่ได้เนื่องจาก ใช้น้ำตาลและไข่ขาวในปริมาณที่ไม่พอ ผลคือออกมาที่ 30 นาที	โดยเอาไข่ขาวออกมาเกินไปได้ 30 นาที ส่วนน้ำตาลก็เพิ่มให้เท่ากับของทอด ดูแล้ว สูตร	ไข่ไก่ : ไข่เป็ด : น้ำตาลทรายขาว $\frac{7}{16} = X$ $\frac{3}{16} = X$ $\frac{2}{16} = X$ $\frac{7}{16} = \frac{X}{30}$ $\frac{3}{16} = \frac{X}{30}$ $\frac{2}{16} = \frac{X}{30}$
	ไข่ไก่ : ไข่เป็ด : น้ำตาลทรายขาว : หัวกะทิ 8 : 4 : 6 : 470	น้ำตาลทราย : หัวกะทิ : ไข่เป็ด $\frac{7}{16} = X$ $\frac{250}{16} = X$ $\frac{11}{16} = X$ $\frac{7}{16} = \frac{X}{30}$ $\frac{250}{16} = \frac{X}{30}$ $\frac{11}{16} = \frac{X}{30}$
	น้ำตาลทราย : ไข่ไก่ 15 : 2	เกลือ $\frac{1}{16} = X$ $\frac{1}{16} = \frac{X}{30}$

ภาพ 36 แสดงการใช้สัดส่วนในการปรับปรุงสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4

16 ข้อ

ปรับประสิทธิ์สูตร

ไข่ไก่ : ไข่เป็ด : น้ำมันปิ้ง : น้ำมันหมู : น้ำมันถั่วเหลือง : น้ำมันพืช : เกลือ

4 : 2 : 0 : 3 : 1 : 250 ml : 10 : 1

$\frac{4}{16} = \frac{x}{30}$	$\frac{2}{16} = \frac{x}{30}$	$\frac{3}{16} = \frac{x}{30}$	$\frac{1}{16} = \frac{x}{30}$	$\frac{250}{16} = \frac{x}{30}$	$\frac{10}{16} = \frac{x}{30}$
$\frac{30}{16} = x$	$\frac{60}{16} = x$	$\frac{90}{16} = x$	$\frac{30}{16} = x$	$\frac{7500}{16} = x$	$\frac{300}{16} = x$
7.5 = x	3.75 = x	5.625 = x	1.875 = x	468.75 = x	18.75 = x
8	4	6	2	469	$\frac{1}{16} = \frac{x}{30}$
					$\frac{30}{16} = x$
					2 1.875 = x

ภาพ 37 แสดงการใช้สัดส่วนในการปรับปรุงสังขยาของนักเรียนกลุ่มที่ 4

3.2.6 ช้้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในชั้นนี้ครูได้ชี้แจงและเน้นย้ำเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของนักเรียนให้มีความน่าสนใจและมีความมั่นใจในการนำเสนอ นักเรียนทุกกลุ่มยังมีการนำเสนอผลการทำกิจกรรมด้วยวิธีการอ่านให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ฟัง แต่นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็นในกลุ่มของตนเองและเพื่อนต่างกลุ่มมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันมากยิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยควรให้นักเรียนคิดรูปแบบการนำเสนอให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสะท้อนผลของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำมาแก้ปัญหาในครั้งนี้ด้วย ดังนี้

คำถาม : สังขยาที่นักเรียนทำออกมาเป็นสังขยาที่ตอบโจทย์ ของสถานการณ์ปัญหาหรือไม่ และการที่จะทำสังขยาให้ออกมารสชาติอร่อย หรือได้คะแนนสูงตามเกณฑ์ที่กำหนดนั้นจะต้องทำอย่างไร นักเรียนมีเคล็ดลับในการทำสังขยาให้ออกมาดีได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

ปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ว่า การใช้สัดส่วนในการแก้ปัญหาส่งผลอย่างไรกับสังขยาที่นักเรียนทำออกมา ดังตัวอย่างการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1 ดังภาพ 38



8. สังขยาที่นักเรียนทำออกมาเป็นสังขยาที่ตอบโจทย์ ของสถานการณ์ปัญหานี้หรือไม่ และการที่จะทำสังขยาให้ออกมารสชาติอร่อย หรือได้คะแนนสูงตามเกณฑ์ที่กำหนดนั้นจะต้องทำอย่างไร นักเรียนมีเคล็ดลับในการทำสังขยาให้ออกมาดีได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพ 38 แสดงการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

โดยนักเรียนเขียนอธิบายไว้ว่า ตอบโจทย์ได้ไม่ค่อยดี การที่ทำให้ได้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด คือรสชาติที่ถูกปากคนส่วนใหญ่ การจะทำให้สังขยามีรสชาติอร่อย คือ ดูอุณหภูมิของไฟและสัดส่วนของวัตถุดิบ

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า เมื่อผู้วิจัยนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยการหยิบยกเอาสถานการณ์ที่ใกล้ตัวของนักเรียนมาพูดคุยและนำเสนอแล้วเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาช่วยให้นักเรียนคิดสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้อยู่ในเชิงคณิตศาสตร์ได้ นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจะใช้ความรู้เรื่องในนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบชิ้นงานของผู้วิจัยยังไม่เรียบร้อยทั้งหมด เช่น ผู้วิจัยควรใช้แผ่นชาร์ตสำหรับลงคะแนนผลการทดสอบในแต่ละครั้ง การทดสอบระดับน้ำตาลในสังขยา ยังไม่มีมาตรฐานที่ดีพออาจส่งผลต่อความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับระดับความหวานที่เหมาะสมในชีวิตจริง หรือผู้วิจัยอาจปรับสถานการณ์ที่เจาะจงไปในเรื่องของการดูแลสุขภาพหรือสังขยาสำหรับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือประเด็นใดประเด็นหนึ่ง อุปกรณ์ของนักเรียนมีความแตกต่างกัน ได้แก่ ลังถึง ถ้วยสำหรับนั่งสังขยา ควรเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเดียวกันทั้ง 4 กลุ่ม มีนักเรียนส่วนน้อยที่ไม่ได้สนใจผลของการทดสอบชิ้นงานเลย โดยในการทดสอบแต่ละครั้งนักเรียนจะไม่ยึดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา สังเกตได้จากการที่นักเรียนที่ใช้อัตราส่วนผสมโดยไม่ยึดจากการคำนวณโดยใช้สัดส่วน เช่น ใส่ส่วนผสมบางตัวเพิ่มลงไปโดยไม่ตรงกับที่ได้คิดไว้เลือกใช้ส่วนผสมตามเดิมทั้งที่ทราบว่าในการทดสอบครั้งก่อนเกิดขึ้นงานปัญหาไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

#### 4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข คือ แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงจรถัดไปมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยก่อนที่นักเรียนจะได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยจะต้องมีการนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยการนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน แล้วจึงนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนเช่นกัน เพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นความสัมพันธ์ของคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตจริง ผู้วิจัยควรจะมีการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอาจใช้คำถาม หรือแบบทดสอบ ควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดเหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้ การใช้คำถามปลายเปิดในการกระตุ้นนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้และยังช่วยให้นักเรียนได้ตีความคณิตศาสตร์กลับไปสู่ชีวิตจริงเมื่อนักเรียนได้เห็นผลการทดสอบชิ้นงาน ดังนั้นผู้วิจัยควรใช้คำถามอยู่เสมอ ผู้วิจัยควรส่งเสริมให้นักเรียนได้ช่วยกันในการทำกิจกรรมอยู่เสมอและจัดเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมสำหรับการทำกิจกรรมของนักเรียน

จากปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นประเด็นได้ดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา พบว่า สถานการณ์ของผู้วิจัยและเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานยังไม่สอดคล้องกันในบางประเด็น ผู้วิจัยควรใช้สถานการณ์ที่มุ่งแก้ปัญหาประเด็นปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างชัดเจน เมื่อนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้วนักเรียนสามารถบอกแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เนื่องจากผู้วิจัยได้ใช้สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่องสัดส่วนผกผัน ซึ่งผู้วิจัยควรวางแผนการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดพื้นฐานอย่างแท้จริง ผู้วิจัยต้องอธิบายให้นักเรียนทุกคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการเข้าไปอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคล หรืออาจให้เพื่อนในกลุ่มช่วยอธิบายให้

เกิดความเข้าใจ การตรวจสอบความเข้าใจโดยการทำแบบทดสอบช่วยให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนคนใดไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยควรทดสอบความเข้าใจของนักเรียนท้ายกิจกรรม เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีความเข้าใจมากน้อยเพียงใด และในกิจกรรมย่อยทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยควรเข้าใจธรรมชาติและบริบทของนักเรียนที่ไม่มี ความคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ควรให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้อุปกรณ์การทดลองก่อนจะลงมือปฏิบัติการทดลอง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนไม่มีการลำดับขั้นตอนในกระบวนการทำงานที่ชัดเจน ขาดรายละเอียด ผู้วิจัยควรให้คำแนะนำกับนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบ การลำดับขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีนักเรียนบางกลุ่มไม่วางแผนการซื้อวัตถุดิบ ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนการแก้ปัญหาที่ซื้อวัตถุดิบไปทำสังขยาควรชี้ให้เห็นว่า ถ้างบประมาณในการซื้ออาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดผู้วิจัยควรกำหนดงบประมาณในการซื้อวัตถุดิบของนักเรียน ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียนให้คิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานอยู่เสมอ

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยควรให้นักเรียนเห็นผลการประเมินในแต่ละครั้งให้ชัดเจน อาจทำได้โดยการใช้กระดาษชาร์ตขนาดใหญ่ ผู้วิจัยควรปรับการทดสอบการวัดระดับของน้ำตาลในสังขยาให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น หรืออาจปรับเกณฑ์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา เช่น ระดับความหวานของสังขยาสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน เป็นต้น พบว่ามีนักเรียนส่วนน้อยที่ไม่ใช่แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนมาแก้ปัญหาซึ่งผู้วิจัยต้องกระตุ้นนักเรียนด้วยการกระตุ้นโดยการเข้าไปซักถาม ใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้คิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เห็นว่า สามารถใช้แนวคิดเรื่องสัดส่วน เข้ามาคำนวณหาปริมาณของส่วนผสมตามสูตรที่นักเรียนกำหนด เพื่อหาว่าจะต้องเพิ่มวัตถุดิบตัวใดเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีหลักการ ผู้วิจัยอาจยกตัวอย่างการคิดให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการคิด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานการนำเสนอชิ้นงานของนักเรียนยังขาดความน่าสนใจ ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น ผู้วิจัยควรให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็นในรูปแบบที่มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เช่นการนำเสนอพร้อมทั้งชิ้นงาน จะช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจและสามารถดำเนินการนำเสนอได้ดีมากยิ่งขึ้น มีนักเรียนส่วนน้อยที่ไม่คิด ไม่

สังเกตผลการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง อธิบายไม่ได้ว่าผลการแก้ปัญหาส่งผลต่อชิ้นงานของนักเรียนอย่างไร ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามที่เป็นคำถามปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดสะท้อนวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนกลับไปสู่ชิ้นงานที่นักเรียนทำขึ้นมาว่า สามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างไร

ตาราง 14 สรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นการระบุปัญหา	การนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาควรเป็นการนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ใกล้ตัว เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน จะช่วยให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจะใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ใดเข้ามาแก้ไขในสถานการณ์ปัญหาได้	-
	สถานการณ์ของผู้วิจัยและเกณฑ์การให้คะแนนชิ้นงานยังไม่สอดคล้องกันในบางประเด็น	ควรใช้สถานการณ์ที่มุ่งแก้ปัญหาประเด็นปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างชัดเจน
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วนผกผัน	ควรวางแผนการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจหลักการพื้นฐานอย่างแท้จริง ควรมีการทดสอบท้ายกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน ผู้วิจัยควรอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือให้เพื่อนในกลุ่มอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มเกิดความเข้าใจ
	นักเรียนที่ไม่มีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ	ควรให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้อุปกรณ์การทดลองก่อนจะลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้เกิดความคุ้นเคย

ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	นักเรียนไม่มีการลำดับขั้นตอนใน กระบวนการทำงานที่ชัดเจน	ควรให้คำแนะนำกับนักเรียน เกี่ยวกับการออกแบบ การลำดับ ขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน
ขั้นวางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	นักเรียนบางกลุ่มไม่วางแผนการซื้อ วัตถุดิบ	- ควรเน้นย้ำให้นักเรียนเห็น ความสำคัญของการวางแผนการแก้ปัญหา ก่อนซื้อ วัตถุดิบ - ควรชี้ให้เห็นว่า ถ้างบประมาณ ในการซื้ออาจไม่สอดคล้อง กับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด - ควรจำกัดงบประมาณในการ ซื้อวัตถุดิบของนักเรียน
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	นักเรียนไม่เห็นผลการทดสอบของ ตนเอง  เกณฑ์การทดสอบอาจไม่สอดคล้อง กับหลักความเป็นจริง	ควรให้นักเรียนเห็นผลการ ประเมินในแต่ละครั้งให้ชัดเจน อาจทำได้โดยการใช้กระดาษ ชาร์ตขนาดใหญ่  ควรปรับการทดสอบการวัด ระดับน้ำตาลในสิ่งขยาให้มี ความสอดคล้องกับสถานการณ์ จริงมากยิ่งขึ้น หรืออาจปรับ เกณฑ์ที่เหมาะสมกับ สถานการณ์ปัญหา

ตาราง 14 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	นักเรียนส่วนน้อยไม่สนใจผลการทดสอบ ชิ้นงาน ปรับปรุงชิ้นงานโดยไม่ใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์มาแก้ปัญหา	ควรถาม กระตุ้นนักเรียนได้ คิด ใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์เข้ามา แก้ปัญหา โดยการให้ คำถามกระตุ้นให้เกิดการ คิดหรืออาจยกตัวอย่าง วิธีการคิดใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้ เข้าใจแล้วปล่อยให้ นักเรียนได้คิดแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง
นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานการนำเสนอ ชิ้นงานของนักเรียนยังขาดความน่าสนใจ ขาดการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้น	ควรให้ผู้เรียนได้นำเสนอ ความคิดเห็นในรูปแบบที่มี ความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น เช่นการนำเสนอพร้อมกับ ชิ้นงาน
	นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสะท้อนผลการใช้ แนวคิดเรื่องสัดส่วนในการแก้ปัญหาได้ โดย สามารถอธิบายได้ว่า การที่นักเรียนใช้ แนวคิดเกี่ยวกับสัดส่วนนั้นส่งผลอย่างไรต่อ สังขยาของนักเรียน ช่วยแก้ปัญหาได้อย่างไร ชิ้นงานมีพัฒนาการดีขึ้นหรือไม่ ทั้งนี้ถ้า ผู้วิจัยไม่ใช้คำถามปลายเปิดจะทำให้ นักเรียนไม่ได้สะท้อนผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์กลับมาสู่ชิ้นงานของนักเรียน	

จากตาราง 14 คือ ตารางสรุปประเด็นปัญหาที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรที่ 3 ในแต่ละขั้นตอน และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่องสัดส่วน ควรมีการทบทวนความรู้เรื่องอัตราส่วนที่เท่ากันให้กับนักเรียน เนื่องจากความเข้าใจเรื่องของอัตราส่วนที่เท่ากัน เป็นพื้นฐานที่สำคัญของการเรียนรู้ ทำความเข้าใจเรื่อง สัดส่วน ซึ่งจะส่งผลถึงการนำสัดส่วนไปแก้ปัญหได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้านแนวคิดคณิตศาสตร์และทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้มากที่สุด อุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับสร้างชิ้นงานของนักเรียนเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพราะถ้าหากอุปกรณ์ไม่เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม หรือกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนอาจส่งผลต่อการเรียนรู้และการดำเนินกิจกรรมใช้เวลานานเกินไป การประเมินชิ้นงานของนักเรียนควรมีส่วนเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันอย่างแท้จริง เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อด้านลบถึงประสบการณ์เดิมที่ดีของนักเรียน ในทุก ๆ ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยจะต้องคอยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหามากที่สุด รวมไปถึงขั้นสุดท้ายของกิจกรรมจะต้องพยายามให้นักเรียนได้ตีความผลการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ว่าส่งผลต่อวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของนักเรียนได้มากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตามแนวคิดศาสตร์

### วงจรถวายปฏิบัติที่ 3 เรื่อง ร้อยละ

จากผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรถวายปฏิบัติที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. **ขั้นการวางแผน (Plan)** ผู้วิจัยได้นำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรถวายปฏิบัติที่ 2 มาปรับ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ร้อยละ เพื่อให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะกระตุ้นนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมและเพื่อให้นักเรียนได้พยายามได้ใช้ความคิดในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา สำหรับในขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีการปรับดังนี้

#### 1.1 ขั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยกระตุ้นให้นักเรียนได้พยายามใช้ความคิดและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าใจสถานการณ์ของปัญหา คอยกระตุ้นการทำกิจกรรม การคิดของนักเรียน ด้วยการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้พยายามคิด เชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหา นำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาโดยใช้การยกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวของนักเรียนแล้วจึงนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา เลือกสถานการณ์ปัญหาที่ไม่ซับซ้อนและมุ่งประเมินประเด็นใดประเด็นหนึ่ง

#### 1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยใส่ใจในการเรียนรู้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยเฉพาะแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันอธิบายให้กับเพื่อนที่ไม่เข้าใจเนื้อหา และผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการทดสอบความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบง่าย ๆ เพียง 2 ข้อโดยให้นักเรียนสามารถถามผู้วิจัยได้ตลอดเวลา เน้นการเข้าไปแนะนำรายบุคคลเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ส่งเสริมให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ของเพื่อน ๆ ในกลุ่มให้ชัดเจนและให้ทำตามบทบาทหน้าที่ของตนเอง เน้นการปรึกษา ส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากอินเทอร์เน็ตโดยคำนึงถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูล แนะนำการสืบค้น แหล่งสืบค้นที่มีประโยชน์ในการเรียนรู้ ให้นักเรียนได้เรียนรู้การใช้อุปกรณ์เบื้องต้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจในการทำกิจกรรม



### 1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนได้ออกแบบการแก้ปัญหาและกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ชัดเจนก่อนที่จะซื้อวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงาน และเน้นย้ำให้นักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบเพื่อให้ชิ้นงานให้ได้ตรงตามเงื่อนไขการทดสอบและการประเมินผล นอกจากนี้ผู้วิจัยแจ้งเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน ผู้วิจัยจะต้องถามเพื่อให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ตลอดกระบวนการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน

### 1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาในการดำเนินการแก้ปัญหาให้นักเรียนทราบให้ชัดเจน เน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการวางแผนการแก้ปัญหาก่อนซื้อวัสดุ ซึ่งให้เห็นว่า ถ้างบประมาณในการซื้ออาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด ควรกำหนดงบประมาณในการซื้อวัสดุของนักเรียน

### 1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

แสดงผลการประเมินในแต่ละครั้งให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจนเพื่อให้นักเรียนสามารถเห็นพัฒนาการ ของการแก้ปัญหาของตนเอง ปรับเกณฑ์การประเมินชิ้นงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น ต้องพยายามให้นักเรียนได้เห็นผลการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องร้อยละ เพื่อเป็นการเห็นว่าแนวคิดเรื่องร้อยละมีความเกี่ยวข้อง ส่งผลต่อชิ้นงานของนักเรียนอย่างไรบ้าง เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง ตรงจุดและใช้แนวคิดเรื่องร้อยละมาปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น

### 1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

กำหนดให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็นในรูปแบบที่มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น มีการระบุถึงปัญหาที่พบ และวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละครั้งของผู้เรียน ต้องพยายามใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ตระหนัก เห็นถึงความสัมพันธ์ว่าผลจากการใช้แนวคิดเรื่องร้อยละส่งผลต่อชิ้นงานนั้นอย่างไร ชิ้นงานสามารถแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละ เวลา 6 ชั่วโมง

### 2.1 ขั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มด้วยการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ผู้วิจัยเริ่มกิจกรรมด้วยการนำเสนอสนทนาเกี่ยวกับงานบ้านที่นักเรียนทำเป็นประจำ เพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน ดังนี้ “นักเรียนคนไหนช่วยคุณพ่อคุณแม่ทำงานบ้านบ้างและทำหน้าที่อะไร” หลังจากนั้นผู้วิจัยนำเสนอสนทนาเกี่ยวกับการล้างจาน ว่า “ขั้นตอนในการล้างจาน มีขั้นตอนอย่างไรบ้าง” ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนตอบได้อย่างหลากหลาย หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถาม “ขณะที่นักเรียนล้างจานนักเรียนเกิดปัญหาอะไรบ้าง” “น้ำยาล้างจานที่ดีต้องเป็นอย่างไร มีคุณสมบัติอย่างไร” ผู้วิจัยอาจถามนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ดังนี้ “ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้ในครัวเรือนของตนเองให้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบต่าง ๆ บนจาน ชาม มีความปลอดภัยและมีราคาถูกที่สุด จำนวน 1 กิโลกรัม โดยมีต้นทุนราคาถูกที่สุด” และให้ผู้เรียนได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนจากการทดสอบ หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามและบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 3 ดังคำถามต่อไปนี้ 1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุ 2. ในการทำน้ำยาล้างจานนักเรียนจะต้องคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง 3. การทำน้ำยาล้างจานจำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือไม่ และใช้ความรู้เรื่องอะไร 4. นักเรียนคิดว่า การทำน้ำยาล้างจานมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อย่างไร

### 2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในกิจกรรมย่อยต่าง ๆ โดยมีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบในการทำงาน ทำกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมดังต่อไปนี้กิจกรรมที่ 1 เรื่องน้ำรั่ว ร้อยละ ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปร้อยละ และการเขียนร้อยละให้อยู่ในรูปอัตราส่วน และฝึกทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ผู้วิจัยทดสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบเรื่องร้อยละ 2 ข้อ กิจกรรมที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลาย ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย โดยกิจกรรมจะเป็นกิจกรรมการทดลองในการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต  $KMnO_4$  เข้มข้น 3.27 กรัม จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นให้นักเรียนเตรียมสารละลายเกลือแกง โดยให้ความเข้มข้นของเกลือแกง ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 30 และให้นักเรียนเปรียบเทียบว่า สารละลายเกลือแกงใดมีความเข้มข้นมากกว่า และสารละลายในบีกเกอร์ใดมีรสเค็มมากกว่า

กิจกรรมที่ 3 เรื่องผลิตภัณฑ์ทำความ ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ใช้สมาร์ทโฟนในการค้นคว้าในหัวข้อ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องครัวของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แล้วให้นักเรียนสรุปเป็นผังความคิด และผู้วิจัยให้นักเรียนช่วยกันค้นหาว่า ปัจจุบันเราใช้อะไรมาทำเป็นน้ำยาล้างจานได้บ้าง ใช้สารเคมีตัวใด เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่

### 2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาสถานการณ์ปัญหาอีกครั้ง ผู้วิจัยแจ้งเกณฑ์การทดสอบ ประเมินผลและการให้คะแนนการทดสอบ แก่นักเรียน จากนั้นให้นักเรียนเริ่มค้นคว้าเกี่ยวกับส่วนประกอบ วัตถุประสงค์ที่ใช้สำหรับทำน้ำยาล้างจาน ผ่าน Smart phone แล้วพิจารณาเลือกสูตรที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วจึงเลือกมาเขียนลงในใบกิจกรรม กระบวนการทำน้ำยาล้างจาน ซึ่งนักเรียนจะต้องระบุส่วนผสมและปริมาณที่ใช้ คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยแยกชนิดของตัวถูกละลาย พร้อมกับเขียนลำดับขั้นตอน การทำน้ำยาล้างจาน ผู้วิจัยพยายามใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน นั่นคือการคำนวณเพื่อหาว่า สูตรที่ใช้วัตถุดิบแต่ละตัวนั้นมีความเข้มข้นร้อยละเท่าไร หรือถ้านักเรียนไม่เข้าใจผู้วิจัยจะต้องเข้าไปอธิบายวิธีการใช้แนวคิดเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดเรื่องร้อยละ

### 2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องเขียนใบสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับทำน้ำยาล้างจาน โดยนักเรียนจะต้องมีการคิดต้นทุนจากใบสั่งซื้อวัตถุดิบ และนักเรียนดำเนินการทำน้ำยาล้างจานตามแผนที่นักเรียนออกแบบไว้ ผู้วิจัยต้องพยายามให้นักเรียนได้เห็นว่ น้ำยาล้างจานที่นักเรียนกำลังทำอยู่มีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องร้อยละ

### 2.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้เมื่อนักเรียนทำน้ำยาล้างจานออกมาแล้ว นักเรียนจะต้องนำมาทดสอบโดยการนำน้ำยาล้างจานที่นักเรียนทำ ปริมาตร 200 กรัม ผสมกับน้ำ 15 ลิตร แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำจานพลาสติกที่มีคราบของ น้ำมันพืช ซอสมะเขือเทศ ครีมขนมเค้ก มาจุ่มทั้งหมดชนิดละ 5 ครั้ง แล้วจุ่มน้ำเปล่าอีก 2 ถึง 5 ครั้งเช่นกัน จากนั้นตรวจสอบความสะอาดตามเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนสังเกตผลการทดสอบและนำมาปรับปรุงชิ้นงานในครั้งต่อไป ผู้วิจัยต้องถามคำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักเห็นผลจากการเลือกใช้ความเข้มข้นของสารละลายของวัตถุดิบแต่ละตัวส่งผลอย่างไรต่อชิ้นงานในการทดสอบในแต่ละครั้ง เพื่อให้นักเรียน

มองเห็นแนวทางในการปรับปรุงน้ำยาล้างจาน และใช้แนวคิดในเรื่องร้อยละในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น

## 2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยจะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยให้มีความน่าสนใจ เข้าใจได้ง่าย โดยออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยแต่ละกลุ่มจะมีเวลาในการนำเสนอ 10 นาที ควรพยายามให้นักเรียนได้ตระหนักถึงผลจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ว่าช่วยให้นักเรียนแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างไรบ้าง เพื่อเป็นการสะท้อนวิธีการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับไปสู่ชีวิตจริงนั่นคือการสร้างออกมาเป็นน้ำยาล้างจานของนักเรียนนั่นเอง

3. ชั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง สัดสวน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้บันทึกผลการสังเกตลงในใบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเก็บรวบรวมจากใบกิจกรรม โดยมีประเด็นดังนี้

### 3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย พบว่า ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดการบูรณาการความรู้หลายสาขาวิชาไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับร้อยละมาคำนวณหาของความเข้มข้นของสารละลายในวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และนำไปใช้ในการสร้างและพัฒนา น้ำยาล้างจานที่มีความเข้มข้นที่สามารถขจัดคราบต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนตระหนักถึงความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาความเข้มข้นของตัวถูกละลายแต่ละตัว สังเกตได้จาก ใบกิจกรรมของนักเรียนที่มีการระบุการลดตัวถูกละลายบางตัว เพื่อให้เกิดความเข้มข้นที่สูงขึ้น และจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยมีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องร้อยละ เข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ได้อย่างเหมาะสม ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน และนอกจากนี้ในการทดสอบชิ้นงานนักเรียนได้เห็นผลของการสร้างชิ้นงานของตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมโยงว่า คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับวิถีชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าผู้วิจัยสามารถถ่ายทอดความรู้ในหลายสาขาวิชาให้นักเรียนนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ นักเรียน

สามารถคิด ใช้แนวคิดที่เกี่ยวกับร้อยละมาสร้างน้ำยาล้างจานได้อย่างเหมาะสม ตระหนักเห็นผล การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ว่าส่งผลต่อชิ้นงานอย่างไร และนำมาปรับปรุงให้ชิ้นงานดีขึ้น

### 3.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยสามารถพิจารณาปัญหา และอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นขั้นตอน ดังนี้

#### 3.2.1 ชั้นระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มด้วยการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ผู้วิจัย เริ่มกิจกรรมด้วยการนำเสนอเกี่ยวกับงานบ้านที่นักเรียนทำเป็นประจำ เพื่อกระตุ้นความคิดของ นักเรียน ดังนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนคนไหนช่วยคุณพ่อคุณแม่ทำงานบ้านบ้างและทำ หน้าที่อะไร

นักเรียน : ช่วยค่ะ/ครับ (เสียงนักเรียนพูดพร้อมกัน)

นักเรียน : กวาดบ้าน ถูบ้าน ซักผ้า ล้างจาน กรอกน้ำ ฯลฯ (นักเรียน แย่งกันตอบ)

ผู้วิจัย : ขั้นตอนในการล้างจาน ต้องทำอะไรบ้าง(ให้ตัวแทนแต่ละ กลุ่มตอบ)

นักเรียนกลุ่มที่ 1 : เทเศษอาหารทิ้ง ผสมน้ำเปล่ากับน้ำยาล้างจานกับ น้ำเปล่า ใช้ฟองน้ำถูลงไปบนจานให้ทั่ว ล้างน้ำเปล่าสองน้ำ ตากให้แห้ง ค่ะ

นักเรียนกลุ่มที่ 2 : เอาจานแช่น้ำทิ้งไว้เพื่อไม่ให้มีเศษอาหารเกาะ เอา ฟองน้ำชุบน้ำให้เปียกแล้วใช้น้ำลาล้างจานลงบนฟองน้ำ บีบให้เกิดฟอง ใช้ฟองน้ำถูลงไปบนจานให้ ทั่ว ล้างน้ำเปล่า ค่ะ

นักเรียนกลุ่มที่ 3 : เหมือนกลุ่มที่ 1 เลยค่ะ

นักเรียนกลุ่มที่ 4 : ที่บ้านหนูจะแช่จานไว้ในกะละมังค่ะ กลับไปบ้าน ก็จะไปเทน้ำที่แช่ไว้ออก ผสมน้ำยาล้างจานกับน้ำเปล่าให้พอดี ใส่น้ำยาล้างจานลงในน้ำ ตีให้เกิด ฟอง ใช้ฟองน้ำชุบแล้วเอาไปถูจานให้ทั่ว แล้วล้างน้ำเปล่าในกะละมังสองน้ำแล้วก็ตากแดดค่ะ

ผู้วิจัย : เวล่านักเรียนล้างจาน นักเรียนเกิดปัญหาอะไรบ้าง

นักเรียนกลุ่ม 1 : คราบมัน ๆ เช่น ขนมหัดก จานเปื้อนน้ำมันมันล้างไม่ ค่อยออกค่ะ ต้องใช้น้ำยาล้างจานเยอะ ๆ

นักเรียนกลุ่ม 2 : คราบอาหารแห้งติดตามค้ะ ล้างไม่ออก

นักเรียนกลุ่ม 3 : หม้อข้าวที่มีข้าวแห้งติดกันหม้อค้ะ ล้างไม่ออก

นักเรียนกลุ่ม 4 : มีปัญหาคือบางครั้งน้ำยาล้างจานมันต้องใช้เยอะ ๆ ครับ เพราะมันไม่มีฟอง ล้างแล้วก็ยังเหม็นยุครับ

(เพียบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 21 กุมภาพันธ์ 2563)

จากบทสนทนาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนและทำกิจกรรม ผู้วิจัยจึงนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ดังนี้ “ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้ในครัวเรือนของตนเอง ให้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบต่าง ๆ บนจาน ชาม มีความปลอดภัยและมีราคาถูกที่สุด จำนวน 1 กิโลกรัม และมีราคาถูกที่สุด” ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนต่อไปนี้ ดังนี้ นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุลงในใบกิจกรรมที่ 3 จากการตรวจใบกิจกรรมนักเรียนสามารถร่วมกันระบุปัญหาได้ ดังภาพ 39

1. นักเรียนคิดว่าปัญหาของสถานการณ์นี้คืออะไร จงระบุ

น้ำยาล้างจานในท้องตลาดมีราคาแพงและได้ปริมาณน้อย น้ำยาล้างจานในท้องตลาดอาจจะไม่ปลอดภัย เราจึงต้องทำน้ำยาล้างจานใช้เองเพื่อให้ปลอดภัยและมีราคาถูก

ภาพ 39 แสดงตัวอย่างการระบุปัญหา ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากภาพ 39 การระบุสถานการณ์ปัญหาของนักเรียนจากใบกิจกรรมโดยนักเรียนระบุว่า น้ำยาล้างจานในท้องตลาดมีราคาแพง และได้ปริมาณน้อย น้ำยาล้างจานในท้องตลาดอาจไม่ปลอดภัย เราอาจต้องทำน้ำยาล้างจานใช้เองเพื่อให้ปลอดภัยและมีราคาถูก แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง

### 3.2.2 ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมเอาแนวคิด ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้วิจัยเน้นย้ำให้นักเรียนแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมในขั้นนี้ ให้ชัดเจน นักเรียนทุกคนจะต้องได้ปฏิบัติกิจกรรม โดยนักเรียนจะได้ทำกิจกรรมดังนี้ กิจกรรมที่ 1 เรื่องนำรู้คู่ ร้อยละ ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปร้อยละ และการเขียนร้อยละให้อยู่ในรูปอัตราส่วน และฝึกทำแบบฝึกหัดเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ ก่อนที่นักเรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาของร้อยละ ผู้วิจัยมีการ ทบทวนเรื่องของอัตราส่วน และสัดส่วน โดยการยกตัวอย่างและให้นักเรียนช่วยกันคิดวิเคราะห์ไป พร้อมกัน เริ่มตั้งแต่ การหาอัตราส่วนที่เท่ากัน สัดส่วนตรง และสัดส่วนผกผัน จากนั้นผู้วิจัยจึงเข้าสู่ เนื้อหาของร้อยละ ได้แก่ การเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปร้อยละ การเขียนร้อยละให้อยู่ในรูป อัตราส่วน และโจทย์ปัญหาร้อยละ ซึ่งจะต้องใช้ความรู้เรื่องของอัตราส่วน สัดส่วน มาประยุกต์ใช้ ต่อจากนั้นนักเรียนทดลองทำแบบฝึกหัด ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ที่คอยให้คำปรึกษานักเรียนแต่ละกลุ่ม ปรากฏว่ามีนักเรียนส่วนน้อยมากที่ไม่เข้าใจโดยไม่สามารถทำแบบทดสอบได้ ซึ่งผู้วิจัยและเพื่อนใน กลุ่มช่วยอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มได้เข้าใจแนวคิดเรื่องร้อยละ และผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียนเหล่านั้นโดยการใช้คำถามปรากฏว่า มีความเข้าใจมากขึ้น จากการสังเกตพฤติกรรม นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน นักเรียนแบ่งกันทำแบบฝึกหัดและนำมาอธิบายให้กับ เพื่อนในกลุ่ม เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดเสร็จแล้ว ครูทำการเฉลยหน้าชั้นเรียนและนักเรียนแต่ละ กลุ่มตรวจสอบความถูกต้องไปพร้อมกัน กิจกรรมที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลาย ก่อนที่จะไป ปฏิบัติกิจกรรมผู้วิจัยมีการแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ ผ่านการเปิดวิดีโอค้น จาก <https://www.youtube.com/watch?v=aGIV83eKJ9s> ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ศึกษา เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารละลาย โดยกิจกรรมจะเป็นกิจกรรมการทดลองในการเตรียม สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต  $KMnO_4$  เข้มข้น 3.27 กรัม จำนวน 100 ลูกบาศก์ เซนติเมตร แต่เนื่องจากไม่มีขวดวัดปริมาตรและหลอดหยด ผู้วิจัยจึงใช้บีกเกอร์แทน แต่ยังใช้ กระบวนการเดิม ซึ่งนักเรียนก็สามารถเตรียมสารละลายได้เช่นเดียวกัน จากการสังเกตการทำ กิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความตื่นตัวกับการละลายของต่างทบทิมในน้ำเป็นอย่างมาก และนักเรียนมีความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์มากยิ่งขึ้น ดังภาพ 40



ภาพ 40 นักเรียนเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

จากนั้นให้นักเรียนเตรียมสารละลายเกลือแกง โดยให้ความเข้มข้นของเกลือแกง ร้อยละ 10 และ ร้อยละ 30 เมื่อนักเรียนเตรียมสารละลายเกลือแกงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 และร้อยละ 30 เสร็จ ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นความคิดของนักเรียนดังนี้

ผู้วิจัย : สารละลายเกลือแกงไหนมีความเค็มมากกว่า

นักเรียน : สารละลายเกลือแกงที่มีความเข้มข้นร้อยละ 30 มีความเค็มมากกว่า

ผู้วิจัย : มันเข้มข้นมากกว่านะสิครูขา(นักเรียนทำเสียงล้อเล่นและหัวเราะ แฮ่ ๆ)

(นักเรียนกลุ่มที่ 2, เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้7 กุมภาพันธ์ 2563)



ภาพ 41 แสดงการเตรียมสารละลายเกลือแกงของนักเรียน



กิจกรรมที่ 3 เรื่องผลิตภัณฑ์ทำความ ปกติทางโรงเรียนอนุญาตให้นักเรียนสามารถนำมาร์ทโฟนมาโรงเรียนได้ทุกคนเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล ในกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้ใช้สมาร์ทโฟนในการค้นคว้าในหัวข้อ ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดเครื่องครัวของมนุษย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แล้วให้นักเรียนสรุปเป็นผังความคิด และผู้วิจัยให้นักเรียนช่วยกันค้นหาว่า ปัจจุบันเราใช้อะไรมาทำเป็นน้ำยาล้างจานได้บ้าง ใช้สารเคมีตัวใด เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่ นักเรียนสามารถระบุได้ว่า สารที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น น้ำด่างซี้เต้า กรดมะนาว มะกรูด และน้ำร้อนสามารถนำมาใช้ทำความสะอาดจาน ชามได้ และยังสามารถบอกได้อีกว่า วัสดุที่ใช้ขัด ถู ในอดีตนั้นคือ กาบมะพร้าว จากการสังเกตของผู้วิจัย นักเรียนได้มีการช่วยกันค้นคว้าหาข้อมูล แบ่งหน้าที่กันและปรึกษากันเรื่องความเหมาะสมของข้อมูล ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการตัดสินใจในการใช้ข้อมูลเหล่านั้น

เมื่อผู้วิจัยได้สัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการถึงการเลือกใช้ข้อมูล การแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูล พบว่า นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันทำงาน แบ่งหน้าที่การค้นหาคนละหัวข้อ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ

ผู้วิจัย : นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างไร

นักเรียนคนที่ 1 : งานนี้จะต้องมีคนคอยเขียนสรุป 1 คน แล้วพวกหนูอีกหาข้อมูลคนละแบบค่ะ

ผู้วิจัย : คนไหนหาข้อมูลหัวข้ออะไรบ้าง

นักเรียนคนที่ 1 : คนที่ 1 หากการใช้น้ำด่างซี้เต้าในการล้างจานเมื่อก่อน คนที่ 2 หาข้อมูลการนำเอาน้ำมะนาว น้ำมะกรูดมาใช้ คนที่ 3 หาข้อมูลการเอาวัสดุที่มีในธรรมชาติมาใช้เป็นอุปกรณ์ล้างจานค่ะ แล้วสรุปในกระดาษของตัวเอง

ผู้วิจัย : เมื่อได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนเอามาทำอย่างไรต่อ

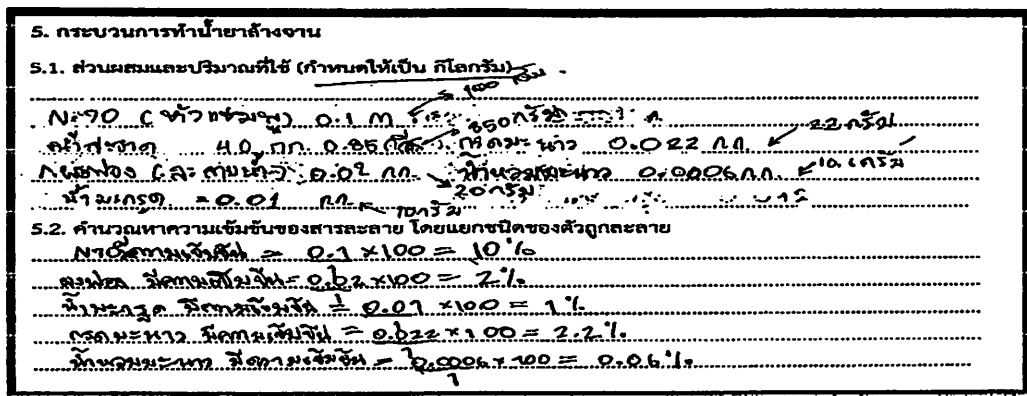
นักเรียนคนที่ 2 : เอาข้อมูลมารวมกันครับ แล้วก็ช่วยกันคิดว่า ข้อมูลที่ได้มานี้เชื่อถือได้ไหม มาจากเว็บไซต์ไหน และเพื่อน ๆ ในกลุ่มตกลง เห็นชอบใช้ข้อมูลนี้ไหมครับ

(นักเรียนกลุ่มที่ 4, ผู้ให้สัมภาษณ์, 21 กุมภาพันธ์ 2563)

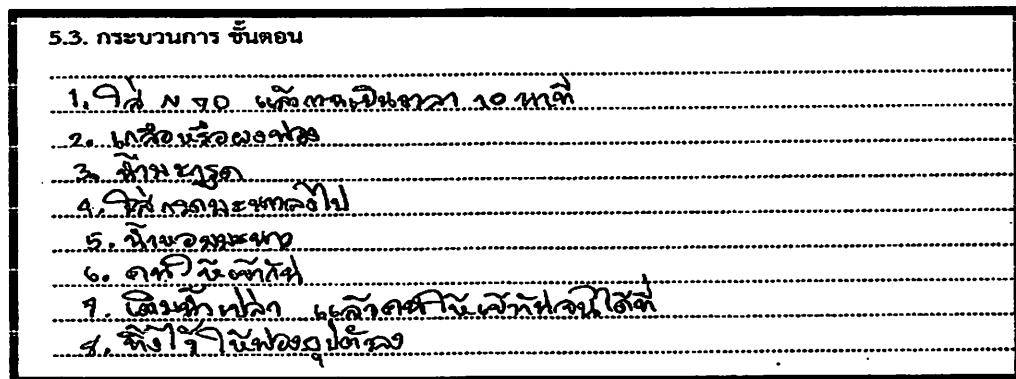
### 3.2.3 ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดเกี่ยวกับร้อยละในการนำมาออกแบบการทำน้ำยาล้างจาน นั่นคือ การนำมาคิด คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละ

คำถาม : "นักเรียนจะใช้แนวคิดเรื่องร้อยละมาใช้ในการหาความเข้มข้นของสารละลายได้อย่างไร" โดยนักเรียนทุกกลุ่มวางแผนการสร้างชิ้นงาน โดยมีการกำหนด ส่วนผสม และปริมาณที่ใช้ พร้อมกับคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยแยกชนิดของตัวถูกละลาย เพื่อให้ทราบถึงความเข้มข้นของสารแต่ละชนิด และเขียนลำดับขั้นตอนการ ขั้นตอนให้ชัดเจน หลังจากนั้นนักเรียนจึงเขียนใบสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับทำน้ำยาล้างจาน ดังภาพ 42



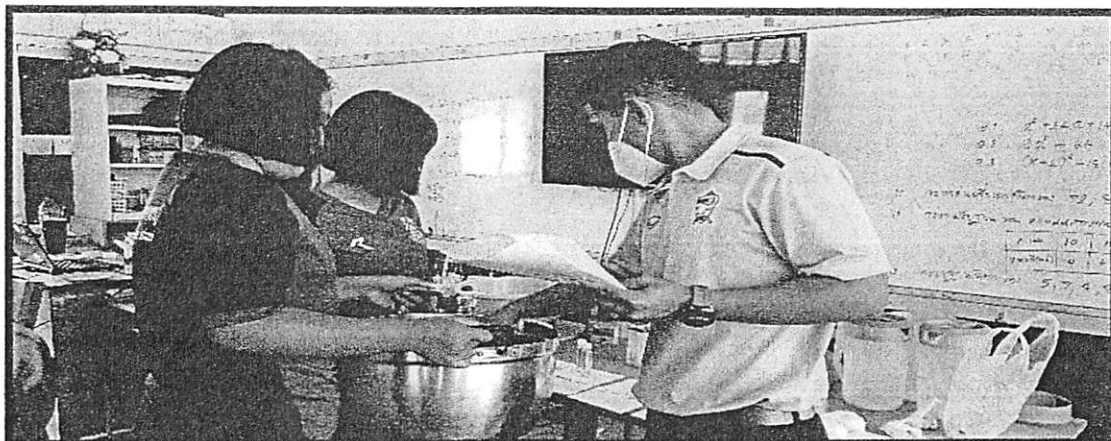
ภาพ 42 แสดงตัวอย่างการออกแบบกระบวนการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียนกลุ่มที่ 4



ภาพ 43 แสดงตัวอย่างการออกแบบกระบวนการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียนกลุ่มที่ 4

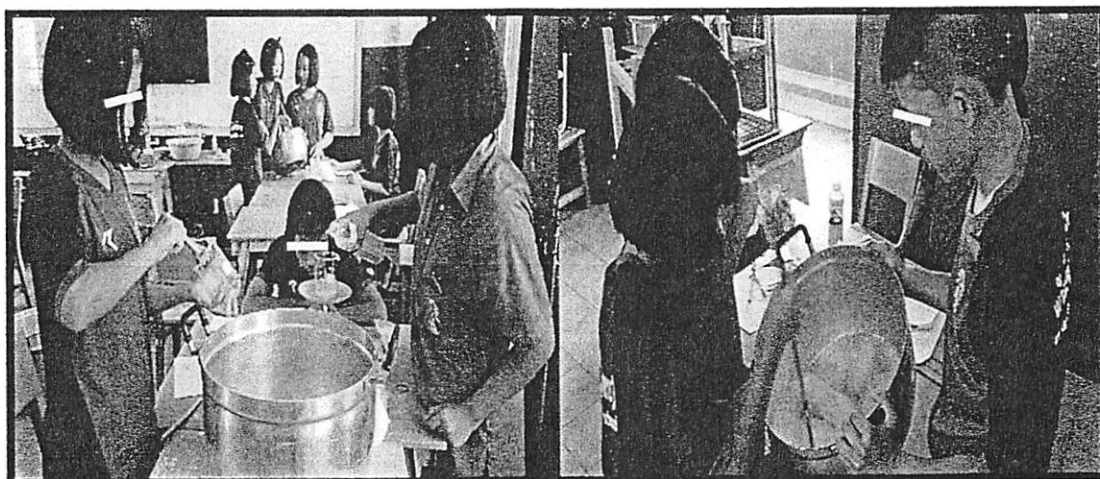
3.2.4 ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนทุกกลุ่มดำเนินการทำน้ำยาล้างจานตามวิธีการ ขั้นตอนที่นักเรียนได้วางแผนเอาไว้ ในขั้นตอนนี้จะต้องนำเอาใบสั่งซื้อวัตถุดิบมาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบกับผู้จ่ายก่อน แล้วจึงกลับไปดำเนินการทำน้ำยาล้างจานของตนเอง ดังภาพ 44



ภาพ 44 แสดงกิจกรรมการซื้อวัตถุดิบสำหรับการทำสังขยา

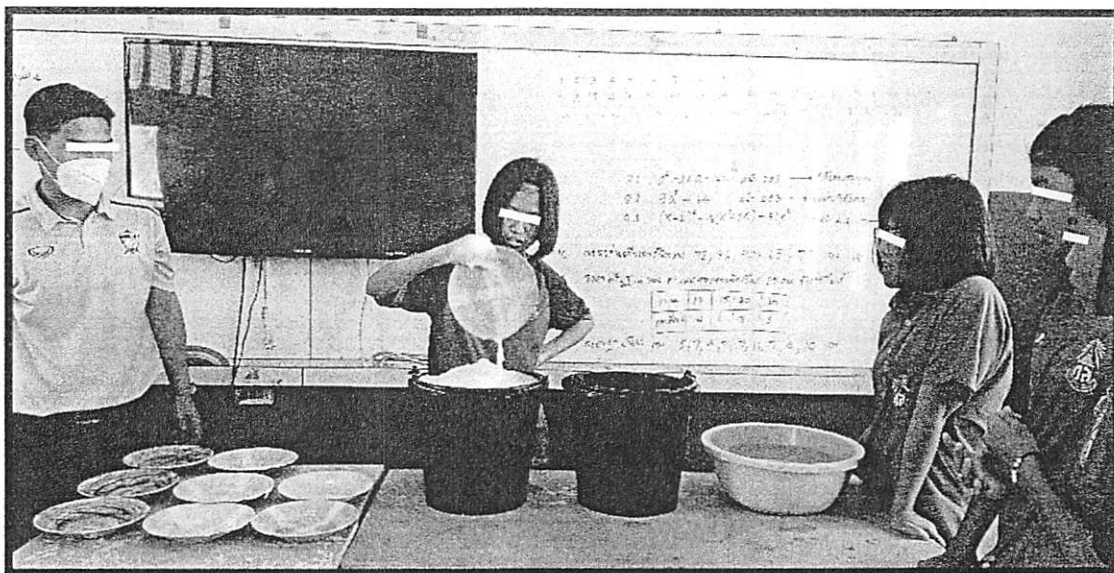
เมื่อนักเรียนดำเนินการทำน้ำยาล้างจาน นักเรียนทุกกลุ่มสามารถดำเนินการได้เสร็จตามเวลาที่กำหนด จากการสังเกตของผู้วิจัย นักเรียนมีความสุขในการทำกิจกรรม สามารถสังเกตจากภาพการทำกิจกรรมของนักเรียน ดังภาพ 45



ภาพ 45 แสดงการทำน้ำยาล้างจานของนักเรียน

### 3.1.5 ชั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

นักเรียนทุกกลุ่มสามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และยิ่งไปกว่านั้น นักเรียนทุกคนให้ความสนใจการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตัวเองและเพื่อน เนื่องจากนักเรียนอยากทราบถึงประสิทธิภาพของน้ำยาล้างจานตนเอง ดังภาพ 46



ภาพ 46 แสดงการทดสอบน้ำยาล้างจานของนักเรียน

หลังจากที่นักเรียนได้ทดสอบน้ำยาล้างจานของกลุ่มตนเองเสร็จแล้ว นักเรียนจะได้สังเกตเห็นว่า น้ำยาล้างจานของตนเองมีประสิทธิภาพสามารถขจัดคราบที่สถานการณ์กำหนดให้ได้หรือไม่ นักเรียนจะมีการบันทึกผลการทดสอบของน้ำยาล้างจานที่นักเรียนสร้างขึ้น สามารถสะท้อนออกมาได้ว่า การกำหนดให้สารละลายแต่ละตัวโดยคำนึงถึงความเข้มข้นของสารละลายตัวนั้นส่งผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพของน้ำยาล้างจาน ซึ่งเป็นการสะท้อนการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์กลับมาที่ชีวิตจริงอย่างชัดเจน หลังจากนั้นนักเรียนจะต้องกลับมาปรับปรุงน้ำยาล้างจานของกลุ่มตนเองให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยนักเรียนจะต้องมาคำนวณหาปริมาณและความเข้มข้นของสารแต่ละตัว และทำน้ำยาล้างจานขึ้นใหม่และนำมาทดสอบครั้งที่สอง จากการตรวจใบกิจกรรมนักเรียนมีการปรับลดปริมาณส่วนผสมบางตัว และนำไปเพิ่มให้กับส่วนผสมตัวอื่น เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารนั้น ดังตัวอย่างภาพใบกิจกรรมของนักเรียนดังนี้

**6. การดำเนินการทดสอบ**

**การทดสอบครั้งที่ 1**

6.1 ข้อค้นพบและสิ่งที่ต้องปรับปรุงจากการทดสอบครั้งที่ 1

6.1.1 ข้อค้นพบ  
(N 40) ไข่ทะเลทราย และความเข้มข้นของ (LAS) ไม่ค่อยเข้มข้น จึง ไข่ และไข่ไม่สามารถ  
ล้าง ด้วยแก้ว 1000 กซีที่สะอาด

6.1.2 สิ่งที่ต้องปรับปรุง  
ตัวอย่างตัวไร้น้ำ (N 40) ไข่ทะเลทราย และเพิ่มความเข้มข้นของไข่ทราย (LAS)  
ให้มากขึ้น

6.1.3 นักเรียนมีการปรับปรุงอย่างไร เพิ่มเติมวัตถุดิบตัวใด จำนวนเท่าไร(กิโลกรัม)  
ในกระบวนการปรับปรุงนักเรียนมีการคำนวณเพื่อหาปริมาณของตัวถูกละลายหรือไม่ คำนวณอย่างไร จงแสดง

เพิ่มความเข้มข้นของ LAS ~~4g~~ + เพิ่ม LAS 4g. 601 ตัวแล้ว 100g 2g.  
และ ผสมน้ำรวม 2 ผ. 2.

6.1.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยแยกชนิดของตัวถูก  
ละลาย เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารละลาย

ตัวไร้น้ำ N 40 =  $0.077 \times 100 = 7.7\%$

น้ำตกวัน LAS 50 =  $0.045 \times 100 = 4.5\%$

เกลือ =  $0.041 \times 100 = 4.1\%$

น้ำรวม 1 =  $0.077 \times 100 = 7.7\%$

ภาพ 47 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

ผลจากการทดลองพบว่า นักเรียนสามารถสร้างและปรับปรุงน้ำยาล้างจานออกมามี  
ประสิทธิภาพ สูงขึ้นจากเดิม โดยสามารถทำความสะอาดคราบทั้งสามชนิดได้ดีขึ้นกว่าการทดสอบ  
ในครั้งที่ 1 โดยผลการทดสอบเป็นดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงผลการทดสอบน้ำยาล้างจานที่นักเรียนสร้างและปรับปรุง

กลุ่มที่	น้ำมันพืช		ครีมเค้ก		ซอสมะเขือเทศ		รวมคะแนน	
	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	75%	100%	25%	100%	75%	100%	175%	300%
2	50%	75%	75%	75%	50%	75%	175%	225%
3	50%	75%	25%	75%	75%	100%	150%	250%
4	50%	75%	75%	75%	75%	100%	200%	250%

### 3.1.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

นักเรียนทุกกลุ่มมีการนำเสนอผลการทำกิจกรรมได้อย่างน่าสนใจยิ่งขึ้น ด้วยการนำน้ำยาล้างจานกลุ่มที่ตนเองทำขึ้นบรรจุใส่ขวดแล้วนำออกมาแนะนำและพูดนำเสนอด้วยถ้อยคำที่เป็นตนเอง โดยไม่ต้องอ่านใบกิจกรรม มีการอธิบายไปพร้อมกับผลการทดสอบที่ติดอยู่หน้าห้อง นอกจากนี้ยังสามารถตอบคำถามที่เพื่อนสงสัย แสดงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความเข้าใจกับเพื่อนอย่างสนุกสนาน หลังจากการนำเสนอเสร็จสิ้น ผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนเกิดการตีความการใช้แนวคิดเรื่องร้อยละในการสร้างน้ำยาล้างจานของนักเรียน โดยนักเรียนทุกกลุ่มสามารถบอกได้ในทำนองเดียวกันคือ การกำหนดความเข้มข้นของสารละลายช่วยให้ทราบความเข้มข้นของสารละลายว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการชำระล้างของน้ำยาล้างจาน ถ้าสารบางตัวมีความเข้มข้นน้อยน้ำยาล้างจานก็จะทำความสะอาดได้ไม่ดี ทำให้ทราบว่า จะเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายตัวใดเพื่อให้น้ำยาล้างจานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ปัญหาของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ ความซุกซนของกิจกรรม และการถกเถียงกันของนักเรียน เนื่องจากเป็นกิจกรรมกลุ่ม มีการปรึกษาหารือ การถกเถียงจึงเป็นเรื่องธรรมดา และการเตรียมอุปกรณ์ของผู้วิจัยเป็นสิ่งสำคัญ ผู้วิจัยสามารถเตรียมอุปกรณ์ให้นักเรียนได้เพียงพอต่อการใช้งาน และการใช้คำถามปลายเปิดของผู้วิจัยในทุกขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการคิดมองเห็นคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในกิจกรรมหรือในสถานการณ์ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถใช้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับร้อยละมาสร้างชิ้นงาน มาแก้ปัญหา และเพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ส่งผลอย่างไรต่อชิ้นงานเมื่อนักเรียนได้ทดสอบชิ้นงาน

**แบบสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยและของผู้ร่วมสังเกต ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้**

ขั้นระบุปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถบอกได้ว่า จะใช้ความรู้เรื่องใดในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด เนื่องจากผู้วิจัยมีการนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาและกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน นักเรียนแต่ละกลุ่มได้แบ่งหน้าที่กันศึกษา สามารถช่วยกันศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันได้ตรงประเด็นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีการปรึกษาหารือกันในกลุ่มและสามารถระบุปัญหาได้ รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มีการแบ่งหน้าที่กันในการค้นหาค้นคว้าข้อมูล ปรึกษาการเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งที่น่าเชื่อถือกับเพื่อนในกลุ่ม เมื่อเสร็จกิจกรรมแนวคิดเรื่องร้อยละผู้วิจัยใช้แบบทดสอบเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน ปรากฏว่ามีนักเรียนไม่เข้าใจซึ่งมีการอธิบายให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และมีนักเรียนในแต่ละกลุ่มอธิบายแนวคิดเรื่องร้อยละให้กับเพื่อนในกลุ่มที่ไม่เข้าใจ

ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนร่วมกันออกแบบสูตรการทำน้ำยาล้างจานและช่วยกันคิดคำนวณ มีการใช้เครื่องคำนวณในการหาความเข้มข้นของสารละลายโดยใช้ความรู้เรื่องร้อยละ มีการกำหนดขั้นตอนการทำน้ำยาล้างจานไว้ชัดเจน เป็นขั้นเป็นตอน วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนมีการใช้อวัสดุอุปกรณ์ได้เพียงพอกับการสร้างชิ้นงาน และสามารถสร้างชิ้นงานตามระยะเวลาที่กำหนด สำหรับการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พบว่า นักเรียนสามารถทำน้ำยาล้างจานออกมาได้ตรงตามที่สถานการณ์และเกณฑ์การทดสอบกำหนด นักเรียนสามารถมองเห็นข้อเสียและรู้ว่าควรปรับปรุงชิ้นงานด้วยการปรับความเข้มข้นของสารในน้ำยาล้างจานบางตัวและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ สำหรับการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พบว่า นักเรียนมีการนำเสนอชิ้นงานของตนเองได้อย่างน่าสนใจ มีการนำชิ้นงานของตนเองมาอธิบายไปพร้อมกับผลการทดสอบ นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเองและสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันกับเพื่อนอย่างสนุกสนาน นักเรียนสามารถสะท้อนผลการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับร้อยละออกมาได้ และเห็นว่าจากการใช้แนวคิดเรื่องร้อยละเข้ามาแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงาน ช่วยให้ชิ้นงานนั้นดีขึ้นได้มากน้อยเพียงใด และเห็นว่า จะปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างไร

ตาราง 16 สรุปแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้น  
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นการระบุปัญหา	- การนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาด้วยการยกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนและการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวหรือชีวิตประจำวันของนักเรียนจะช่วยให้ นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่าจะนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใดเข้ามาแก้ไขสถานการณ์ของปัญหาที่กำหนด	-
	- การใช้คำถามปลายเปิดของผู้วิจัยเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์และเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตจริง	-
ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	- นักเรียนในกลุ่มสามารถช่วยกันอธิบายให้เพื่อนในกลุ่มเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้	-
	-ผู้วิจัยควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดต่าง ๆ โดยเฉพาะแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพราะการเข้าใจแนวคิดจะส่งผลต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียน	-
ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	- ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานอยู่ตลอดเวลา โดยใช้คำถามปลายเปิด	-



ตาราง 16 (ต่อ)

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นวางแผนและ ดำเนินการ แก้ปัญหา	- ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึง ความสำคัญของการใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงาน ควรให้เห็นว่า ชิ้นงานที่นักเรียนกำลังสร้างมีความสัมพันธ์กับ แนวคิดทางคณิตศาสตร์	-
ขั้นทดสอบ ประเมินผลและ ปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	- ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้น ความคิดของนักเรียน ให้นักเรียนได้สังเกตผล การทดสอบชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ อย่างไร การใช้แนวคิดในการสร้างชิ้นงานแต่ ละครั้งทำให้ชิ้นงานออกมาเป็นอย่างไร เพื่อ นำไปสู่การปรับปรุงชิ้นงาน	-
นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	- ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้นนักเรียนให้สะท้อน ตีความว่า การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ใน การสร้างชิ้นงานออกมาส่งผลต่อชิ้นงาน อย่างไร สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ กำหนดได้มากน้อยเพียงใด	-

### สรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้

เมื่อผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ จากนั้นทำการเก็บข้อมูลและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้กับผู้ร่วมการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากเครื่องมือ แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ได้ดังต่อไปนี้

#### 1. ชั้นการระบุปัญหา

ก่อนการนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยควรมีการนำนักเรียนสนทนาหรือพูดคุยในประเด็นที่น่าสนใจ อาจยกสถานการณ์มาร่วมกันพูดคุย นำเสนอเป็นวิถีทัศน์โดยจะต้องพยายามใช้คำถามปลายเปิดร่วมด้วยเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน จากนั้นจึงนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา โดยสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย เช่นสถานการณ์ในครอบครัว ชุมชน จะช่วยให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหาได้และไม่มีความซับซ้อนมากเกินไป มุ่งแก้ไขปัญหในประเด็นใดประเด็นหนึ่ง

#### 2. ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องพยายามให้นักเรียนทุกคนได้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ถ้ามีกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมทดลองควรให้นักเรียนได้เรียนรู้ และคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ สำหรับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ควรตรวจสอบความเข้าใจดังกล่าวด้วยการซักถามหรือใช้แบบทดสอบ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการแก้ไข อาจใช้การอธิบายซ้ำ การสาธิต การยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจ เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

#### 3. ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ใช้ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาโดยใช้คำถามปลายเปิดซักถามนักเรียน ควรเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานให้ละเอียดหรือมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจน

#### 4. ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องกำหนดระยะเวลาในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนให้ชัดเจน เน้นย้ำให้เห็นความสำคัญของการซื้อของเพื่อมาทำชิ้นงานว่าสอดคล้องกับเงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหา กำหนดหรือไม่ ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นถึงความสัมพันธ์ของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงานควรให้คิดได้ว่าชิ้นงานที่นักเรียนกำลังสร้างมีความสัมพันธ์กับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดชักถามนักเรียนอยู่เสมอระหว่างการทำกิจกรรม

#### 5. ชั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละครั้งควรมีการแสดงผลการทดสอบโดยอาจทำตารางสรุปหน้าชั้นเรียน ชิ้นงานให้นักเรียนสามารถเห็นได้ชัดเจน ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้สังเกตผลการทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีผลออกมาอย่างไร โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดให้เกิดการคิดหรืออาจยกตัวอย่างวิธีการคิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้เข้าใจแล้วปล่อยให้ให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหา ปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ควรให้นักเรียนได้คิดและเข้าใจว่า ผลการทดสอบชิ้นงานเป็นผลมาจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ เห็นแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง

#### 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหานักเรียนที่สร้างสรรค์ ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวสำหรับนำเสนอชิ้นงาน และหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้สะท้อนหรือตีความเกี่ยวกับ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานนั้นส่งผลอย่างไรต่อการแก้ปัญหา หรือต่อชิ้นงาน มากน้อยเพียงใด ช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดหรือไม่อย่างไร

ตาราง 17 แสดงผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการและแนวทางการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดสวนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นตอน การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นระบุ ปัญหา	ปรับเปลี่ยนกิจกรรม จากการสนทนา ถาม และตอบ เป็นการเปิด วิถีทัศน์เพื่อให้นักเรียน ได้เข้าใจสถานการณ์ที่ ใกล้ตัวนักเรียน เช่น ใช้ วิถีทัศน์เกี่ยวกับการขับ รถที่แสดงถึงการเปลี่ยน เกียร์ ควรอธิบายหรือ ยกตัวอย่างให้เกิดความ เข้าใจในการระบุปัญหา	การนำเข้าสู่ สถานการณ์ปัญหาควร เป็นการนำนักเรียน สนทนาเกี่ยวกับ สถานการณ์ที่ใกล้ตัว เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวันของ นักเรียน จะช่วยให้ นักเรียนสามารถบอกได้ ว่าจะใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ใดเข้ามา แก้ไขในสถานการณ์	การนำเข้าสู่สถานการณ์ ปัญหาด้วยการยก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง กับชีวิตประจำวันของ นักเรียนและการกำหนด สถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ ตัวหรือชีวิตประจำวัน ของนักเรียนจะช่วยให้ นักเรียนเห็น ความสัมพันธ์ของ แนวคิดทาง	ก่อนการนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยควรมี การนำนักเรียนสนทนาหรือพูดคุยในประเด็นที่น่าสนใจ อาจยกสถานการณ์มาร่วมกันพูดคุย นำเสนอเป็นวิถี ทัศน์โดยจะต้องพยายามใช้คำถามปลายเปิดร่วมด้วย เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน จากนั้นจึงนำ นักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา โดยสถานการณ์ ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มี ความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือเป็นสถานการณ์ใน ชีวิตประจำวันของนักเรียน

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด กิจกรรมการ เรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นระบุปัญหา (ต่อ)	ปัญหาได้ควรรู้ สถานการณ์ที่มุ่ง แก้ปัญหาประเด็น ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง อย่างชัดเจน	คณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนสามารถ บอกได้ว่าจะนำแนวคิด ทางคณิตศาสตร์ใดเข้า มาแก้ไขสถานการณ์ของ ปัญหาที่กำหนด การใช้ คำถามปลายเปิดของ ผู้วิจัยเป็นสิ่งที่ช่วย ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์และเห็นความ สัมพันธ์ของแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ที่มีอยู่ใน ชีวิตจริง	ที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น สถานการณ์ในครอบครัว ชุมชน จะช่วยให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีแนวคิด ทางคณิตศาสตร์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ปัญหา สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหาได้และไม่มี ความซับซ้อนมากเกินไป มุ่งแก้ไขปัญหาใน ประเด็นใดประเด็นหนึ่ง	

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	ผู้วิจัยควรเน้นให้นักเรียนทุกคนเข้าใจแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยเฉพาะแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนบางคนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่เข้าใจเรื่องของอัตราทดของเฟืองและไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยอาจปรับเปลี่ยน	ควรวางแผนการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเข้าใจหลักการพื้นฐานอย่างแท้จริง ควรมีการทดสอบทำกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน ผู้วิจัยควรอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือให้เพื่อนในกลุ่มอธิบายให้	ผู้วิจัยควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดต่างๆ โดยเฉพาะแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพราะการเข้าใจแนวคิดจะส่งผลต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียน	ผู้วิจัยจะต้องพยายามให้นักเรียนทุกคนได้เข้าใจแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ถ้ามีกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมทดลองควรให้นักเรียนได้เรียนรู้ และคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดลองต่างๆ สำหรับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ควรตรวจสอบความเข้าใจดังกล่าวด้วยการซักถาม หรือใช้แบบทดสอบ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการแก้ไข อาจใช้การอธิบายซ้ำ การสาธิต การยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจ เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้หาปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดได้

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (ต่อ)	วิธีการสอนจากที่นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองเป็นการสาธิต ยกตัวอย่างอธิบายเนื้อหาให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากที่สุด	สมาชิกในกลุ่มเกิดความเข้าใจควรให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้อุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ก่อนจะลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้เกิดความคุ้นเคย		

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วงจรถอบปฏิบัติกร			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 1	วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2	วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 3	
ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ผู้วิจัยควรใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนคิดนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในการออกแบบ ควรกำหนดระยะเวลาในการออกแบบให้ชัดเจน	ควรให้คำแนะนำกับนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบ การลำดับขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานอยู่ตลอดเวลา โดยใช้คำถามปลายเปิด	ผู้วิจัยจะต้องพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ใช้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหา โดยใช้คำถามปลายเปิดชักถามนักเรียน ควรเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานให้ละเอียดหรือมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจน



ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	วงจรรูปปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรรูปปฏิบัติการที่ 1	วงจรรูปปฏิบัติการที่ 2	วงจรรูปปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นวางแผน และ ดำเนินการ แก้ปัญหา	ผู้วิจัยจะต้องกระตุ้นให้ นักเรียนได้ใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ อาจใช้ คำถามปลายเปิดเพื่อให้ นักเรียนได้คิด และ ตัดสินใจใช้แนวคิด คำนึงถึงแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ก่อนจะ นำมาใช้ในการแก้ปัญหา	ควรเน้นย้ำให้นักเรียน เห็นความสำคัญของ การวางแผนการ แก้ปัญหาก่อนซื้อ วัตถุดิบ ควรชี้ให้เห็น ว่า ถ้างบประมาณใน การซื้ออาจไม่ สอดคล้องกับ สถานการณ์ปัญหาที่ กำหนด ควรจำกัด งบประมาณในการซื้อ วัตถุดิบของนักเรียน	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ นักเรียนเห็นถึง ความสำคัญของการใช้ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ในการสร้างชิ้นงาน ควร ให้เห็นว่าชิ้นงานที่ นักเรียนกำลังสร้างมี ความสัมพันธ์กับแนวคิด ทางคณิตศาสตร์	ผู้วิจัยจะต้องกำหนดระยะเวลาในการสร้างชิ้นงาน ของนักเรียนให้ชัดเจน เน้นย้ำให้เห็นความสำคัญ ของการซื้อของเพื่อมาทำชิ้นงานว่าสอดคล้องกับ เงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหากำหนดหรือไม่ ควร กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นถึงความสัมพันธ์ ของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการสร้าง ชิ้นงานควรให้คิดได้ว่าชิ้นงานที่นักเรียนกำลังสร้างมี ความสัมพันธ์กับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัย อาจใช้คำถามปลายเปิดชักถามนักเรียนอยู่เสมอ ระหว่างการทำกิจกรรม

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ นักเรียนได้สังเกตผลของ การใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ว่าส่งผลต่อ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นอย่างไร ควรเตรียมอุปกรณ์ให้ พร้อมสำหรับนักเรียน ทุกกลุ่ม	ควรให้นักเรียนเห็นผล การประเมินในแต่ละ ครั้งให้ชัดเจน อาจทำ ได้โดยการใช้กระดาษ ชาร์ตขนาดใหญ่ ควร ปรับการทดสอบการ วัดระดับน้ำตาลใน สังขยาให้มีความ สอดคล้องกับ สถานการณ์จริงมาก ยิ่งขึ้น หรืออาจปรับ เกณฑ์ที่เหมาะสมกับ สถานการณ์ปัญหา	ผู้วิจัยจะต้องใช้คำถาม ปลายเปิดเพื่อกระตุ้น ความคิดของนักเรียนให้ นักเรียนได้สังเกตผล การทดสอบชิ้นงานว่า เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ อย่างไร การใช้แนวคิดใน การสร้างชิ้นงานแต่ละ ครั้งทำให้ชิ้นงานออกมา เป็นอย่างไร เพื่อนำไปสู่ การปรับปรุงชิ้นงาน	ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละครั้งควรมี การแสดงผลการทดสอบโดยอาจทำตารางสรุปหน้า ชั้นเรียน ชิ้นงานให้นักเรียนสามารถเห็นได้ชัดเจน ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้สังเกตผลการทดสอบ ชิ้นงานของตนเองว่ามีผลออกมาอย่างไร โดยผู้วิจัย อาจใช้คำถามปลายเปิดให้เกิดการคิดหรืออาจ ยกตัวอย่างวิธีการคิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้ นักเรียนได้เข้าใจแล้วปล่อยให้ให้นักเรียนได้คิด แก้ปัญหา ปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ควรให้นักเรียนได้คิดและ เข้าใจว่า ผลการทดสอบชิ้นงานเป็นผลมาจากการใช้ แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แก้ไขวิธีการ แก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน (ต่อ)		<p>ควรถาม กระตุ้นนักเรียน ได้คิด ใช้แนว คิดทางคณิตศาสตร์เข้ามา แก้ปัญหา โดยการให้ คำถามกระตุ้นให้เกิดการ คิดหรืออาจยกตัวอย่าง วิธีการคิดใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้ เข้าใจแล้วปล่อยให้ นักเรียนได้คิดแก้ปัญหา โดยใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง</p>		<p>นักเรียนได้ เห็นแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานโดย ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง</p>

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผล การแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	ควรแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับวิธีการนำเสนอ และให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวนำเสนอ ผลงานของกลุ่มตนเอง ควรเน้นให้ผู้เรียนได้ นำเสนอด้วยว่า แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ นักเรียนใช้สามารถ แก้ปัญหาในสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนดอย่างไร ส่งผลอย่างไรต่อชิ้นงาน	ควรให้ผู้เรียนได้ นำเสนอความคิดเห็น ในรูปแบบที่มีความ น่าสนใจมากยิ่งขึ้น เช่น การนำเสนอพร้อม กับชิ้นงาน นักเรียนส่วนใหญ่ สามารถสะท้อนผล การใช้แนวคิดเรื่อง สัดส่วนในการ แก้ปัญหาโดยสามารถ อธิบายได้ว่า การที่ นักเรียนใช้แนวคิด	ผู้วิจัยต้องคอยกระตุ้น นักเรียนให้สะท้อน ติความว่า การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ใน การสร้างชิ้นงานออกมา ส่งผลต่อชิ้นงานอย่างไร สามารถแก้ปัญหาใน สถานการณ์ที่กำหนด ได้มากน้อยเพียงใด	ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน หรือ วิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนที่สร้างสรรค์ ผู้วิจัยควร ให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวสำหรับนำเสนอ ชิ้นงาน และหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้ สะท้อนหรือตีความเกี่ยวกับ การใช้แนวคิดทาง คณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานนั้น ส่งผลอย่างไรต่อการแก้ปัญหา หรือต่อชิ้นงาน มาก น้อยเพียงใด ช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ กำหนดหรือไม่ อย่างไร

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	วงจรปฏิบัติการ			แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม
	วงจรปฏิบัติการที่ 1	วงจรปฏิบัติการที่ 2	วงจรปฏิบัติการที่ 3	
นำเสนอ วิธีการ แก้ปัญหาผล การแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (ต่อ)		เกี่ยวกับสัดส่วนนั้น ส่งผลอย่างไรต่อ สังขยาของนักเรียน ช่วยแก้ปัญหอย่างไร ชิ้นงานมีพัฒนาการที่ ดีขึ้นหรือไม่ ทั้งนี้ถ้า ผู้วิจัยไม่ใช้คำถาม ปลายเปิดจะทำให้ นักเรียนไม่ได้สะท้อน ผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์กลับมาสู่ ชิ้นงานของนักเรียน		

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ผู้วิจัยวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นักเรียนจะได้ทำใบกิจกรรมเป็นรายกลุ่ม และหลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เพื่อวัดพัฒนาการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งโดยผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ผลดังต่อไปนี้

#### 1. ผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ผู้วิจัยวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้ใบกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยพิจารณาระหว่างใบกิจกรรมและกิจกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามกระบวนการทั้ง 3 กระบวน ประกอบไปด้วย 1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 10 กิจกรรม 2. การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 8 กิจกรรม และ 3. การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 6 กิจกรรม มีผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนแยกตามวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน โดยมีผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังตาราง 18 ตาราง 18 แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 1

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม(ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	-	1 (25)	3 (75)
การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท	-	-	4 (100)
การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริงหรือวิธีดำเนินการ	-	-	4 (100)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>8.3</b>	<b>91.7</b>

ตาราง 18 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม(ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์			
การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม	-	1 (25)	3 (75)
การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา	-	1 (25)	3 (75)
การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต	-	-	4 (100)
การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น	-	-	4 (100)
การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	-	1 (25)	3 (75)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>85</b>



ตาราง 18 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม(ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์			
การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง	-	2 (50)	2 (50)
ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลอง อย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	-	3 (75)	1 (25)
การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบท ของปัญหา	-	3 (75)	1 (25)
ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	-	1 (25)	3 (75)
การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา	-	1 (25)	3 (75)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>50</b>

ตาราง 19 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 1

กระบวนการ	จำนวนกลุ่มนักเรียน(ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	91.7	8.3	0
2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	85	15	0
3. การตีความและประเมินผลลัพธ์	50	50	0
ค่าเฉลี่ยของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	75.57	24.43	0

จากข้อมูลในตาราง 19 เมื่อพิจารณาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยรวม ซึ่งมากจากการตรวจใบกิจกรรมเทียบกับเกณฑ์ พบว่า ในแต่ละกระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไม่พบนักเรียนที่อยู่ในระดับควรปรับปรุง และพบว่า 1. ด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์นักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 91.7 2. ด้านการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหานักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85 3. ด้านการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับดีร้อยละ 50 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับดี ร้อยละ 75.57 ระดับพอใช้ ร้อยละ 24.43

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยแยกเป็นกระบวนการ ดังนี้

### การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ เมื่อครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา และตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2 ดังภาพ 48

<p>1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ  <u>งานที่ต้องขนน้ำรดต้นไม้ที่สวน 1 ไร่ 1 งาน โถงจะตวงใช้ระยะเวลาประมาณ</u>  <u>9 กิโลเมตร และหาวิธีขนน้ำในหนึ่งชั่วโมง 9 ไร่กับหนึ่งไร่ประมาณ 1 กิโลเมตร</u>  .....</p> <p>2. จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ใดเอามาใช้ในการแก้ปัญหา  <u>จะตวงใช้ อัตราส่วน ข้อละ</u>  .....</p>
--

ภาพ 48 แสดงการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง และการระบุตัวแปรที่สำคัญ

จากใบกิจกรรม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถที่จะระบุรายละเอียดของประเด็นปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน แต่จะเห็นได้ว่า นักเรียนระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากนักเรียนสามารถระบุได้ว่าในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดนักเรียนจะนำความรู้ใดในคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้แต่ นักเรียนไม่เขียนอธิบายว่าจะใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร

กิจกรรมการรู้แจ้งมุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ โดยตรวจจากใบกิจกรรมของนักเรียนข้อที่ 7.1.1, 7.1.2 และ 7.1.3 ดังภาพ 49

7.1 การทดสอบครั้งที่ 1 ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> สำเร็จตามเป้าหมาย <input type="checkbox"/> ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย		
7.1.1 ปัญหาที่พบ	7.1.2 วิธีการแก้ปัญหา	7.1.3 การคิดคำนวณ การเลือกอัตราทดเฟืองที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา และจะสามารถบรรทุก่อนห่างได้หรือไม่
<p>รูปที่ 49</p> <p>มอเตอร์ คือ ขด</p> <p>น้ำหนัก ในรถแข่ง งานเฟือง ไรท์</p> <p>งาน</p> <p>มอเตอร์ในหมอนแขวนคือ สีส้ม</p> <p>อัตราทดเฟืองเดิมที่ไว้ 4:12</p> <p>เฟือง ไม่สัมพันธ์ ทำให้ล้อไม่หมุน</p>	<p>ดูรูป/ไปหาคำถาม</p> <p>เปลี่ยน อัตราทดเฟือง เป็น 14:40</p> <p>ปรับโครงสร้างในเฟืองให้เข้ากันได้</p> <p>หาทางแก้ไขในข้อที่ต่อไป</p> <p>ปรับเฟืองใบปลุกให้พอดี</p> <p>บันทึกผลมอเตอร์ไว้บนหน้ากระดาษ</p>	<p>อัตราทดเฟืองทั้งหมด 2 ชิ้นใน</p> <p>การหาค่าเฟือง และจะดูว่าเฟืองมีขนาด</p> <p>ห่าง 3 ชิ้น โดยใช้อัตราทด</p> <p>เฟือง เป็น 14:40</p>

ภาพ 49 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 7.1.1 7.1.2 และ 7.1.3 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

จากภาพที่ 49 นักเรียนสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนว่า อัตราทดของเฟืองที่นักเรียนใช้ได้ ผลออกมาเป็นอย่างไร พบปัญหาใดจากการใช้อัตราทดของเฟืองที่มีความสอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวบ้าง พร้อมคิดหาแนวทางเพื่อนำมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จัก ข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการอยู่ในระดับที่ดี

กิจกรรมการระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท ตรวจสอบการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12 ดังภาพ 50

12. นักเรียนคิดว่ารถบรรทุกำลังที่นักเรียนสร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดอะไรบ้าง และนักเรียนคิดว่าจะสามารถพัฒนารถบรรทุกำลังต่อไปได้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

รถจะตลิ่งชันได้ ไม่บรรทุก่อนได้เร็วหรือช้ากว่าที่คิดไว้จะกำหนดในอัตราทดเฟืองที่ไว้ไว้สร้างรถใช้อัตราทดเฟืองที่กำหนดได้สามารถพัฒนาได้อีกหรือไม่ได้อีก

ภาพ 50 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากภาพ 47 นักเรียนสามารถเขียนอธิบายอย่างชัดเจนได้ว่ารถบรรทุกจำลองที่นักเรียนได้สร้างและพัฒนาขึ้นโดยยังมีข้อจำกัดใดบ้างที่เกิดขึ้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนการระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบทอยู่ในระดับดี

#### การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ กิจกรรมการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนจำนวน 3 กลุ่มมีการใช้ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ไม้โปรแทรกเตอร์แบบครึ่งวงกลมในการเขียนแบบและสร้างรถบรรทุกจำลองของกลุ่มตนเองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม อยู่ในระดับดี ดังภาพ 51



ภาพ 51 แสดงการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม

ในส่วนของกิจกรรมการนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา และการจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และกิจกรรมการแสดงแทนทางเรขาคณิต เมื่อผู้วิจัยตรวจดูใบกิจกรรมข้อที่ 6 สังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการนำความรู้เรื่องอัตราส่วนอย่างต่ำไปใช้ในหาอัตราส่วนของเฟือง โดยใช้การหารหรือใช้วิธีการหาอัตราส่วนอย่างต่ำ เป็นการนำกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อแก้ปัญหา

และได้นำอัตราทดเฟืองที่ได้ทำให้อยู่ในรูปอัตราส่วนอย่างต่ำ มาใช้ในการออกแบบบรรทุกำลังตามความสัมพันธ์ของอัตราทดของเฟือง

๑ 6. นักเรียนจะเลือกใช้อัตราทดเฟืองเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้อัตราทดเฟืองนี้ มีการคิดคำนวณอย่างไร

จงระบุการคิดคำนวณ

จะใช้อัตราเฟือง 14:13 เพราะ ที่ไหนที่ของเฟืองตาม = รอบของเฟืองอื่น

จำนวนของเฟืองอื่น = จำนวนของเฟืองตาม

สมมติเฟืองตาม 13 = 0.16 = 31 x 13<sup>2</sup> และ 16 x 130 มีน 1791

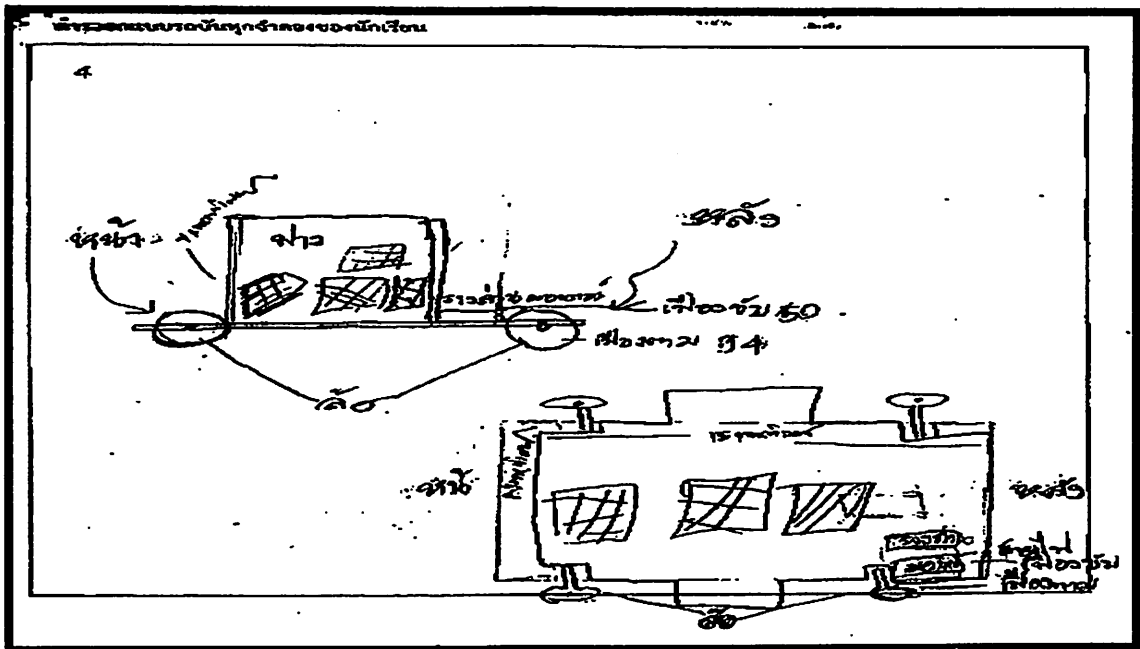
$\frac{61}{12}$   $\frac{61}{12}$  30 13 29A 13 1791

1.2

#### ภาพ 52 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

จากภาพ 52 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา และการจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และกิจกรรมการแสดงแทนทางเรขาคณิตอยู่ในระดับดี แต่ผู้วิจัยก็พบนักเรียนที่มีการนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาก็อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจาก นักเรียนใช้การทำอัตราส่วนให้เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ ผิดวิธีและผู้วิจัยได้เข้าไปให้คำแนะนำและให้นักเรียนได้แก้ไขให้ถูกต้อง

ในกิจกรรมการเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น ในกระบวนการออกแบบของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ในครั้งแรกที่ครูให้นักเรียนออกแบบนักเรียนมักจะวาดภาพบรรทุกำลังเป็นสองมิติ ไม่มีการระบุส่วนต่าง ๆ อย่างชัดเจน และผู้วิจัยได้อธิบายให้กับนักเรียนว่า “ในการออกแบบนักเรียนต้องระบุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างให้ชัดเจน เช่น จะวางมอเตอร์ ริงตัน ไว้ตำแหน่งไหนของโครงรถ” จากการตรวจการออกแบบของนักเรียน พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการระบุอัตราทดของเฟืองที่ใช้ในการสร้างบรรทุกำลังอย่างชัดเจน และระบุความยาวของตัวบรรทุกำลังอย่างชัดเจน”



ภาพ 53 .แสดงการออกแบบบรรดบรรทุกจำลองของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากภาพ 53 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีการเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้นอยู่ในระดับดี

ในกิจกรรมการสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์จากการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตที่ระบุว่า นักเรียนกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 มีการพูดคุย และโต้แย้งกันในการเลือกอัตราทดของเฟือง ดังนี้

ด.ช. A : ใช้เฟืองเล็กที่สุดกับเฟืองใหญ่ เพราะมันเหมือนเกียร์ 1 มันจะมีแรงเยอะ

ด.ญ. B : ไม่ใช่ เราคิดว่าต้องเลือกเฟืองใหญ่ที่สุดสองอัน เพราะมันน่าจะบรรทุกได้

มากกว่า

ด.ช. A : พวกเราจะเอาแบบไหน(ถามสมาชิกในกลุ่ม)

(แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 กุมภาพันธ์ 2563)

ซึ่งนักเรียนทั้งสามกลุ่ม มีการสนทนาในรูปแบบ ลักษณะเดียวกัน และจากเหตุการณ์ดังกล่าว นักเรียนมีการพูดคุย ปรีกษาและโต้แย้งกันโดยให้เหตุผลของตนเอง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีการสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงผลต่อผลลัพธ์ทาง

คณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีและยังพบว่านักเรียนกลุ่มที่ 3 ที่มีการโต้แย้งกันในกลุ่ม แต่ไม่มีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงานหรืออัตราทดของเฟืองเลย ซึ่งจัดอยู่ในระดับพอใช้

การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้แก่ กิจกรรมการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทบทวนโลกชีวิตจริง ผู้วิจัยใช้คำถามกับนักเรียนดังนี้

“นักเรียนคิดว่า อัตราทดเกียร์ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และเป็นอัตราทดเกียร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คืออัตราทดเกียร์ใด ทำไมถึงเลือกอัตราทดเกียร์นี้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย”

โดยตัวอย่างการเขียนอธิบายของนักเรียน ดังนี้ อัตราทดเฟืองที่นักเรียนเลือกใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาแต่ละอัตราทดเฟือง อัตราทดเฟืองใดที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ดีที่สุด และสามารถอธิบายเหตุผลของการใช้อัตราทดเฟืองดังกล่าว ดังภาพ 54

8 นักเรียนคิดว่า อัตราทดเกียร์ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และเป็นอัตราทดเกียร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คืออัตราทดเกียร์ใด ทำไมถึงเลือกอัตราทดเกียร์นี้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

~~14:50~~ เราต้อง เมาเฟือง ๒๖ น้อยกว่าเฟือง ๑๖

~~14:50~~ ใช้อัตราทดเกียร์ ๑๖ : ๒๖ เพราะ สามารถทำให้เฟือง ๒๖

วิ่งไปและสามารถได้เฟืองที่ถูกต้อง

ภาพ 54 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

จากภาพที่ 54 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าการใช้อัตราทดของเฟืองใดที่มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหาโดยนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้อย่างเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่า การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทบทวนโลกชีวิตจริงอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยพบว่ามึนักเรียนจำนวน 3 กลุ่มที่อยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือ นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้อย่างเหมาะสม



ในกิจกรรมความเข้าใจว่า ในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร ในกิจกรรมนี้ ขั้นการทดสอบรถบรรทุกจำลองของนักเรียนในแต่ละครั้ง นักเรียนจะเห็นปัญหาที่เกิดจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ นั่นคือ การใช้อัตราตของเฟืองมาสร้างรถบรรทุกจำลอง ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องบันทึกปัญหาที่พบ วิธีที่จะแก้ปัญหาลงไปในใบกิจกรรม ซึ่งเป็นการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปที่บริบทโลกชีวิตจริง ดังภาพ 55

7. บันทึกการทดสอบ		
7.1 การทดสอบครั้งที่ 1 ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> สำเร็จตามเป้าหมาย <input checked="" type="checkbox"/> ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย		
3 7.1.1 ปัญหาที่พบ	7.1.2 วิธีการแก้ปัญหา	7.1.3 การคิดคำนวณ การเลือกอัตราตเฟืองที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา และสามารถบรรทุกก่อนฟางได้กี่ก้อน
รถที่ไป เพาะที่ระเคอร์ไอน์เซ่น หลังฝนที่ห่อเลขบอค่าใช้แจ็กแรงทำใน รถยกครึ่ง เล็งไฟ รถยกถ่วงเฟืองที่โอ เดิม ๑๕ : ๒๕ โทกทดเฟืองนทไข รถที่กำลังงย ทำไปไม่เคลื่นนท เฟืองไม่สั่นกันแน่น ลังผิด	คิดของแอร์ซี.เซเฟซ แต่จกหัวโงะของ อีกแจ็กแรงกุดดิท และที่เฟืองในคัน คัน โกงใจ้อตราตเฟืองในพ กือ ๑๕ : ๒๕ พร้อมแทนเพลงให้มีความคล่อง กว่ามากขจรัน	อัตราตเฟืองในพที่ ๑๕ คือ ๑๕ : ๒๕ = ๑๕ : ๑

ภาพ 55 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7.2 และ 7.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากภาพ 55 จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า รถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเกิดปัญหาใด การเลือกใช้อัตราตเฟืองของนักเรียนส่งผลอย่างไรต่อรถบรรทุกจำลอง ซึ่งนำไปสู่การระบุวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นของนักเรียนที่มีความสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจว่า ในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไรในระดับดี และผู้วิจัยยังพบอีกว่ามีนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือ นักเรียนมีการระบุปัญหาที่เกิดจากการใช้อัตราตของเฟืองแต่มีการแก้ปัญหที่ไม่สอดคล้องกัน ดังภาพ 56

7.1 การทดสอบครั้งที่ 1 ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> สำเร็จตามเป้าหมาย <input checked="" type="checkbox"/> ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย		7.1.3 การคิดคำนวณ
7.1.1 ปัญหาที่พบ	7.1.2 วิธีการแก้ปัญหา	การเลือกอัตราทดเฟืองที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา และจะสามารถบรรทุกก่อนฟางได้กี่ก้อน
น้ำหนักมากเกินไป	<del>ใช้เกียร์ต่ำ</del>	อัตราทดของเฟืองไดม
รถไม่เดิน	ปรับอัตราทดสลับใหม่ ใน 16	7 : 25 คือ 14 = 50
สายจูงรั่วซึม	ใช้ถาดน้ำมัน ทดสอบจูงรถ	
สายไฟหลวม	ไปปรับใหม่ในตู้กระจาย	
ไม่สามารถขึ้นเนินได้	อยู่อัตราทดของเฟืองไดม	

ภาพ 56 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมข้อที่ 7.1, 7.2 และ 7.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

ในกิจกรรมการอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา ผู้วิจัยใช้คำถามกับนักเรียนดังนี้

“นักเรียนคิดว่าอัตราทดของเฟืองที่นักเรียนได้เลือกมาใช้ในการสร้างรถบรรทุกจำลองสามารถใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ อัตราทดของเฟืองใดที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถบรรทุกจำลองนั้นเคลื่อนที่เร็วที่สุดและบรรทุกก่อนฟางได้มากที่สุด เพราะเหตุใด”

โดยตัวอย่างการเขียนอธิบายของนักเรียนที่อยู่ในระดับพอใช้ มีดังนี้ “สามารถแก้ปัญหาได้ อัตราทดเกียร์ที่ดีที่สุด คือ 7:25 เพราะแรงและบรรทุกได้ 2 ก้อนตามที่ต้องการ”

8 นักเรียนคิดว่า อัตราทดเกียร์ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และเป็นอัตราทดเกียร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คืออัตราทดเกียร์ใด ทำไมถึงเลือกอัตราทดเกียร์นี้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

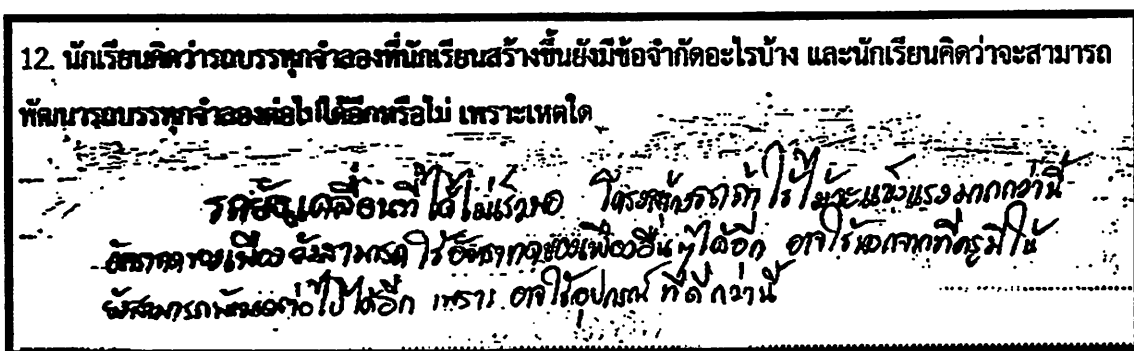
๗ : ๒๕ เพราะ เราต้องเอาเฟืองชั้นหน้ามาที่เฟืองตาม เฟือง : ๗ ทำให้รถมีแรง และขับได้ทันรถบรรทุกฟางได้เยอะ และใช้แรงหมุนพวงมาลัยน้อยกว่ารถบรรทุกที่มีการขับเคลื่อนที่ได้อย่างเร็ว และ สามารถได้ฟางได้มากกว่า ๒ ก้อน จูงไป

ภาพ 57 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 10 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

เนื่องจากนักเรียนมีการระบุได้ว่าอัตราทดของเฟืองใดที่ส่งผลต่อชิ้นงานของนักเรียนได้ดีที่สุด และสามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้เหมาะสม จึงสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยพบว่านักเรียน 3 กลุ่มที่อยู่ในระดับพอใช้ นั่นคือ นักเรียนไม่มีการอธิบายให้เหตุผลประกอบ

ในกิจกรรมความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้คำถามกับนักเรียนดังนี้ “นักเรียนคิดว่ารถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดอะไรบ้าง และนักเรียนคิดว่าจะสามารถพัฒนารถบรรทุกจำลองต่อไปได้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด” โดยนักเรียนมีการบันทึกลงใบกิจกรรมดังนี้ “รดยังเคลื่อนที่ได้ไม่เร็วพอ โครงสร้างถ้าทำจากไม้จะทำให้แข็งแรงมากกว่านี้ อัตราทดเฟืองยังสามารถใช้อัตราทดเฟืองอื่น ๆ ได้อีกอาจใช้นอกเหนือที่ครูมีให้ ยังสามารถพัฒนาต่อไปได้ เพราะอาจใช้อุปกรณ์ที่ดีกว่านี้” จากการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน

จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถอธิบายถึงข้อจำกัดของอัตราทดเฟืองที่ครูมีให้อย่างจำกัดและให้เหตุผลได้อย่างเหมาะสมจึงสรุปได้ว่า นักเรียนมีความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดทางคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และผู้วิจัยพบว่านักเรียน 1 กลุ่มที่อยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากไม่มีการอธิบายเหตุผลเกี่ยวกับขอบเขตและข้อจำกัดของอัตราทดของเฟืองที่มีอยู่ในสถานการณ์ปัญหาได้ ดังภาพ 58



ภาพ 58 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

ในกิจกรรมการวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยครูใช้คำถามดังนี้ “นักเรียนคิดว่า ผลงานของนักเรียนจะต้องปรับปรุงไปในทิศทางใดบ้าง อัตราทดของเฟืองที่ใช้ในครั้งนี้นี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องใด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด จงอธิบาย”

โดยตัวอย่างการเขียนบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน ดังนี้ "อัตราทดของเฟืองมีข้อจำกัดคือ มียังไม่พอ และสามารถแก้ปัญหาได้คือ ทำให้รุดมีความแข็งแรงและทนทานและมีแรงขับเคลื่อนเพียงพอในการบรรทุกฟาง สามารถนำเฟืองอื่น ๆ มาเพื่อทำให้รุดเร็วขึ้น" จากการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียนจะเห็นว่า นักเรียนสามารถวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของอัตราทดของเฟืองที่ใช้สร้างรถบรรทุกจำลองพร้อมทั้งให้เหตุผลที่เหมาะสม ดังนั้นสรุปได้ว่า นักเรียนการวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี ดังภาพ 59 และพบว่ามึนักเรียน 1 กลุ่มที่อยู่ในระดับพอใช้ เพราะนักเรียนไม่อธิบายเหตุผลเกี่ยวกับอัตราทดของเฟืองที่เหมาะสม

13. นักเรียนคิดว่า ผลงานของนักเรียนจะต้องปรับปรุงไปในทิศทางใดบ้าง อัตราทดของเฟืองที่ใช้ในครั้งนี ยังมีข้อจำกัดในเรื่องใด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด จงอธิบาย

อัตราทดเฟือง มีข้อจำกัดคือ มียังไม่พอ และกำลังมาก แก้ไขไม่ได้คือ ทำให้รถ  
 ซึ่งความแข็งแรง และ ทนทานมาก และ มีแรงขับเคลื่อนเพียงพอในการบรรทุก  
 ฟาง ในการบรรทุก สามารถนำเฟืองอื่น ๆ มาเพื่อทำให้รุดเร็วขึ้น

ภาพ 59 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

## 1.2 ผลการวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง สัดส่วน โดยมีผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังตาราง 20 ตาราง 20 แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์แต่ละวงจรปฏิบัติการที่ 2

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์			
การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ 1A	-	-	4 (100)
การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น 3 A	-	-	4 (100)
การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท 4 A	-	-	4 (100)
การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม 5 A	-	-	4 (100)
การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน 8 A	-	-	4 (100)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>

ตาราง 20 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควร ปรับปรุง	พอใช้	ดี
การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์			
การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหามทางคณิตศาสตร์ไปใช้	-	1 (25)	3 (75)
การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต	-	-	4 (100)
การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา	-	1 (25)	3 (75)
การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา	3 (75)	-	1 (25)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>18.75</b>	<b>12.5</b>	<b>68.75</b>

ตาราง 20 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควร ปรับปรุง	พอใช้	ดี
การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์			
การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง	-	-	4 (100)
การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง	-	1 (25)	3 (75)
ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	-	-	4 (100)
การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของ ปัญหา	-	-	4 (100)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>6.25</b>	<b>93.75</b>

ตาราง 21 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละ  
กระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 2

กระบวนการ	จำนวนกลุ่มนักเรียน(ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	100	0	0
2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	68.75	12.5	18.75
3. การตีความและประเมินผลลัพธ์	93.75	6.25	0
เฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	87.5	6.25	6.25

จากข้อมูลในตาราง 21 เมื่อพิจารณาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยรวม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี ร้อยละ 68.75 และการตีความและประเมินผลลัพธ์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 93.75 ทั้งนี้ยังพบอีกว่ามีนักเรียนที่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับปรับปรุง ร้อยละ 18.75 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี ร้อยละ 87.5 ระดับพอใช้และระดับควรปรับปรุง ร้อยละ 6.25

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยแยกเป็นกระบวนการ ดังนี้



### การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ ผู้วิจัยได้เริ่มการจัดกิจกรรมโดยการให้นักเรียนได้คิดถึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการรับประทานอาหาร รสชาติของอาหาร รสชาติของอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป การประกอบอาหาร การใช้สูตรการทำอาหาร การใช้วัตถุดิบในปริมาณเดิม ๆ ในการประกอบอาหารตามสัดส่วนของสูตร เพื่อให้ผู้เรียนได้คิดถึงประสบการณ์เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้สูตรประกอบอาหาร การใช้สัดส่วนในการกำหนดเครื่องปรุงต่าง ๆ เพื่อให้ทำอาหารมีรสชาติที่อร่อยเหมือนเดิม จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนดูวีดิทัศน์ ASMR การรับประทานสังขยา ซึ่งเป็นวีดิทัศน์ที่อธิบายความรู้สึกทางประสาทจากเสียงจากการรับประทานสังขยา เพื่อให้นักเรียนได้นึกถึงประสบการณ์เดิมที่เคยรับประทานสังขยา แล้วครูจึงกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน ดังนี้ “ร้านขนมแห่งหนึ่ง ขายสังขยา ได้รับเสียงตอบรับจากลูกค้าว่า สังขยามีรสชาติไม่อร่อย ทำให้ในแต่ละวันขายไม่หมด” ให้นักเรียนทำสังขยาให้มีเนื้อเนียนนุ่ม รสชาติหวานมันอร่อย และมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด และทำให้เพียงพอต่อลูกค้าทั้งหมด 30 คน ซึ่งจะได้รับไปชิมคนละ 50 กรัมต่อคน” แล้วครูใช้คำถามดังนี้ จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร (โดยให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 1) ซึ่งจากการตรวจใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการระบุดังภาพ 60

<p>1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ</p> <p>ปัญหาคือ สังขยามีรสชาติไม่อร่อย ทำให้ในแต่ละวันขายไม่หมด และทำให้ขาดทุนและไม่ได้กำไร และทำให้ลูกค้าไม่เข้ามาซื้อของเลย</p>
---

ภาพ 60 แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 2

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ  
 ตั้งฉายาให้ละครที่ได้ ๑๖๐๐ ที่ใช้ให้แต่ละวันของสังคมไปทั้งหมด ที่ใช้ยาวไม่หมด  
 และต้องยาวให้ และจะขาดาก

### ภาพ 61 แสดงการระบุปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถาม "จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้หลักการใดในคณิตศาสตร์บ้าง" (โดยให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2) ซึ่งจากการตรวจใบกิจกรรมพบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถบอกได้ว่า จะใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ใด เข้ามาใช้สำหรับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดนี้ และมีการอธิบายเหตุผลประกอบ ดังนั้น นักเรียนทุกกลุ่มจึงสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง อยู่ในระดับดี ดังภาพ 62

2. นักเรียนจะใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา  
 จะเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ ลีลาส่วน อัตราส่วน การตรวจ  
 การคำนวณหรือการของส่วนต่อส่วนที่จัดทำสัญญา และวิธีการคำนวณพื้นที่ของ  
 การซื้อวัตถุดิบที่นำมาทำ

### ภาพ 62 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

ในกิจกรรมการทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น กิจกรรมการนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปรสัญลักษณ์ แผนภาพและแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสมและกิจกรรมการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน จากกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยให้นักเรียนทดสอบสังเขยครั้งที่ 1 เมื่อนักเรียนทำสังเขยออกมาแล้วจะต้องนำไปทดสอบ เมื่อทดสอบนักเรียนจะสังเกตปัญหาที่พบ และระบุวิธีการแก้ปัญหา และการคิดคำนวณในกระบวนการแก้ปัญหา พร้อมกับ

ตรวจสอบคุณภาพของสังขยาจะต้องปรับปรุงอย่างไรบ้าง และนักเรียนจะต้องมีการปรับปรุงสูตรการทำสังขยานี้เนื่องจากสังขยาที่นักเรียนทำออกมาอาจได้ปริมาณไม่เพียงพอต่อลูกค้า 30 คน (คนละ 50 กรัม) ตามที่กำหนดในสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะต้องปรับอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบทั้งหมดให้ได้ตามสถานการณ์กำหนด โดยใช้ความรู้เรื่องสัดส่วน โดยนักเรียนมีการคำนวณการปรับอัตราส่วนผสมดังภาพ 63

4. บันทึกการทดสอบ		
4.1 การทดสอบครั้งที่ 1		
ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> ส่วนเกินเป้าหมาย <input type="checkbox"/> ไม่ส่วนเกินเป้าหมาย		
4.1.1 ปัญหาที่พบ	4.1.2 วิธีการแก้ปัญหาจนเปลี่ยนแปลงสัดส่วนอย่างไร	4.1.3 การคิดคำนวณในการแก้ปัญหาจากการปรับปรุงครั้งที่ 1
ส่วนผสมกล้วย หักเฝือกกล้วย	ตั้งน้ำใส่ร้อนหั่นกล้วย และตั้งไฟ	ไข่ไก่      ไข่เป็ด
ถั่วแดงเขียว และปรีชาถั่วเขียว	อัตราส่วนของส่วนผสมให้เคี้ยวจน	$\frac{9}{25} = \frac{x}{30}$ $\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$
ไข่เจียวสุก      น้ำมันหอย	นำกล้วย      กระเทียมคอกให้จนละเอียด	$9 \times 30 = 25 \times x$ $4 \times 30 = 25 \times x$
ไข่เจียวเนื้อมัน	สำหรับ      สำหรับ      สำหรับ	$25x = 9 \times 30$ $25x = 4 \times 30$
		$x = \frac{9 \times 30}{25}$ $x = \frac{4 \times 30}{25}$
		$x = 9.6 = 10$ $x = 4.9 < 5$
		คิดค่าเฉลี่ย
		$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$ $x = 4.8$
		$4 \times 30 = 25 \times x$
		$25x = 4 \times 30$
		$x = \frac{4 \times 30}{25}$

ภาพ 63 แสดงการบันทึกผลการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3

9	4	4	15	8
ไข่ไก่	ไข่เป็ด	หัตถ์ถั่วเขียว	ส่วนผสม(50กรัม)	เกลือ
$\frac{9}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{15}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{1}{25} = \frac{x}{30}$
$9 \times 30 = 25 \times x$	$4 \times 30 = 25 \times x$	$4 \times 30 = x \times 25$	$15 \times 30 = x \times 25$	$1 \times 30 = 25 \times x$
$15x = 8 \times 30$	$25x = 4 \times 30$	$125x = 4 \times 30$	$15x = 25 \times 30$	$25x = 2 \times 30$
$x = \frac{8 \times 30}{15}$	$x = \frac{4 \times 30}{25}$	$x = \frac{4 \times 30}{25}$	$x = \frac{25 \times 30}{15}$	$x = \frac{2 \times 30}{25}$
$x = 9.6$	$x = 4.8$	$x = 4.8$	$x = 30$	$x = 2.4$
ไข่แดง	ไข่ไก่			
$\frac{5}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{100}{25} = \frac{x}{30}$			
$5 \times 30 = 25 \times x$	$100 \times 30 = 25 \times x$			
$25x = 5 \times 30$	$25x = 100 \times 30$			
$x = \frac{5 \times 30}{25}$	$x = \frac{100 \times 30}{25}$			
$x = 6$	$x = 120$			

ภาพ 64 แสดงการคิดคำนวณการปรับส่วนผสมโดยใช้สัดส่วนของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากภาพ 63 และ 64 นักเรียนมีการใช้ตัวแปรแทนวัตถุต่าง ๆ ในการคำนวณ มีการเขียนให้อยู่ในรูปภาษาทางคณิตศาสตร์ แล้วใช้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ ได้อย่างถูกต้องแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อทำให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น สามารถนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพและแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสมในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และสามารถแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทนในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้อยู่ในระดับดี

ในกิจกรรมการระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท โดยผู้วิจัยใช้คำถาม “นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณในการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมกับสิ่งขยาที่นักเรียนทำออกมาในแต่ละครั้งหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย โดยนักเรียนมีการบันทึกดังนี้” โดยนักเรียนมีการระบุดังภาพ 65 และ 66

7. นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณในการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมกับสิ่งขยาที่นักเรียนทำออกมาในแต่ละครั้งหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

ไม่เหมาะสมเท่าไร เพราะ สิ่งขยา ซึ่งออกมาได้ ไม่สมบูรณ์ ในรูปพบ

ที่คิดเอาไว้ อันเกิดมาจากหลายสาเหตุ เช่น จุดมุ่งหมายที่

แก้ สัดส่วน ของวัสดุที่ เกิดจากกรณีที่เข้าไปศึกษาเพิ่มเติมไป

ภาพ 65 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

7. นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณในการแก้ปัญหา มีความเหมาะสมกับสิ่งขยาที่นักเรียนทำออกมาในแต่ละครั้งหรือไม่ อย่างไร จงอธิบาย

.....

ไม่เหมาะสมเท่าไร เพราะ สิ่งขยา ยังออกมาได้ ไม่สมบูรณ์ ในรูป

แบบที่คิดเอาไว้ เนื่องจากเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น เวลาทำ หรือ

เกิดจากข้อผิดพลาดของใจ และเกิดจากความผิดพลาดต่างๆ เช่น ค่าของ

หรือค่าเฉลี่ยเกินไป หรือจากใจที่ผิดพลาดเกินไป

ภาพ 66 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากตัวอย่างการบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่ม 3 และ 4 สังเกตเห็นว่า นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของสูตรสังขยาที่นักเรียนมีการปรับปรุงโดยใช้แนวคิดเรื่องสัดส่วน และมีการเขียนอธิบายเหตุผลได้อย่างเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่า การระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท (4A) อยู่ในระดับดี

**การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์**

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคำอธิบายการใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหามathematics ไปใช้ และการใช้การสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา นักเรียนมีการนำแนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ มีการใช้ความรู้เกี่ยวกับสัดส่วนที่เท่ากันเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณของวัตถุต่าง ๆ เมื่อมีการปรับปรุงสูตรการทำสังขยา โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการได้ถูกต้อง และได้ผลลัพธ์ออกมาถูกต้อง และพบว่า มีนักเรียนส่วนน้อยที่หาออกมาได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไข ดังภาพ 67

4. บันทึกการทดสอบ		
4.1 การทดสอบครั้งที่ 1      ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> สำเร็จตามเป้าหมาย <input type="checkbox"/> ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย		
4.1.1 ปัญหาที่พบ	4.1.2 วิธีการแก้ปัญหา/เปลี่ยนแปลงสัดส่วนอย่างไร	4.1.3 การคิดคำนวณในการแก้ปัญหาจากการปรับปรุงครั้งที่ 1
ตัวคูณที่หายไป $\frac{9}{25} = \frac{x}{30}$	ตั้งค่าใส่ส่วนเกินไป และคูณ	ใส่ค่า      ใส่ค่า
ก่อนตั้งค่า และปริมาณของผล	ปริมาณของผลที่ได้ใส่ของมา	$\frac{9}{25} = \frac{x}{30}$ $\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$
ใส่ใส่ของมา $\frac{9}{25} = \frac{x}{30}$	คูณไขว้ $9 \times 30 = 25 \times x$	$9 \times 30 = 25 \times x$ $4 \times 30 = 25 \times x$
ใส่ใส่ของมา	คูณไขว้ $25x = 9 \times 30$	$25x = 9 \times 30$ $25x = 4 \times 30$
	$x = \frac{9 \times 30}{25}$	$x = \frac{9 \times 30}{25}$ $x = \frac{4 \times 30}{25}$
	$x = 9.6 = 10$	$x = 4.8 = 5$
		ใส่ค่าลงแทน
		$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$ $x = 4.8$
		$4 \times 30 = 25 \times x$
		$25x = 4 \times 30$
		$x = \frac{4 \times 30}{25}$

ภาพ 67 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

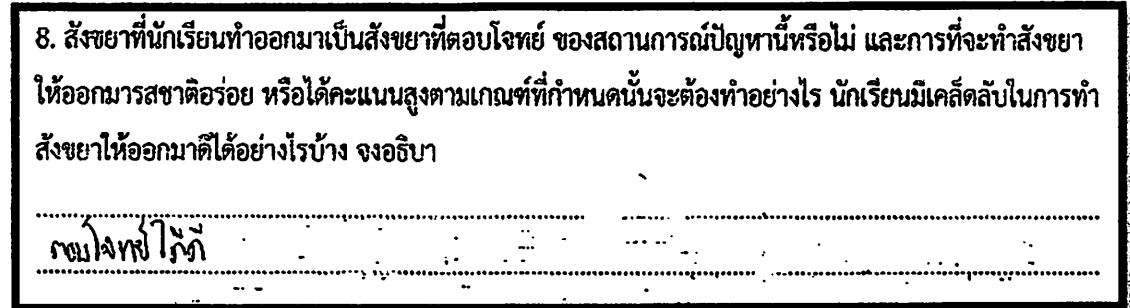
จากภาพ 67 และจากการตรวจใบกิจกรรมของผู้วิจัยแล้วนักเรียนส่วนใหญ่สามารถคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ได้และใช้การสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง จึงสรุปได้ว่านักเรียนมีการคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ไปใช้และการใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยยังพบว่า นักเรียน 1 กลุ่มอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากการคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์และใช้การสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ไปใช้แต่ใช้ไม่ได้ไม่ถูกต้องทำให้ได้คำตอบที่ผิดไปบางส่วนและผู้วิจัยได้แนะนำให้นักเรียนได้ปรับปรุงและแก้ไขให้ถูกต้อง

ในกิจกรรมการจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต ปรากฏว่า นักเรียนทุกกลุ่มอยู่ในระดับดี เนื่องจาก นักเรียนมีการใช้การดำเนินการต่าง ๆ ใช้การแก้สมการ ในการหาปริมาณของวัตถุบิใหม่ที่ต้อนำมาปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มมีการคิดคำนวณได้อย่างถูกต้อง ถูกวิธี มีการประมาณจำนวนของส่วนผสมบางอย่างที่ไม่สามารถใช้ในรูปของทศนิยมได้ เช่น ไซ 4.8 ฟอง นักเรียนมีการประมาณโดยการปัดขึ้นเป็น 5 ฟอง หรือในการนำไปใช้ทำจริง ๆ นักเรียนจะใช้เป็นจำนวนเต็ม แสดงดังภาพ 68

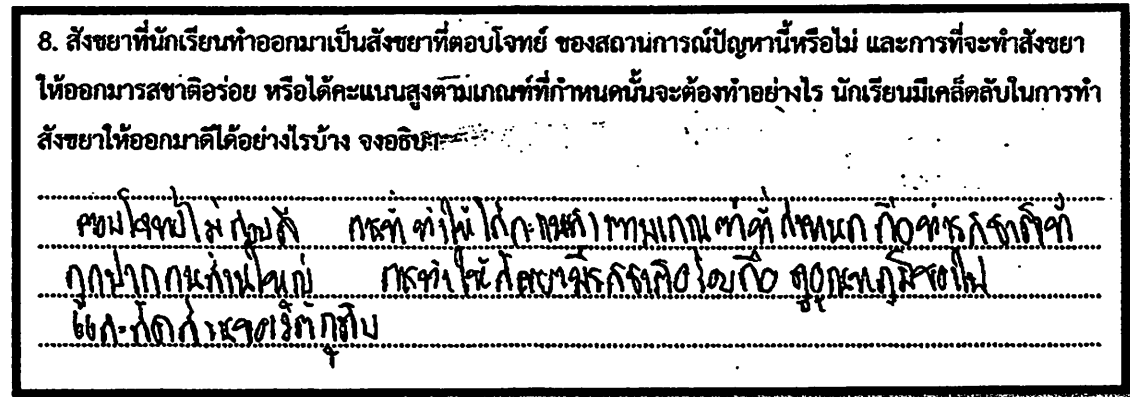
4.1.3 การคิดคำนวณในการแก้ปัญหา จากการปรับปรุงครั้งที่ 1	
ไซไก่	ไซไข่
$\frac{8}{25} = \frac{x}{30}$	$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$
$8 \times 30 = 25 \times x$	$4 \times 30 = 25 \times x$
$25x = 8 \times 30$	$25x = 4 \times 30$
$x = \frac{8 \times 30}{25}$	$x = \frac{4 \times 30}{25}$
$x = 9.6 \approx 10$	$x = 4.8 \approx 5$
ผักกาดคะน้า	
$\frac{4}{25} = \frac{x}{30}$	$x = 4.8$
$4 \times 30 = 25 \times x$	
$25x = 4 \times 30$	
$x = \frac{4 \times 30}{25}$	
	$x = 4.8$

ภาพ 68 แสดงการจัดการด้านจำนวน ในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4.1.3 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

ในกิจกรรมการสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานหรือผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยใช้คำถาม “สังขยาที่นักเรียนทำออกมาเป็นสังขยาที่ตอบโจทย์ ของสถานการณ์ปัญหานี้หรือไม่ และการที่จะทำสังขยาให้ออกมารสชาติอร่อย หรือได้คะแนนสูงตามเกณฑ์ที่กำหนดนั้นจะต้องทำอย่างไร นักเรียนมีเคล็ดลับในการทำสังขยาให้ออกมาดีได้อย่างไรบ้าง” เมื่อตรวจใบกิจกรรมพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ สามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่ไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลใด ๆ ดังภาพ 69



ภาพ 69 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2 และผู้วิจัยพบว่า มีนักเรียน 1 กลุ่มที่สามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานหรือผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี เพราะนักเรียนสามารถลงข้อสรุปพร้อมทั้งอธิบาย ให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ดังภาพ 70



ภาพ 70 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

### การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ได้แก่ การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทีบริบทโลกชีวิตจริง โดยผู้วิจัยใช้คำถามหลังจากที่นักเรียนทดสอบสังขยาครั้งสุดท้ายแล้วดังนี้ “นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสังขยาหรือไม่ อย่างไร แล้วอัตราส่วนใดที่นักเรียนคิดว่ามีความเหมาะสมที่สุด จงอธิบาย” โดยนักเรียนมีการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรม ดังภาพ 71

5. นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสังขยาใช่หรือไม่ อย่างไร แล้วอัตราส่วนใดที่นักเรียนคิดว่ามีความเหมาะสมที่สุด จงอธิบาย

ส่งผลกระทบต่อสังขยาใช่ เนื่องจากสังขยาที่คำนวณ พบว่าในภาชนะบรรจุ 100 กรัม แยกห่อต่อคำ มีคน 30 คน อัตราที่เหมาะสมที่สุดคือ

ก. 10 : 5 : 5 : 10 : 1 : 600

ภาพ 71 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 5 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จากภาพ 71 จะเห็นว่า นักเรียนสามารถบอกได้ว่า อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบต่าง ๆ ที่นักเรียนคิดคำนวณได้มาจากการใช้สัดส่วนนั้นส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสังขยาอย่างไร โดยนักเรียนมีการให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์และสามารถระบุอัตราส่วนที่นักเรียนคิดว่ามีความเหมาะสมที่สุดสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา จากการตรวจใบกิจกรรม นักเรียนทุกกลุ่มสามารถเขียนอธิบายในทำนองเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า นักเรียนมีการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทีบริบทโลกชีวิตจริงอยู่ในระดับดี

ในกิจกรรมความเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไรเพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร ในการทดสอบแต่ละครั้งนักเรียนจะได้เหตุผลของการใช้สัดส่วนในการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องมีการบันทึกผลการทดสอบของสังขยาในแต่ละครั้ง แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงแก้ไขสูตรการทำสังขยาของกลุ่มตนเอง ดังภาพ 72



4.2 การทดสอบครั้งที่ 2 ผลการทดสอบ <input type="checkbox"/> ส่วนเรียงความ <input checked="" type="checkbox"/> ไม่ส่วนเรียงความ		
4.2.1 ปัญหาที่พบ	4.2.2 วิธีการแก้ปัญหาที่เปลี่ยนแปลงสัดส่วนอย่างไร	4.2.3 การคิดคำนวณในทบทวนปัญหา จากการปรับปรุงครั้งที่ 1
<p>ได้ฉายยาวอีกหลายทศวรรษต่อไปอีกที่ ฉากหน้าฉากหลังเป็นสี และกำลัง เยื้องไปข้างหลัง สีเหลือง ไม่ใช่สี ทุกอย่างไม่ยอมให้ออกมาที่หน้าเวทีไป ทำให้เชื่องช้าลงมากอีกต่อไปอีก</p>	<p>ได้ใช้ท่าทักทายแบบเดิมไปแต่ก็ทำ ด้วยมือที่สอดใส่ในคอเสื้อที่รัดของ มือที่สอดใส่ในคอเสื้อที่รัดของ ดูเร็วเหมือนผู้ชมและอาจช่วยใช้ไปต่อ ให้ดูสนุกที่ดูแล้วเหมือนผู้ชม พอดี</p>	<p>ทรงปรับปรองคัลง ก็คือ ดูเขียนในฉาก ทนายแดงเข้าไป ปิดเพื่อให้เห็น ความที่คนดูรู้สึก ปรับปรองคัลงได้จริง ใช้ไม้ : ไม้โป๊ว : ไม้กลิ้ง : ไม้กลิ้ง 9 : 4 : 4 : 2 : 15 ไม้กลิ้ง : ไม้กลิ้ง : ไม้กลิ้ง : ไม้กลิ้ง 6 : 3</p>

ภาพ 72 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 4.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากภาพจะสังเกตเห็นว่า นักเรียนมีการบันทึกผลที่ได้จากการใช้สัดส่วนในการคิดคำนวณสูตรการทำสังขยาภายหลังการทดสอบครั้งที่ 1 โดยนักเรียนสามารถเข้าใจว่าผลลัพธ์จากการใช้สัดส่วนส่งผลต่อสังขยาอย่างไร เกิดปัญหาอะไร เพื่อที่จะได้นำไปสู่การปรับปรุงสังขยาให้ดียิ่งขึ้น จากการตรวจใบกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่ม ปรากฏว่า นักเรียนมีการบันทึกในลักษณะเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีความเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไรเพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้ อย่างไรก็ตามอยู่ในระดับดี

ในกิจกรรมการอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา ผู้วิจัยใช้คำถาม “นักเรียนคิดว่า สัดส่วนที่นักเรียนคิดคำนวณในการแก้ปัญหามีความเหมาะสมกับสังขยาที่นักเรียนทำออกมาในแต่ละครั้งหรือไม่ อย่างไรจงอธิบาย โดยนักเรียนมีการบันทึกดังนี้” โดยนักเรียนมีการเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรม ดังภาพ 73



6. นักเรียนคิดว่าการทำงานสังขยาไซในครั้งนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร และสามารถนำมาตัดสินใจในการปรับปรุงสังขยาไซ ให้ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในวงกลม สัดส่วน ส่วนต่อส่วน  
 ๕. ๓๐%

๕๓.๖% ส่วนต่อส่วน สัดส่วนของวงกลม  
 ๑๖.๖%

เพื่อปรับปรุงวงกลม

ภาพ 74 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

จากภาพ 74 นักเรียนมีการเขียนอธิบายไว้ว่า “มีส่วนเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เนื่องจากใช้การคิดคำนวณ สัดส่วน อัตราส่วน และสามารถนำมาตัดสินใจปรับปรุงสังขยาไซให้ดีขึ้น เพิ่มปริมาณของขนม” นั้นหมายถึง นักเรียนอธิบายได้ว่า สามารถนำความรู้เรื่องสัดส่วนมาใช้ในการนำมาแก้ปัญหาในครั้งนี้นั้นคือ นำมาเพิ่มปริมาณของสังขยาไซโดยการใส่สัดส่วน แสดงว่า นักเรียนมีการประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริงอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยยังพบว่า มีนักเรียน 1 กลุ่มที่อยู่ในระดับพอใช้เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายให้เหตุในเชิงคณิตศาสตร์ได้ ดังภาพ 75

6. นักเรียนคิดว่าการทำงานสังขยาไซในครั้งนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร และสามารถนำมาตัดสินใจในการปรับปรุงสังขยาไซ ให้ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เนื่องจากการคิดคำนวณ สัดส่วน อัตราส่วน และเชิงตรรกะ

ภาพ 75 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 2 ข้อที่ 6 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

### 1.3 ผลการวิเคราะห์การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ผู้วิจัยแสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการจากการประเมินใบกิจกรรมของวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ร้อยละ โดยมีผลการวิเคราะห์ใบกิจกรรมของนักเรียนตามกิจกรรมต่าง ๆ ของแต่ละกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ดังตาราง 22

ตาราง 22 แสดงจำนวนกลุ่มและร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนในแต่ละระดับในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์วงจรปฏิบัติการที่ 3

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควร ปรับปรุง	พอใช้	ดี
<b>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</b>			
การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	-	-	4 (100)
การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์	-	-	4 (100)
การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น	-	-	4 (100)
การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม	-	-	4 (100)
การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม	-	2 (50)	2 (50)

ตาราง 22 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควรปรับปรุง	พอใช้	ดี
<b>การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์</b>			
การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษา อย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์.	-	-	4 (100)
การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน	-	-	4 (100)
การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	-	-	4 (100)
การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรม ทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)	-	-	4 (100)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	<b>0</b>	<b>6.25</b>	<b>93.75</b>
<b>การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</b>			
การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสม	-	-	4 (100)
การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทาง เรขาคณิต	-	-	4 (100)

ตาราง 22 (ต่อ)

กระบวนการ	จำนวนกลุ่ม (ร้อยละ)		
	ควร ปรับปรุง	พอใช้	ดี
<b>การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</b>			
การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการ แก้ปัญหา	-	1 (25)	3 (75)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	-	6.25	93.75
<b>การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</b>			
การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปทาบบริบทโลกชีวิตจริง	-	-	4 (100)
การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง	-	-	4 (100)
การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของ ปัญหา	-	-	4 (100)
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	-	-	100

ตาราง 23 สรุปร้อยละของกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการของวงจรปฏิบัติการที่ 3

กระบวนการ	จำนวนกลุ่มนักเรียน(ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	93.75	6.25	0
2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	91.67	8.33	0
3. การตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	100	0	0
เฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	95.14	4.86	0

จากข้อมูลในตาราง 23 เมื่อพิจารณาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยรวม พบว่าไม่พบนักเรียนที่มีกระบวนการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง พบอยู่ในระดับพอใช้เพียงเล็กน้อย และนักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีคิดเป็น ร้อยละ 93.75 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี ร้อยละ 91.67 และการตีความและประเมินผลลัพธ์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 100 สรุปในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 95.14 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 4.86

จากนี้ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียนที่แสดงถึงกระบวนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยแยกเป็นกระบวนการ ดังนี้

#### การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการจัดกิจกรรมด้วยการสนทนาเกี่ยวกับ หน้าที งานบ้านที่นักเรียนรับผิดชอบ และเน้นไปที่ขั้นตอนของการล้างทำความสะอาดจานว่ามีขั้นตอนอย่างไรบ้าง ต่อจากนั้นผู้วิจัยเชื่อมโยงบทสนทนาไปสู่ปัญหาที่เกิดขึ้นในการล้างจาน ซึ่งนักเรียนมีการอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้ “คราบมันล้างไม่ค่อยออก น้ำยาล้างจานมีราคาแพงถ้าใช้ในปริมาณมากจะเปลืองเงิน แต่ถ้าใช้

น้อยเกินไปจะทำให้ไม่สะอาด" ผู้วิจัยจึงถามนักเรียนต่อว่า ถ้าจะทำน้ำยาล้างจานใช้เอง น้ำยาล้างจานที่ดีต้องมีลักษณะเป็นอย่างไร ซึ่งนักเรียนแสดงความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังตัวอย่างการตอบของนักเรียนดังนี้ "ต้องล้างได้สะอาด ราคาถูก มีกลิ่นหอม ล้างแล้วไม่มีกลิ่นติด ปลอดภัย ไม่ใช่สารเคมีที่อันตราย" (นักเรียนกลุ่มที่ 4, เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 21 กุมภาพันธ์ 2563)

ครูใช้คำถาม "แล้วรู้ไหมว่า ในน้ำยาล้างจานประกอบไปด้วยอะไรบ้าง" นักเรียนตอบว่า "ประกอบไปด้วยสารต่าง ๆ ค่ะ" จากนั้นครูให้เวลานักเรียนในคันทักว่าเกี่ยวกับหัวข้อ ส่วนประกอบที่มีอยู่ในน้ำยาล้างจาน แล้วนำมาสนทนาร่วมกัน หลังจากนั้นผู้วิจัย แจกสถานการณ์ปัญหาดังนี้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษา ดังนี้ "ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้ในครัวเรือนของตนเอง ให้มีประสิทธิภาพในการขจัดคราบต่าง ๆ บนจาน ชาม มีความปลอดภัยและมีราคาถูกที่สุด จำนวน 1 กิโลกรัม และมีราคาถูกที่สุด" ผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา และใช้คำถามโดยให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรม โดยใช้คำถามดังนี้ "นักเรียนคิดว่า การทำน้ำยาล้างจานมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อย่างไร" ซึ่งจากการตรวจใบกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการระบุดังภาพ 76

3. นักเรียนคิดว่า การทำน้ำยาล้างจานมีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์อย่างไร

~~ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน~~ ~~ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน~~ ~~ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน~~ ~~ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน~~  
 ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน ที่เข้มข้นมากก็จะทำให้ล้างจานได้สะอาด ความเข้มข้น  
 ได้มาจาก อัตราส่วน ปลอดภัย และทรงสวยงามกรใช้ใกล้ในครัว ซึ่งปลอดภัยต่าง ๆ

ภาพ 76 แสดงตัวอย่างการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 3 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกคำตอบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 : กิโลกรัม อัตราส่วน ร้อยละ คำนวณวัตถุดิบ ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน การชั่ง การตวง

กลุ่มที่ 2 : ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน ความเข้มข้นเป็นร้อยละ การชั่ง การตวง การใช้เครื่องชั่ง

กลุ่มที่ 3 : ความเข้มข้นของน้ำยาล้างจาน ถ้าเข้มข้นมากก็จะล้างจานสะอาด อัตราส่วน ร้อยละ การชั่ง การตวง การใช้เครื่องชั่งในการชั่งวัตถุดิบต่าง ๆ

กลุ่มที่ 4 : การคำนวณวัตถุดิบที่ใช้ทำน้ำยาล้างจานเป็นร้อยละ เพื่อให้สามารถขจัดคราบและมีความเข้มข้นพอดี



จากการตรวจใบกิจกรรมจะสังเกตเห็นว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถการระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงอยู่ในระดับดี นั่นคือ ระบุได้ว่า ต้องใช้ความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละเข้ามาแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าว

ในกิจกรรมการเรียนรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึงกฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์ จากการตรวจใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 5.1 และ 5.2 สังเกตเห็นว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายของตัวถูกละลายทุก ๆ ตัว ก่อนการหาคำยาล้างจาน โดยแยกคิดตัวถูกละลายแต่ละตัว มีการแสดงวิธีคิดอย่างเป็นระบบในเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อดูความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ว่าจะมีผลต่อชิ้นงานที่กำลังจะสร้างอย่างไร

5. กระบวนการทำน้ำยาล้างจาน

ตามสูตร

5.1. ส่วนผสมและปริมาณที่ใช้ (กำหนดให้เป็น กิโลกรัม)		ปริมาณที่ใส่ลง	
1. น้ำมะนาว ๑๖ กก.	๖. น้ำมะนาวสด ๐.๖ กก	๑) ๐.๐๕๗	๕) ๐.๐๕๗
2. น้ำตาล ๓ กก.	๗. สีส้ม ๐.๖ กก	๒) ๐.๑๗๑	๖) ๐.๐๒๙
3. กลิ่น ๑.๕ กก.		๓) ๐.๐๘๖	๗) ๐.๐๒๙
4. น้ำส้ม ๑๐ กก.		๔) ๐.๕๗๑	
5. N70 ๑:๑๐๐			

5.2. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโดยแยกชนิดของตัวถูกละลาย

น้ำมะนาว	๐.๐๕๗ x ๑๐๐ = ๕.๗%
น้ำตาล	๐.๑๗๑ x ๑๐๐ = ๑๗.๑%
กลิ่น	๐.๐๘๖ x ๑๐๐ = ๘.๖%
N70	๐.๐๕๗ x ๑๐๐ = ๕.๗%
น้ำส้ม	๐.๐๒๙ x ๑๐๐ = ๒.๙%
สีส้ม	๐.๐๒๙ x ๑๐๐ = ๒.๙%

รวมทั้งหมด ๕๑.๐%

ภาพ 77 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 5.1 และ 5.2 ของนักเรียนกลุ่มที่ 1

ซึ่งจากการตรวจใบกิจกรรมดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาร้อยละได้ถูกต้อง ดังนั้น นักเรียนทุกกลุ่มมีการรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์อยู่ในระดับดี

เมื่อพิจารณาภาพ 77 จะเห็นได้ว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำสถานการณ์ปัญหาให้อยู่ในรูปของคณิตศาสตร์ได้ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ ดังนั้นสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้นอยู่ในระดับดี

นักเรียนมีการนำเสนอส่วนผสมต่าง ๆ ในรูปของความเข้มข้นของสารละลาย(ร้อยละ) มีการใช้สัญลักษณ์เขียนออกมาเป็นความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน อยู่ในระดับดี

นักเรียนสามารถนำเสนอและจัดการปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และสร้างสมมุติฐานที่เหมาะสมในเรื่องร้อยละ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธี รวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมุติฐานที่เหมาะสมอยู่ในระดับดี

นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาที่เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงเชิงคณิตศาสตร์กับบริบทของปัญหาในเรื่องร้อยละได้โดยการเขียนออกมาเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความถูกต้อง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

และเมื่อผู้วิจัยสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียน พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการใช้เครื่องคิดเลขในโทรศัพท์มือถือในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยมีขั้นตอนในการกดเครื่องคิดเลขได้อย่างถูกต้องตามหลักการคิดร้อยละและสอดคล้องกับการบันทึกในใบกิจกรรมข้อที่ 5.2 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และมีการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาก็ถูกต้องหรือเหมาะสมอยู่ในระดับดี

การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์  
จากการตรวจใบกิจกรรมในข้อที่ 6.1.4 สังเกตเห็นว่า ในการปรับปรุงชิ้นงานครั้งที่ 2  
นักเรียนทุกกลุ่มมีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายของตัวถูกละลายทุก ๆ ตัว ก่อนการทำ  
น้ำยาล้างจานอีกครั้ง เพื่อจะได้ทราบว่า ความเข้มข้นของสารละลายแต่ละตัวที่นักเรียนปรับปรุงจะช่วยให้  
น้ำยาล้างจานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเพียงใด รวมถึงเพิ่มและลดปริมาณของวัตถุดิบแต่ละตัว ดังนี้

<p>6.1.3 นักเรียนมีการปรับปรุงอย่างไร เพิ่มเติมวัตถุดิบตัวใด จำนวนเท่าไร(กิโลกรัม) ในกระบวนการปรับปรุงนักเรียนมีการคำนวณเพื่อหาปริมาณของตัวถูกละลายหรือไม่ คำนวณอย่างไร จงแสดง</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>6.1.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยแยกชนิดของตัวถูกละลาย เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารละลาย</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

### ภาพ 78 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.3 และ 6.1.4 ของนักเรียนกลุ่มที่ 3

จะสังเกตได้ว่านักเรียนมีการใช้การคิดคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้อง และจากการสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนทุกกลุ่มมีการใช้เครื่องคิดเลขในโทรศัพท์มือถือในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยมีขั้นตอนในการกดเครื่องคิดเลขได้อย่างถูกต้องตามหลักการคิดร้อยละและสอดคล้องกับการบันทึกในใบกิจกรรมข้อที่ 6.1.4 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิติ นิพจน์พีชคณิตและสมการและการแสดงแทนทางเรขาคณิต และ การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน หลังจากให้นักเรียนได้นำยาล้างจานในชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา จนได้น้ำยาล้างจานออกมาแล้ว ให้

นักเรียนทั้ง 4 กลุ่ม ได้ทดสอบน้ำยาล้างจานของตนเองและเพื่อน ๆ ในชั้นสังเกตผลการทดสอบ และบันทึกข้อค้นพบลงในใบกิจกรรม โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกดังภาพ 79 และ 80

การทดสอบครั้งที่ 1	
6.1 ข้อค้นพบและสิ่งที่ต้องปรับปรุงจากการทดสอบครั้งที่ 1	
6.1.1 ข้อค้นพบ	
N๗๖ ไส้กรองขาว ใสใส N๗๖ ๗๖% คณบดีไม่หมดน้ำล้างจาน LAS ๗๖% 1๗๖ ๗๖% น้ำเย็นที่เย็น ๗๖% ๗๖% ๗๖% ๗๖%	
6.1.2 สิ่งที่ต้องปรับปรุง	
น้ำอุ่นสีชมพู N๗๖	N๗๖ ๗๖% LAS ๗๖%
น้ำเย็นสีชมพู N๗๖	๗๖% ๗๖% ๗๖%
6.1.3 นักเรียนมีการปรับปรุงอย่างไร เพิ่มเติมวัตถุดิบตัวใด จำนวนเท่าไร(กิโลกรัม)	
ในกระบวนการปรับปรุงนักเรียนมีการคำนวณเพื่อหาปริมาณของตัวถูกละลายหรือไม่ จำนวนอย่างไร จงแสดง <del>N๗๖ ๗๖%</del> ๗๖% ปริมาณน้ำล้างจาน LAS ๗๖%	

ภาพ 79 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 2

การทดสอบครั้งที่ 1	
6.1 ข้อค้นพบและสิ่งที่ต้องปรับปรุงจากการทดสอบครั้งที่ 1	
6.1.1 ข้อค้นพบ	
N 7๐ ไส้กรองขาว น้ำสะอาดใสใส N๗๖ ๗๖% น้ำเย็นที่เย็น ๗๖% ๗๖% ๗๖%	
6.1.2 สิ่งที่ต้องปรับปรุง	
น้ำเย็นสีชมพู N๗๖ ๗๖% LAS ๗๖%	
6.1.3 นักเรียนมีการปรับปรุงอย่างไร เพิ่มเติมวัตถุดิบตัวใด จำนวนเท่าไร(กิโลกรัม)	
ในกระบวนการปรับปรุงนักเรียนมีการคำนวณเพื่อหาปริมาณของตัวถูกละลายหรือไม่ จำนวนอย่างไร จงแสดง เพิ่ม N๗๖ LAS ๗๖% ปริมาณน้ำล้างจาน LAS ๗๖% เพิ่ม ๗๖% ๗๖% LAS ๗๖% ๗๖%	

ภาพ 80 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 6.1.1 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

จากการตรวจใบกิจกรรมที่ 3 ในข้อที่ 6.1.1 ข้อค้นพบ และ 6.1.2 สิ่งที่ต้องปรับปรุงในการทดสอบครั้งที่ 1 โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการบันทึกดังนี้

กลุ่มที่ 1 ข้อค้นพบ คือ ล้างจานไม่ค่อยสะอาด ล้างคราบครีมหักไม่ออก เพราะครีมหักมีความมันสูง สิ่งที่ต้องปรับปรุง ทำน้ำยาล้างจานให้เข้มข้นขึ้น เพิ่มส่วนผสมของ LAS60 เพื่อช่วยขจัดคราบ

กลุ่มที่ 2 ข้อค้นพบ คือ N70 ไม่ละลาย คราบออกไม่หมด ล้างน้ำมันพืชและซอสมะเขือเทศไม่ค่อยสะอาด สิ่งที่ต้องปรับปรุง คือ เปลี่ยนสูตร

กลุ่มที่ 3 ข้อค้นพบ คือ N70 ไม่ละลาย LAS60 มีความเข้มข้นไม่เพียงพอและไม่สามารถล้างครีมหักออกให้สะอาด สิ่งที่ต้องปรับปรุง คือ ต้องเพิ่มความเข้มข้น N70 และทำให้ละลาย

กลุ่มที่ 4 ข้อค้นพบ คือ N70 ไม่ละลาย น้ำยาล้างจานยังไม่ค่อยเข้มข้น ล้างน้ำมันพืชไม่สะอาด สิ่งที่ต้องปรับปรุง คือ คนให้นาน ๆ ให้ N70 ละลาย เพิ่มความเข้มข้นของ LAS60

นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการสังเกตผลการทดสอบ และสามารถระบุปัญหา ข้อค้นพบที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้วัตถุดิบต่าง ๆ ที่มีความเข้มข้นตามที่นักเรียนออกแบบ สามารถบอกได้ว่า จะแก้ไขปัญหาหรือข้อค้นพบอย่างไร เช่น น้ำยาล้างจานไม่สามารถทำความสะอาดคราบน้ำมันได้ ต้องเพิ่มความเข้มข้นของสารทำความสะอาดให้มากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 สามารถเขียนข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้ร้อยละในการกำหนดความเข้มข้นของสารละลายแต่ละชนิดได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี และพบว่า มีนักเรียน 1 กลุ่มอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากสามารถสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้แต่ไม่มีการให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์

#### การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

หลังจากที่นักเรียนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานแล้ว นักเรียนจะต้องนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของนักเรียน โดยจะต้องออกแบบวิธีการนำเสนอให้มีความน่าสนใจ และเพื่อน ๆ ในชั้นเรียนร่วมแลกเปลี่ยนแนวคิด ประสพการณ์ซึ่งกันและกัน หลังจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันเสร็จแล้ว ผู้วิจัยใช้คำถามกับนักเรียน ดังนี้ “นักเรียนคิดว่าความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นร้อยละส่งผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานและส่งผลต่อผู้ใช้ น้ำยาล้างจานได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย” ซึ่งนักเรียนมีการเขียนอธิบายดังภาพ 81 การเขียนบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 7 ของนักเรียน

7. นักเรียนคิดว่าความเข้มข้นของสารละลายที่เป็นร้อยละ ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานและส่งผลต่อผู้ใช้  
น้ำยาล้างจานได้อย่างไร จงเขียนอธิบาย

~~ส่งผลให้ คราบ ง่ายขึ้น และลดปริมาณน้ำยาล้างจาน~~

เมื่อเพิ่มปริมาณของ LAS ส่งผลให้ ขจัดคราบ ได้ดี จำนวน  
น้ำที่ 1 ทนสะอาด ส่งผลให้ผู้ที่ใช้ห้ยาล้างจานใหม่ต้องซื้อใหม่น้อยลง

#### ภาพ 81 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 7 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการอธิบายดังนี้

กลุ่มที่ 1 ส่งผลให้คราบที่อยู่บนจาน เนื่องจากใส่ N70 ปริมาณที่น้อยจึงมีความเข้มข้นน้อย แต่ถ้าเข้มข้นมากจะดี

กลุ่มที่ 2 เมื่อเพิ่มปริมาณของ LAS60 ส่งผลให้ขจัดคราบได้ดี

กลุ่มที่ 3 ส่งผลทำให้คราบที่ติดอยู่บนจานสะอาด เนื่องจากการปรับปรุง 2 ครั้ง แล้วทำให้น้ำยาล้างจานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กลุ่มที่ 4 ส่งผลทำให้คราบในจานหลุดออกหมดจด ขจัดคราบได้เกลี้ยง ไม่มีความมัน

นักเรียนทุกกลุ่มทำน้ำยาล้างจานขึ้นมา โดยทราบถึงความเข้มข้นของวัตถุดิบที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของน้ำยาล้างจานที่นักเรียนสร้างขึ้นและสามารถอธิบายได้ ดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

ผู้วิจัยใช้คำถามกับนักเรียนอีก 1 คำถาม ดังนี้ “นักเรียนคิดว่า ผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานที่คำนึงถึง ความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละ ในการทำน้ำยาล้างจาน มีความเหมาะสมหรือไม่หรือไม่ต้องคำนึงถึงก็ได้” ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการเขียนอธิบายไว้ดังภาพ 82

8. นักเรียนคิดว่า ผลค่าน้ำยาล้างจาน ที่คำนึงถึง ความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละ ในการทำน้ำยาล้างจาน มีความเหมาะสมหรือไม่ หรือไม่ต้องคำนึงถึงก็ได้

เหตุผล : เพราะถ้าไม่คำนึงถึงความเข้มข้น ทำน้ำยาล้างจานก็จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบ

ภาพ 82 แสดงการบันทึกใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 8 ของนักเรียนกลุ่มที่ 4

โดยนักเรียนมีการอธิบายดังนี้

กลุ่มที่ 1 ต้องคำนึง เพราะ จะได้มีความเข้มข้น

กลุ่มที่ 2 เหมาะสม เพราะ ถ้าไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของสารละลายน้ำยาล้างจานอาจจะทำความสะอาดไม่ดี

กลุ่มที่ 3 เหมาะสม เพราะต้องคำนึงถึงความเข้มข้นของสารละลาย เพื่อช่วยให้น้ำยาล้างจานกำจัดคราบได้ดียิ่งขึ้น

กลุ่มที่ 4 เหมาะสม เพราะถ้าไม่คำนึงถึงความเข้มข้น น้ำยาล้างจานก็จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบ

จากการเขียนตอบในใบกิจกรรมที่ 3 ข้อที่ 8 ของนักเรียนทุกกลุ่ม พบว่า นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปเกี่ยวกับร้อยละจึงมีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหา จึงสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนทุกกลุ่มมีการอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาในระดับดีและนักเรียนทุกกลุ่มมีการตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงอยู่ในระดับดี

เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในระดับที่ดีขึ้นในทุกกระบวนการการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังรายละเอียดในตาราง 24

ตาราง 24 แสดงกลุ่มนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการที่	จำนวนกลุ่มนักเรียน(ร้อยละ)								
	วงจรที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3		
	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง
การคิด									
สถานการณ์	91.7	8.3	0	100	0	0	93.75	6.25	0
ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์									
การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา									
การตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์									
เฉลี่ยร้อยละ	75.57	24.43	0	87.5	6.25	6.25	95.14	4.86	0

จากตาราง 24 แสดงจำนวนกลุ่มนักเรียนตามกระบวนการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ จากทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เมื่อพิจารณาตามระดับของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ พบว่า วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 75.57 พบอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 24.43 วงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 87.50 พบอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 6.25 และอยู่ในระดับควรปรับปรุง ร้อยละ 6.25 วงจร



ปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 95.14 พบอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 4.86

จากที่กล่าวมาทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้นตามลำดับ

## 2. ผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล ในชั้นเรียนประกอบไปด้วยนักเรียน 19 คน เป็น ชาย 6 และหญิง 14 คน ซึ่งมีนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา 2 คนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ 1 คน ทำให้การประเมินโดยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 16 คน ซึ่งแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้ง 17 ข้อจะครอบคลุมกระบวนการการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กระบวนการ คือ

1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 10 กิจกรรม
2. การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีการดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 8 กิจกรรม
3. การตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ 6 กิจกรรม

ซึ่งแต่ละข้อเป็นแบบเขียนตอบแบบอิสระ มีคะแนนข้อละ 2 คะแนน ทั้ง 17 ข้อ โดยมีผลการทดสอบโดยใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีรายละเอียดดังตาราง 25

จากการวิเคราะห์คะแนนที่ใช้แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีรายละเอียดดังตาราง 25

ตาราง 25 แสดงร้อยละของนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแต่ละกระบวนการ

รายการประเมิน	จำนวนนักเรียน(ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา			
1. การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ	43.75	43.75	12.50
2. การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์	50.00	50.00	0.00
3. การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น	50.00	50.00	0.00
4. การระบุข้อจำกัดและสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบท	68.75	25.00	6.25
5. การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม	62.50	25.00	12.50
6. การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม	50.00	43.75	6.25
7. การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์	68.75	25.00	6.25
8. การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน	31.25	62.50	6.25
9. การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	62.50	37.50	0.00

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
<b>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา</b>			
10. การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)	50.00	43.75	6.25
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	53.75	40.63	5.625
<b>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา B</b>	<b>ดี</b>	<b>พอใช้</b>	<b>ปรับปรุง</b>
1.การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้	68.75	25.00	6.25
2.การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม	43.75	43.75	12.50
3.การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา	62.50	37.50	0.00
4.การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการและการแสดงแทนทางเรขาคณิต	50.00	50.00	0.00
5.การเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น	50.00	43.75	6.25
6.การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา	31.25	62.50	6.25
7.การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา	31.25	68.75	0.00

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวนนักเรียน(ร้อยละ)		
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
<b>การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา B</b>			
8.การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	50.00	43.75	6.25
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	48.44	46.88	4.69
<b>การตีความการประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์</b>	<b>ดี</b>	<b>พอใช้</b>	<b>ปรับปรุง</b>
1.การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง	75.00	18.75	6.25
2.การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง	68.75	18.75	12.50
3.ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร	75.00	18.75	6.25
4.การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา	68.75	18.75	12.50
5.ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	43.75	56.25	0.00
6.การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหา	68.75	25.00	6.25
<b>เฉลี่ย(ร้อยละ)</b>	66.67	26.04	7.29

จากตาราง 25 สามารถสรุปการรู้เรื่องคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีรายละเอียด แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังตาราง 26

ตาราง 26 แสดงสรุประดับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามของแต่ละกระบวนการ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)		
	ดี (2)	พอใช้ (1)	ปรับปรุง (0)
1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	53.75	40.63	5.625
2. การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	48.44	46.88	4.69
3. การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	66.67	26.04	7.29
เฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	56.28	37.85	5.87

จากตาราง 26 นักเรียนที่ได้เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีระดับของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ดังนี้

การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ร้อยละ 53.75 อยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 40.63 อยู่ในระดับดี ในระดับดี และร้อยละ 5.625 อยู่ในระดับพอใช้

การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ร้อยละ 48.44 อยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 46.88 อยู่ในระดับดี และ ร้อยละ 4.69 อยู่ในระดับพอใช้

การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ร้อยละ 66.67 อยู่ในระดับดีมาก ร้อยละ 26.04 อยู่ในระดับดี และร้อยละ 7.29 อยู่ในระดับพอใช้

สรุปเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 56.28 ระดับพอใช้ ร้อยละ 37.85 และระดับควรปรับปรุง ร้อยละ 5.87

มีนักเรียนที่ไม่สามารถทำแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ได้เนื่องจากเป็นนักเรียนที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา 1 คน เป็นนักเรียนที่บกพร่องทางการเรียนรู้ 2 คน

## บทที่ 5

### บทสรุป

การวิจัยเรื่อง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สถานการณ์รถบรรทุกสุดแกร่ง วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่องสัดส่วน สถานการณ์สังขยาน้ำอร่อย และวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ร้อยละ สถานการณ์น้ำยาล้างจานมหัศจรรย์ แต่ละวงจรปฏิบัติการประกอบด้วย 6 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นระบุปัญหา ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การขึ้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยจัดการกิจกรรมสัปดาห์ละ 6 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตการณ์จัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ใบกิจกรรม ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัย ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

## สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้ค้นพบ ได้แก่

1. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้อง ใกล้ตัวของผู้เรียน
2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง
3. สาระสำคัญทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นสาระสำคัญที่มีความสอดคล้องกับสาระสำคัญวิชาคณิตศาสตร์ และเน้นการปฏิบัติทดลอง การลงมือเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติจริง
4. การบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาต้องมีความสอดคล้อง เชื่อมโยงกัน

จากผลการวิจัยผู้วิจัยได้ค้นพบแนวทางที่เหมาะสมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 1. ขั้นการระบุปัญหา

ก่อนการนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ผู้วิจัยควรมีการนำนักเรียนสนทนาหรือพูดคุยในประเด็นที่น่าสนใจ อาจยกสถานการณ์มาร่วมกันพูดคุย นำเสนอเป็นวิธีทัศนคติ โดยจะต้องพยายามใช้คำถามปลายเปิดร่วมด้วยเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน จากนั้นจึงนำนักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา โดยสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน หรือเป็นสถานการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น สถานการณ์ในครอบครัว ชุมชน จะช่วยให้นักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา สามารถนำมาใช้แก้ไขปัญหาได้และไม่มี ความซับซ้อนมากเกินไป มุ่งแก้ไขปัญหามองประเด็นใดประเด็นหนึ่ง เมื่อนักเรียนได้ศึกษาสถานการณ์ปัญหานักเรียนบางคนอาจสับสนใจการระบุปัญหา ผู้วิจัยจะต้องมีการอธิบายการระบุปัญหาให้นักเรียนได้เข้าใจ

### 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องพยายามให้นักเรียนทุกคนได้เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ถ้ามีกิจกรรมที่เป็นกิจกรรมทดลองควรให้นักเรียนได้เรียนรู้ และคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ ก่อนที่จะได้ปฏิบัติกิจกรรม เพราะนักเรียนไม่มีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ จึงทำให้นักเรียนใช้อุปกรณ์ไม่เป็น ส่งผลให้การดำเนินกิจกรรมช้าและนักเรียน

ขาดความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์ นักเรียนบางคนอาจจะไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนด้วยการซักถาม หรือใช้แบบทดสอบ เพื่อให้ทราบว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการแก้ไข โดยใช้อธิบายซ้ำ การยกตัวอย่างให้เกิดความเข้าใจ เพราะถ้านักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหามาในสถานการณ์ที่กำหนดได้ ในขั้นนี้จะใช้ระยะเวลาที่ค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้วิจัยต้องพยายามควบคุมเวลาในการจัดกิจกรรมให้เหมาะสม

### 3. ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ใช้แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาโดยใช้คำถามปลายเปิดซักถามนักเรียน ควรเน้นย้ำให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานให้ละเอียดหรือมีการลำดับขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาให้ชัดเจน

### 4. ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะต้องกำหนดระยะเวลาในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนให้ชัดเจน เน้นย้ำให้เห็นความสำคัญของการซื้อของเพื่อมาทำชิ้นงานว่าสอดคล้องกับเงื่อนไขที่สถานการณ์ปัญหา กำหนดหรือไม่ ควรกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเห็นถึงความสัมพันธ์ของการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการสร้างชิ้นงานควรให้คิดได้ว่าชิ้นงานที่นักเรียนกำลังสร้างมีความสัมพันธ์กับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดซักถามนักเรียนอยู่เสมอระหว่างการทำกิจกรรม

### 5. ขั้นตอนทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนแต่ละครั้งควรมีการแสดงผลการทดสอบโดยอาจทำตารางสรุปหน้าชั้นเรียน ชิ้นงานให้นักเรียนสามารถเห็นได้ชัดเจน ผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้นักเรียนได้สังเกตผลการทดสอบชิ้นงานของตนเองว่ามีผลออกมาอย่างไร โดยผู้วิจัยอาจใช้คำถามปลายเปิดให้เกิดการคิดหรืออาจยกตัวอย่างวิธีการคิดใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้เข้าใจแล้วปล่อยให้ให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหา ปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ควรให้นักเรียนได้คิดและเข้าใจว่า ผลการทดสอบชิ้นงานเป็นผลมาจากการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อให้นักเรียนได้ เห็นแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงานโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง



## 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน หรือวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนที่สร้างสรรค์ ผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้มีเวลาในการเตรียมตัวสำหรับนำเสนอชิ้นงาน และหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้วิจัยควรให้นักเรียนได้สะท้อนหรือตีความเกี่ยวกับ การใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานนั้นส่งผลอย่างไรต่อการแก้ปัญหา หรือต่อชิ้นงาน มากน้อยเพียงใด ช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดหรือไม่อย่างไร

### 2. ผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่ว และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีพัฒนาการการรู้เรื่องคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างเป็นลำดับ ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 2.1 การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 91.7 และอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 8.3 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดีทั้งหมด ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 93.75 และอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 6.25 สรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

#### 2.2 การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 85 และอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 15 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 68.75 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 12.5 อยู่ในระดับควรปรับปรุง ร้อยละ 18.75 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 91.67 และอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 8.33 สรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ที่สูงขึ้น

#### 2.3 การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 50 และอยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 50 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 93.75 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 6.25 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดีทั้งหมด สรุปได้ว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ที่สูงขึ้น

สรุปผลเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 75.57 อยู่ในระดับพอใช้ 24.43 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนอยู่ในระดับดีร้อยละ 87.5 อยู่ในระดับพอใช้ 6.25 และอยู่ในระดับควรปรับปรุง ร้อยละ 6.25 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนอยู่ในระดับดี ร้อยละ 95.14 อยู่ในระดับพอใช้ ร้อยละ 4.86 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีการพัฒนาที่สูงขึ้นตามลำดับ

### อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา การนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงและใกล้ตัวนักเรียน เช่น สถานการณ์ในครอบครัว สถานการณ์ในชุมชน โรงเรียน สถานการณ์การขับรถเดินทางท่องเที่ยวกับครอบครัว หรือการทำอาหาร ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและถึงความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในโลกชีวิตจริง สอดคล้องกับ จินดา พรหมณัฐ (2553) กล่าวว่า การกำหนดสถานการณ์ในบริบทที่มีความเกี่ยวข้องกับนักเรียนหรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความสนใจ จะทำให้นักเรียนได้นึกถึงและอภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นที่ไหน เมื่อไร อย่างไร และผลที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร รวมถึงให้นักเรียนได้กำหนดปัญหาและค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Stephanie Hoover (2012) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาจากบริบทของนักเรียนจะทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ถึงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้และ สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557, หน้า 4) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาครูต้องออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตจริง เพื่อฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมของนักเรียน ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในการนำเสนอความรู้ใหม่หรือแนวคิดใหม่ ผู้สอนควรทบทวนความรู้เดิมเพื่อให้นักเรียนสามารถเกิดองค์ความรู้ และนำความรู้มาบูรณาการใช้ในการแก้ปัญหา เช่น จากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง

สัดส่วน โดยมีกิจกรรมเรื่องง่าย ๆ สไลด์สัดส่วน ซึ่งกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้แนวคิดเกี่ยวกับ สัดส่วน ได้แก่ ความหมายของสัดส่วน สัดส่วนตรง สัดส่วนผกผัน ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความยากทำให้นักเรียนบางคนไม่เข้าใจ ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องมีการทบทวนความรู้เรื่องอัตราส่วนให้กับนักเรียนก่อน เนื่องจากเนื้อหานั้นมีความสัมพันธ์กันและแนวคิดเรื่องอัตราส่วนเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้แนวคิดเรื่องสัดส่วน โดยครูจะต้องมีการอธิบาย ยกตัวอย่างเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เรื่องอัตราส่วน เพื่อให้นักเรียนได้สามารถนำแนวคิดมาต่อยอดในการเรียนรู้เรื่องสัดส่วนต่อไปได้ สอดคล้องกับ ทิฏฐิภัทรา สุดแก้ว (2554) กล่าวว่า ครูควรมีการทบทวนความรู้เดิมและพยายามให้นักเรียนได้ระลึกถึงความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวกับเนื้อหาใหม่ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น ยกตัวอย่าง การใช้คำถามเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเรียน จะทำให้นักเรียนมีความรู้และข้อมูลเพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และนอกจากนี้ควรเตรียมสื่อและเอกสารประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความครอบคลุมในหลาย ๆ วิชา เพื่อให้นักเรียนได้สืบค้นหาข้อมูล หาความรู้และสร้างองค์ความรู้มาใช้ประกอบในการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดอื่น ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และอื่น ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแก้ปัญหาได้ ดังที่ Morgan, Capraro (2013) การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนั้นจะต้องมีการศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้งเพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ Householder and Hailey (2012) การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมนักเรียนต้องศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้เข้าใจ โดยต้องมีความรู้หรือข้อมูลที่พร้อมต่อการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนสามารถออกแบบและแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ครูจะต้องพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ใช้ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาโดยใช้คำถามปลายเปิดชักถามนักเรียน สอดคล้องกับ Capraro and Capraro (2013) กล่าวว่า การที่ชั้นกิจกรรมเน้นให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างชิ้นงานจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ เพราะนักเรียนสามารถดึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในเชิงทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติจริงให้เป็นรูปชิ้นงานได้ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมในชั้นตอนนี้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีการใช้ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง สอดคล้องกับ สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง

**ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา** ในขั้นนี้ นักเรียนจะได้ดำเนินการสร้างชิ้นงานที่ได้จากการออกแบบ ผู้วิจัยควรส่งเสริมให้นักเรียนออกแบบตามแบบที่นักเรียนสร้างไว้ และผู้วิจัยควรเตรียมอุปกรณ์ให้มีความพร้อมและเพียงพอต่อการทำกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Robert (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 104-109) การจัดกิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา ครูจำเป็นต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อม มีการกำหนดเวลาทำงาน อีกทั้งต้องมีการตรวจสอบความคิดเห็นของนักเรียน เช่น อาจให้นักเรียนได้อธิบายสิ่งที่ออกแบบไว้ และพยายามไม่ให้นักเรียนหลงประเด็น นอกจากนี้ต้องให้นักเรียนจดบันทึกการทำงานของกลุ่มตน

**ขั้นที่ 5 การขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน** ในกระบวนการทดสอบชิ้นงานของนักเรียนนักเรียนจะได้สังเกตเห็นปัญหาของชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งชิ้นงานที่สร้างขึ้นต้องอาศัยการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในการสร้าง และดำเนินการปรับปรุง ผู้วิจัยจะต้องให้นักเรียนได้สังเกต บันทึก ผลของการทดสอบอย่างชัดเจนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แก้ปัญหาได้ตรงจุด สอดคล้องกับ (Householder and Hailey, 2012; Morgan, Capraro and Capraro, 2013 จาก Brophy et al, 2008) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้ตรวจสอบและประเมินการออกแบบและชิ้นงานของตนเอง มีการปรับปรุง ซ่อมแซม ทำซ้ำจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหามากขึ้นและทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของชิ้นงาน วิธีการแก้ปัญหาว่าเป็นไปตามที่หวังไว้หรือไม่ ดังนั้นในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

**ขั้นที่ 6 ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน** นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันคิดวิธีการนำเสนอผลการแก้ปัญหาให้มีความน่าสนใจ เข้าใจได้ง่าย เช่น การนำเสนอพร้อมทั้งชิ้นงานที่นักเรียนสร้าง และเมื่อมีการออกมานำเสนอควรมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยควรสร้างบรรยากาศ ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างสรรควิธีการนำเสนอให้เวลานักเรียนวางแผนการนำเสนอ และกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนแนวคิด เน้นย้ำให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ส่งผลต่อชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในชั้นเรียน ผู้วิจัยคอยให้คำแนะนำนักเรียนถ้านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สอดคล้องกับ Robert (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 104-109) ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอผลการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้นกระตุ้นให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานนั้น ซึ่งนักเรียนจะต้องบันทึกข้อเสนอแนะของครูและเพื่อนครู

เพื่อการปรับปรุงแก้ไขผลงาน ดังนั้นในขั้นนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการตีความ การประยุกต์ใช้ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

**2. ผลการพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

### 2.1 การคิดสถานการณ์ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์

นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ กล่าวคือ การที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมผ่านสถานการณ์ปัญหาที่มีความใกล้เคียง สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ยังช่วยให้นักเรียนสามารถบอกรายละเอียดในการนำเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหา โดยสามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตของคณิตศาสตร์ เช่น การที่นักเรียนใช้ความรู้เรื่องสัดส่วนเพื่อใช้หาปริมาณของวัตถุดิบในการทำสังขยาในปริมาณที่มากขึ้นหรือน้อยลง มีการใช้เครื่องหมาย สัญลักษณ์แสดงความสัมพันธ์ของสถานการณ์ปัญหาให้ออกมาอยู่ในรูปของคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Hoover (2012) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการกำหนดสถานการณ์ปัญหาจากบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ถึงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ เนื่องจากผู้วิจัยได้เน้นย้ำการเรียนรู้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจให้ได้มากที่สุด และการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทำให้นักเรียนได้ใช้หลักการแนวคิดทางคณิตศาสตร์บูรณาการในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีการสร้าง ปรับปรุง ซึ่งานอย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับ Lyn and Donna (2015) ที่พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถประยุกต์ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์มาเข้ากับวิทยาศาสตร์ในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาได้ สอดคล้องกับ รัชพล ธนานุวงศ์ (2556, หน้า 1-3) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบประสานรวมกันของทั้ง 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปรายและสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาแกนหลักทางวิชาการได้อย่างดี

## 2.2 การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

นักเรียนส่วนใหญ่มีการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหายู่ในระดับที่ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ กล่าวคือ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ อาจเนื่องจากครูมีการตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สังเกตเห็นได้จากร่องรอยการแสดงวิธีการคิด การคำนวณ การดำเนินการต่าง ๆ การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ การใช้เครื่องคำนวณได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ซึ่งให้เห็นถึงการใช้แนวคิดเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ มาใช้ในการออกแบบปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างชัดเจน ดังเช่น นักเรียนมีการใช้แนวคิดเรื่อง อัตราส่วน มาใช้ในการหาอัตราทดของเฟือง การใช้สัดส่วนในการคิดหาปริมาณของวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง การใช้แนวคิดเรื่อง ร้อยละ ในการหาความเข้มข้นของสารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามี การบูรณาการความรู้วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหานั้นต้อง ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา ดังนั้น การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงสามารถส่งเสริมการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับ รุ่งทิพา บุญมาโดน และคณะ (2561) พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานส่งผลให้เกิดการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ด้านการคิดสถานการณ์ของปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และการใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหายู่ในระดับดีมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Scott (2012) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่ง ในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำให้นักเรียนที่เข้าร่วมการเรียนรู้แบบ STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่า นักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมการเรียนรู้แบบ STEM

## 2.3 การตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

นักเรียนส่วนใหญ่มีการตีความ การประยุกต์ใช้และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 และ 3 กล่าวคือ นักเรียนสามารถสะท้อนวิธีแก้ปัญหาผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาในโลกชีวิตจริงได้ อาจเนื่องมาจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนจะต้องออกแบบและสร้างชิ้นงานเพื่อนำมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งนักเรียนได้เห็นผลของการแก้ปัญหาจากการทดสอบชิ้นงานที่สร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยตรง เช่น การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำยาล้างจานที่นักเรียนสร้าง

ขึ้นโดยคำนึงถึงความเข้มข้นของสารละลาย (ร้อยละ) เป็นต้น ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนร้อยละ 50 อยู่ในระดับสูง และระดับพอใช้เท่ากัน โดย นักเรียนบางส่วนไม่สามารถสะท้อนผลการใช้แนวคิดเรื่องอัตราส่วนกับอัตราทดของเฟืองได้ นักเรียนอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานอย่างไร แต่ไม่สามารถตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุง หรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร จึงไม่สามารถนำไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

จากที่กล่าวมาข้างต้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยพัฒนาการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ วรินทร์ สุภาพ (2561) ได้กล่าวว่า เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา คือ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการใช้แนวคิดและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผสมผสานกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ และเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัว ที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีเป้าหมายหลักในการพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้รู้คณิตศาสตร์ (Math literate)

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เน้นการบูรณาการ ดังนั้นครูควรมีการใช้คำถามปลายเปิดกระตุ้นการคิดของนักเรียนเสมอ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดและนำคณิตศาสตร์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาได้ พร้อมทั้งตีความคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ชีวิตจริงอย่างเหมาะสม

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้สาขาวิชา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเน้นให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดต่าง ๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ดังนั้นครูควรมีการเตรียมความพร้อมความรู้พื้นฐานในแต่ละสาขาวิชาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง และทบทวนความรู้ต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีความรู้ มีความเข้าใจแนวคิดที่จำเป็นและเพียงพอสำหรับบูรณาการในการแก้ปัญหา

1.3 ในการออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษา เอกสาร แนวคิดทางเนื้อหาสาระวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ให้มีความเข้าใจเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวางแผนและออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้อง สัมพันธ์กัน รวมถึงมีความท้าทาย น่าสนใจ เหมาะสมกับวัยผู้เรียน

1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นการรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา วิชาวิทยาศาสตร์ควรใช้กิจกรรมที่นักเรียนได้ทดลอง ได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากการสังเกตผลการทดลอง ส่งผลให้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบ และสร้างชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนจะได้ออกแบบและสร้างชิ้นงาน โดยผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานมีจุดเด่นที่แตกต่างกันและมีความคิดที่สร้างสรรค์ในการออกแบบและสร้างชิ้นงาน ดังนั้นจึงควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ต่อไป



**บรรณานุกรม**

### บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, 18(4), 338-340.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสาระภูมิศาสตร์ในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
- กาญจนา จิตกั้งวัน. (2559). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมการรู้คณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- กัธร คงอรุณ. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนครสวรรค์, พิษณุโลก.
- เขมวดี พงสานนท์. (2557). สะเต็มศึกษา : นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/STEM-Ed-PPT>
- จินดา พรหมณัฐ. (2553). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จินดารัตน์ โพธิ์นอก. (18 เมษายน 2561). องค์ความรู้ ภาษาวรรณกรรม: การรู้คณิตศาสตร์. เดลินิวส์, 25.
- ทองพันธ์ ยงกุล. (2554). การวิเคราะห์หุระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดศรีสะเกษ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ทิฏกัทร่า สุดแก้ว. (2554). การพัฒนารูปแบบการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผ่านเครือข่ายทางสังคมออนไลน์ เรื่อง ภูมิปัญญาท้องถิ่น. ปรียญวิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- ทิตนา แชมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. วารสารนักบริหาร (Executive Journal), 33(2), 49-56.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. นิตยสาร สสวท., 42(185), 14-16.
- พัทลย์ อุดมสันติ. (2560). การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ ใ้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง แสงและที่ านอุปกรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ไพศาล วรคำ. (2552). การวิจัยทางการศึกษา. กภาพสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- ภูมิศรัณย์ ทองเลี่ยมณาค. (28 มิถุนายน 2561). เด็กไทยกับการสอบ PISA : มาสาคดีกับความ เป็นจริง. สืบค้นเมื่อ 9 กรกฎาคม 2562, จาก <https://www.the101.world/thai-student-and-pisa-myth/>
- มนตรี จุฬาวัดมนทล. (2556). STEM Education การเปลี่ยนแปลงที่ท้าทาย. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 42(12), 185.
- มนตรี จุฬาวัดมนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม (STEM Education Thailand and STEM Ambassadors). นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(185), 14-18.
- รักษพล ธานานวงศ. (2556). รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- รักษศิริ จิตอารี. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เพื่อเสริมสร้างการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- รุ่งทิวา บุญมาโตนและคณะ. (2561). การพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 29(2), 51-61.
- ลัดดา ภูเกียรติ. (2552). การสอนแบบโครงงานและการสอนแบบใช้วิจัยเป็นฐาน : งานที่ครู ประถมทำได้. กรุงเทพฯ: สาระแอนด์ซันพริ้นติ้ง.
- วรินทร์ สุภาพ. (2561). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา : วิธีการ ความหวังและความท้าทาย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(4), 302-314.
- วดีนิษฐ์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศดิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: บอสรส์การ์พิมพ์.
- สกล ตั้งเก้าสกุล, (2560), การพัฒนาชุดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวความคิดการใช้บริบท เป็นฐานร่วมกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน มัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2557). การวิเคราะห์การสอบพินิจและโอเน็ตของ สถาบันการศึกษาแห่งชาติ เพื่อปฏิรูปการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์. สืบค้น เมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก <https://www.niets.or.th/th/content/download/304>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). กรอบโครงสร้างการประเมินผล นักเรียน โครงการ PISA 2015. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). คู่มืออบรมหลักสูตรครูสะเต็ม ศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2562. ผลการประเมิน PISA2018. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561, จาก <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-12/>
- สมชาย พัฒนาชวนชม. (2557). สะเต็มศึกษา. นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(18), 45-55.
- สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา. (กันยายน 2560). นโยบายด้านวิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้การบริหารของประธานาธิบดีทรัมป์. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2562, จาก <http://ost.thaiembdc.org>
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2561). การรู้คณิตศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562, จาก <http://www.royin.go.th/?knowledges>
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทิศทางสำหรับศตวรรษที่ 21. เพชรบูรณ์: จุฬาลงกรณ์พิมพ์
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา STEM Education. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(3), 202-210.
- สุชาดา บัณฑิตวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(188), 35-39.
- สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2549). การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้ : รายงานการประเมินผลการเรียนรู้ จาก PISA 2003. กรุงเทพฯ : เซเว่นพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. นิตยสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(186), 3-5.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2557). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน Classroom action research. (พิมพ์ครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อนัญลักษณ์ ลีละศรัย. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบโครงการตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องความน่าจะเป็นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- อภิสิทธิ์ ธงชัยและคณะ (2555). Science technology, engineering, mathematics education: Preparing student for 21<sup>st</sup> century. สืบค้นเมื่อ 10 สิงหาคม 2562, จาก [https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive\\_journal/april\\_june\\_13/pdf/a.pdf](https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/april_june_13/pdf/a.pdf)
- อรรถัย มูลคำ. (2542). การบูรณาการหลักสูตรและการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : ที.พี.พรินท์
- อุปกาน จีระพันธ์. (2556). สะเต็มศึกษา. นิตยสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 42(185), 32.
- Bobby Ojose. (2011). Mathematics Literacy: Are We Able To Put The Mathematics We Learn Into Everyday Use?. *Journal of Mathematics Education*, 4(1), 89-100.
- Brophy S., Klein S., Porsmore, M. and Rogers C. (2008). Advancing engineering education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 369-387
- Brophy, K.P. and Rogors. (2008). Integrating engineering design challenges into secondary STEM. Brisbane, Australia: Queensland University of Technology.
- Hoover, S. (2012). Developing real-world math through literacy. *Ohio Journal of School Mathematics*, 65(11), 24-29.
- Householder, D.L. and Hailey. C.E. (2012). Incorporating engineering design challenges into STEM courses. Retrieved April 2,2020, from <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?>
- Lyn, D & Donna T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *English and King International Journal of STEM Education*, 14(2), 1-18.
- Morgan, J.R., Capraro, M.M. and Capraro, R.M. (2013). *STEM project-based learning: an integrated science, technology, engineering, and Mathematics (STEM) approach*. Rotterdam: Sense
- Organization for Economic Co-operation and Development. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing

**บรรณานุกรม (ต่อ)**

- Scott, C. (2012). **An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S.** *Journal of STEM Education*, 13(5), 30-39.
- Steen, L. A. (Ed.). (2001). **Mathematics and Democracy: The Case for Quantitative Literacy.** Princeton, NJ: National Council on Education and the Disciplines.
- Thompson, S., Hillman, K., & De Bortoli, L. (2013). **A teacher's guide to PISA mathematical literacy.** Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). **STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics.** Portsmouth, NH: Heinemann.

ภาคผนวก



## ภาคผนวก ก ราชานามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การพัฒนา  
กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่อง  
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

### 1. ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา

1.1 รองศาสตราจารย์.ดร. จักกฤษ กลิ่นเยี่ยม

อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรินทร์ พูนไพบลุยพิพัฒน์

อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ศึกษา

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ดร.อาทร นกแก้ว

อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ศึกษา

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

### 2. ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารและโภชนาการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชื่นกมล ปัญญาวยง

อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

### 3. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์

อาจารย์วลิดา อุ่นเรือน

อาจารย์ประจำวิชาฟิสิกส์

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

### 4. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

คุณครูมลชยา หวานชะเอม

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะครูชำนาญการ

โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม



### บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ : บัณฑิตวิทยาลัย งานวิชาการ โทร. ๘๘๘๘

ที่ : อว ๐๒๐๓.๐๒๖.๐๓๔๓ วันที่ : ๓๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง : ขออนุมัติขอเช่าห้องเครื่องมือนำไปใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กสิณเธิษ

ด้วย นายดระการ ชวีญเนตร รหัสประจำตัว ๖๓๐๗๐๖๓๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
คณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการเรียนรู้แบบบูรณาการแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดา บงกชเพชกร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
การค้นคว้าอิสระ

ใบการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาดำเนินการเห็นว่าท่านเป็น  
ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นวิทยากรผู้ตรวจประเมิน  
เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หรือเป็นอย่างอื่นว่า  
คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สิริโทษ วรรณวิจิตร)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ส่วนอำนวยการ 300 0 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
วิทยาเขตกำแพงแสน & หนองปรือ



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ที่ ๒๖ ๐๖๐๓๐๒/๑๐๔๕๒ วันที่ ๓๔ พฤษภาคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันพร หุ่นใหญ่ย์พิทักษ์

ด้วย นายตระการ ชวิญเนนพร รหัสประจำตัว ๖๑๐๓๐๖๒๐ บัณฑิตปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกษเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกษเพชร)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย





ที่ ฮว ๐๖๐๓.๐๒/ว ๐๔๔๑

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ย่านการเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ดร.อาทร บกแก้ว

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ  
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายตระการ ขวัญเนตร รหัสประจำตัว ๒๑๐๙๐๖๒๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
คณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คณิตศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตาม  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิญา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
การค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการ  
ค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะจะได้รับ  
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริโชค วัฒนวิจิตร)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๓. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๙๖-๔๘๓๔

โทรสาร ๐-๕๕๙๖-๔๘๒๖

๒. นายตระการ ขวัญเนตร

โทร ๐๙-๕๖๒๖-๕๕๙๕



รวมฉบับลงชื่อ 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

• ๕๕ (๒๕๓๑) - ๖๕ (๒๕๖๑)  
• ๖๕ (๒๕๖๑) - ๗๕ (๒๕๖๑)  
• ๗๕ (๒๕๖๑) - ๘๕ (๒๕๖๑)

ที่ บว ๐๖๐๓๐๒/ว ๐๑๙๑

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๔ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชินณล ปิฎญายง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายตระการ ชวีญเนตร รหัสประจำตัว ๖๑๐๙๐๖๒๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
คณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้ตามแนวทวงสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิดิยา นงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
การค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการ  
ค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความ  
อนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิวิลักษณ์ วรรณวิจิตร)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๖๖-๘๘๓๙

โทรสาร ๐-๕๕๖๖-๘๘๓๖

๒. นายตระการ ชวีญเนตร

โทร ๐๙-๕๖๒๖-๕๕๙๖



ศูนย์วิจัยวิจัย 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

- Sakon Nakhon Rajabhat University
- Sakon Nakhon Rajabhat University
- Sakon Nakhon Rajabhat University



ที่ 87/๐๖๐๕.๐๖/7 ๐๕๔๕

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อำนาจเจริญ จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๓๕ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุญาตเราขอตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ  
เรียน คุณวสิษฐา ชุ่มเวียน

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ  
๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายศรฤกษ์ ขวัญเนตร รหัสประจำตัว ๖๓๐๗๐๖๒๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
คณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คณิตศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรปริญญาการศึกษาภาคบัณฑิต โดเมมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
การค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการ  
ค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความ  
อนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริโชค วรรณวิจิตร)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๖๖-๘๘๙๔

โทรสาร ๐-๕๕๖๖-๘๘๖๖

๒. นายศรฤกษ์ ขวัญเนตร

โทร ๐๘-๕๖๒๖-๕๕๙๖



ธนะบุรีสถาน 30 ปี มหาวิทยาลัยนเรศวร

• ๕๕๖๖-๕๕๖๖  
• ๕๕๖๖-๕๕๖๖  
• ๕๕๖๖-๕๕๖๖



ที่ สพ ๐๖๐๓.๐๖/ว ๐๓๕๓

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ  
ท่าบ่อเมือง จังหวัดพิษณุโลก ๖๕๐๐๐

๑๕ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ

เรียน คุณมลชยา ทวานชะเอม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครร่างการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

๒. เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าอิสระ จำนวน ๑ ฉบับ

ด้วย นายตระการ ชวีอุเนตร รหัสประจำตัว ๖๓๐๕๐๖๒๐ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา  
คณิตศาสตร์ศึกษา สังกัดบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ได้ทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คณิตศาสตร์  
เรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑" เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้น  
หาค้นคว้าอิสระ โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สติยา บงกชเพชร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
การค้นคว้าอิสระ

ในการค้นคว้าอิสระเกี่ยวกับเรื่องนี้ บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้  
ความเชี่ยวชาญในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการ  
ค้นคว้าอิสระ ดังแนบมาพร้อมนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับ  
ความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สติโชค วรรณวิจิตร)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติราชการแทน  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

๑. งานวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

โทร ๐-๕๕๑๖-๘๘๐๓

โทรสาร ๐-๕๕๑๖-๘๘๑๖

๒. นายตระการ ชวีอุเนตร

โทร ๐๘-๕๖๒๖-๕๕๓๖



บัณฑิตวิทยาลัย 30 ปี มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ

• ๓๐ Years of Assumption  
• ๓๐ ปี อัสสัมชัญ  
• Assumption Celebrates 30 Years

ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

ตาราง 27 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ผลการประเมิน		
	แผน	แผน	แผน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	ที่ 1	ที่ 2	ที่ 3			
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>						
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	4.67	4.75	4.67	4.69	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	4.67	4.75	4.67	4.69	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
1.3 มีการบูรณาการมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี และตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	4.33	4.5	4.33	4.39	1.10	เหมาะสมมาก
<b>2. ด้านสาระการเรียนรู้</b>						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	4.67	4.5	4.33	4.50	0.58	เหมาะสมมากที่สุด



ตาราง 27 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความ คิดเห็น			ผลการ ประเมิน		ระดับ ความ เหมาะสม
	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
2.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.33	4.25	4.00	4.19	1.04	เหมาะสม มาก
2.3 ครอบคลุมด้านความรู้	4.33	4	4.00	4.11	1.10	เหมาะสม มาก
2.4 ครอบคลุมด้าน ทักษะกระบวนการ	4.00	4.25	4.00	4.08	0.99	เหมาะสม มาก
2.5 ครอบคลุมคุณลักษณะ อันพึงประสงค์	4.00	4.5	4.00	4.17	1.00	เหมาะสม มาก
2.6 ครอบคลุมการรู้ เรื่องคณิตศาสตร์	4.00	4.25	4.00	4.08	0.99	เหมาะสม มาก
<b>3. ด้านสาระการเรียนรู้</b>						
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.00	4	4.00	4.00	0.94	เหมาะสม มาก
3.2 มีความถูกต้อง	4.33	4.25	4.33	4.31	0.55	เหมาะสม มาก
3.3 เหมาะสมกับเวลา	4.00	4	4.33	4.11	0.80	เหมาะสม มาก
<b>4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>						
4.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.00	3.75	4.00	3.92	0.99	เหมาะสม มาก
4.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด การรู้คณิตศาสตร์	4.00	4	4.00	4.00	0.94	เหมาะสม มาก

ตาราง 27 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	
4.3 ส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา	4.00	4	4.00	4.00	0.94	เหมาะสมมาก
4.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยกัน	4.33	4.5	4.33	4.39	0.58	เหมาะสมมาก
4.5 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา	3.67	3.75	4.00	3.81	1.04	เหมาะสมมาก
4.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.33	4.25	4.33	4.31	0.55	เหมาะสมมาก
<b>5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้</b>						
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด	4.33	4.25	4.33	4.31	0.55	เหมาะสมมาก
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.33	4.25	4.33	4.31	0.55	เหมาะสมมาก
5.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.00	4	4.00	4.00	0.94	เหมาะสมมาก
<b>6. การวัดผลและประเมินผล การเรียนรู้</b>						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด	4.00	3.75	4.00	3.92	0.99	เหมาะสมมาก

ตาราง 27 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความ คิดเห็น			ผลการ ประเมิน		
	แผน ที่ 1	แผน ที่ 2	แผน ที่ 3	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.33	4	4.33	4.22	0.66
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผล ได้เหมาะสม	4.00	3.75	4.00	3.92	0.99	เหมาะสม มาก
6.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน	4.00	3.75	4.00	3.92	0.99	เหมาะสม มาก

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สามารถสรุปตามประเด็นต่อไปนี้

- 1) ปรับสถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจน ให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มากขึ้น
- 2) ปรับการใช้คำถามให้เหมาะสม แยกคำถามสำหรับบันทึกกิจกรรม
- 3) ตรวจสอบเงื่อนไขการทดสอบชิ้นงาน
- 4) ตรวจสอบวิธีการวัดประเมินผล เกณฑ์การประเมินผลที่ยังไม่ชัดเจน
- 5) ปรับปรุงสาระสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ให้ถูกต้อง
- 6) ควรเพิ่มเครื่องมือในการดำเนินกิจกรรมเพื่อให้สามารถจัดเตรียมได้อย่างครบถ้วน
- 7) ควรวางแผนการใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมให้ชัดเจน

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา  
ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน  
สัดส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง  
อัตราส่วน  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาคำแนะนำขององค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนน 5 คะแนน
เหมาะสมมาก	ให้คะแนน 4 คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนน 3 คะแนน
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนน 2 คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนน 1 คะแนน

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
<b>1. ด้านมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด</b>					
1.1 มาตรฐานการเรียนรู้สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)					
1.2 ตัวชี้วัดมีความถูกต้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)					
1.3 มีการบูรณาการมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศและเทคโนโลยี และกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา					
<b>2. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ					
2.3 ครอบคลุมด้านความรู้					
2.4 ครอบคลุมด้านทักษะกระบวนการ					
2.5 ครอบคลุมคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
2.6 ครอบคลุมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์					
<b>3. ด้านสาระการเรียนรู้</b>					
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
3.2 มีความถูกต้อง					
3.3 เหมาะสมกับเวลา					
<b>4. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
4.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม					
4.2 ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้คณิตศาสตร์					
4.3 ส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา					
4.4 ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยกัน					
4.5 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา					
4.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน					
<b>5. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้</b>					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ / ตัวชี้วัด					
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
5.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
<b>6. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้</b>					
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
6.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม					
6.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน					

**บันทึกความเห็นเพิ่มเติม**

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

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ  
(.....)

ภาคผนวก ค ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดการรู้เรื่อง  
คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

ตาราง 28 แสดงผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการรู้คณิตศาสตร์ ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ

สถานการณ์	ข้อ ที่	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		คน ที่ 1	คน ที่ 2	คน ที่ 3			
จิงใจแดง	1	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	2	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
นมชมพู	3	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	4	1	0	1	3	0.67	เหมาะสม
กุสอยดาว	5	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	6	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	7	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
ร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์	8	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	9	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
นักปั้น	10	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	11	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
เงินฝากประจำ	12	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	13	1	0	1	3	0.67	เหมาะสม
อัตราหัวใจเต้น	14	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
สมาร์ทโฟนกับคนไทย	15	1	0	0	2	0.33	ไม่เหมาะสม
การตรวจสอบคุณภาพ	16	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	17	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม

ตาราง 28 (ต่อ)

สถานการณั	ข้อ ที่	ความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่า IOC	สรุปผล
		คน ที่ 1	คน ที่ 2	คน ที่ 3			
อัตราแลกเปลี่ยนเงินตรา	18	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
สวนผลไม้	19	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
	20	1	-1	1	2	0.33	ไม่เหมาะสม
เกษตรทฤษฎีใหม่	21	1	0	1	3	0.67	เหมาะสม
สินค้าชุมชน	22	1	-1	1	2	0.33	ไม่เหมาะสม
ภาคเหนือประเทศไทย	23	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์	24	1	1	1	4	1.00	เหมาะสม

ค่า IOC มากกว่า 0.6 ขึ้นไป ถือว่าแบบทดสอบทดสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ มีความตรงเชิงเนื้อหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้



ภาคผนวก ง แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้คณิตศาสตร์

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้คณิตศาสตร์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ  
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบการรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ฉบับนี้ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

- |          |   |
|----------|---|
| คะแนน +1 | ถ้าเห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้    |
| คะแนน 0  | ถ้าไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้    |
| คะแนน -1 | ถ้าไม่เห็นด้วยว่าแบบทดสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ |

## สถานการณ์: จิงโจ้แดง

### คำถามที่ 1 จิงโจ้แดง

จิงโจ้แดงเป็นสัตว์มีกระเป๋าหน้าท้องที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกในปัจจุบันนี้ที่ยังคงดำรงเผ่าพันธุ์อยู่ถือกำเนิดขึ้นมาในออสเตรเลียราวหนึ่งล้านปีมาแล้ว ในรัฐนิวเซาท์เวลส์ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้เวลาในการศึกษาจิงโจ้และลูก ๆ ของมัน นานกว่าหนึ่งปีและมุ่งให้ความสนใจเป็นพิเศษกับการขยายขนาดของฝูงจิงโจ้แดง ที่แตกต่างกัน พวกเขามีความสงสัยว่า ขนาดของฝูงจิงโจ้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในอีกสองถึงสามปีข้างหน้า เพื่อตรวจสอบข้อสงสัยนี้ เขาได้ตั้งสมมุติฐานดังต่อไปนี้:

- ตอนต้นปี ฝูงจิงโจ้แดงมีจำนวน 5,000 ตัว (2500 คู่)
- ในฤดูใบไม้ผลิของทุกปี จิงโจ้แดงแต่ละคู่เลี้ยงลูกของมัน 1 ตัว
- ตอนสิ้นปี 30% ของจิงโจ้แดงทั้งหมด(ทั้งตัวเต็มวัยและลูกจิงโจ้) จะตายลง เมื่อสิ้นปีแรก จำนวนจิงโจ้แดง(ทั้งตัวเต็มวัยและลูกจิงโจ้) ในฝูงนี้มีจำนวนกี่ตัว

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
วิทยาศาสตร์	การคิดสถานการณ์ ของปัญหาในเชิง คณิตศาสตร์	การนำเสนอปัญหาใน หลากหลายวิธีรวมถึงการจัด การกับปัญหาให้สอดคล้องกับ แนวคิดทางคณิตศาสตร์และ การสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน			
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด		
2	จิงโจ้แดง 5,000 ตัว (2,500 คู่) จะมีลูก 2,500 ตัว		
	จิงโจ้ 2 ตัว	มีลูก 1 ตัว	เขียนเป็น 2:1
	จิงโจ้ 5,000 ตัว	มีลูก x ตัว	เขียนเป็น 5,000 : X
	$\frac{28,700}{700,000} = \frac{1}{w}$		
	$28,700w = 700,000$		
สัดส่วน			จะได้ x = 2,500 ตัว
	$w = \frac{700,000}{28,700}$		
	$w = 25$		
	รวมมีจิงโจ้แดงทั้งฝูง 5,000 + 2,500 = 7,500 ตัว		
	ตอนสิ้นปี 30% ของจิงโจ้แดงทั้งหมด (ทั้งตัวเต็มวัย และลูกจิงโจ้) จะตายลง เมื่อสิ้นปีแรก		
	ถ้าจิงโจ้แดงมีทั้งหมด 100 ตัว	จะตายลง 30 ตัว	เขียนเป็น 100:30
	ถ้าจิงโจ้แดงมีทั้งหมด 7,500 ตัว	จะตายลง x ตัว	เขียนเป็น 7,500:x
สัดส่วน	$\frac{100}{30} = \frac{7,500}{x} \longrightarrow$		
	$100x = 7,500 \times 30$ $x = \frac{7,500 \times 30}{100}$ $x = 2,250$		
	ดังนั้น เหลือจิงโจ้ = 7,500 - 2,250		
	= 5,250 ตัว		
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด		
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ		

## สถานการณ์: จิงโจ้แดง

### คำถามที่ 2 จิงโจ้

นักวิทยาศาสตร์ชาวออสเตรเลียตั้งสมมุติฐานว่า จิงโจ้แดงฝูงนี้จะขยายขนาดฝูงต่อไปเรื่อย ๆ ตามข้อกำหนดดังนี้:

- ตอนต้นปีของแต่ละปี ฝูงจิงโจ้แดงจะมีจำนวนจิงโจ้แดงตัวผู้และตัวเมียจำนวนเท่าๆ กัน อยู่ด้วยกันเป็นคู่ ๆ
- ในฤดูใบไม้ผลิของแต่ละปี จิงโจ้แดงแต่ละคู่เลี้ยงลูกของมัน 1 ตัว
- ตอนสิ้นปี 30% ของจิงโจ้แดงทั้งหมด(ทั้งตัวเต็มวัยและลูกจิงโจ้) จะตายลง
- จิงโจ้แดงที่อายุ 1 ปี จะสามารถเลี้ยงลูกจิงโจ้แดงได้ด้วย



ตามข้อสมมุติฐานข้างต้น จงเขียนสูตรที่อธิบายจำนวนจิงโจ้แดงทั้งหมด หลังจากผ่านไป 7 ปี กำหนดให้จำนวนจิงโจ้แดงทั้งหมดแทนด้วย T

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
วิทยาศาสตร์	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	การระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายที่รวบรวมได้จากบริบททางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์			
		การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์			
	การตีความ ประยุกต์ใช้ และประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	การวิจารณ์และระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์			

ข้อเสนอนี้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

---

**เกณฑ์การให้คะแนน**


---

คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>จิ้งจอกมีทั้งหมด 5,000 ตัว คิดเป็น 2,500 คู่</p> <p>จิ้งจอก 2,500 คู่ แต่ละคู่จะมีลูกของตัวเอง 1 ตัว ดังนั้นจะมีลูก 2,500 ตัว</p> <p>รวมมีจิ้งจอก = 5,000 + 2,500 = 7,500 ตัว = 150% ของจิ้งจอกที่มีอยู่จากเดิม</p> <p>ถ้า จิ้งจอกมี 100 ตัว จะตายลง 30 หรือ 70 ตัว คิดเป็น 70%</p> <p>ให้ จำนวนจิ้งจอกแดงทั้งหมดแทนด้วย T</p> $T = 5,000 \times \frac{150}{100} \times \frac{70}{100} \times \frac{150}{100} \times \frac{70}{100} \times \dots$ $T = 5,000 \times \left( \frac{150}{100} \times \frac{70}{100} \right)^7$ $T = 5,000 \times (1.5 \times 0.7)^7$
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

---

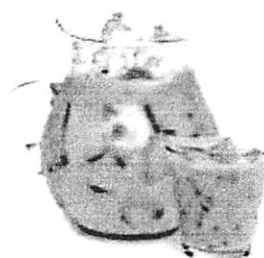
สถานการณ์: นมชมพู

คำถามที่ 1 นมชมพู

นักเรียนกำลังทำ นมชมพู ด้วยตัวเอง

นี่คือสูตรการทำนมชมพู 100 มิลลิลิตร (มล.)

ส่วนผสม	ปริมาณ
น้ำหวานเฮลบลูบอย สีแดง	30 มิลลิลิตร
นมสดพาสเจอร์ไรส์ รสจืด	60 มิลลิลิตร
น้ำเชื่อม	10 มิลลิลิตร



ถ้านักเรียนต้องการทำนมชมพู 150 มิลลิลิตร (มล.) จำต้องใช้น้ำหวานเฮลบลูบอยปริมาณกี่มิลลิลิตร

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
ส่วนตัว	การคิดสถานการณ์ ของปัญหาในเชิง คณิตศาสตร์	การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่ง สอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือ แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่ รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

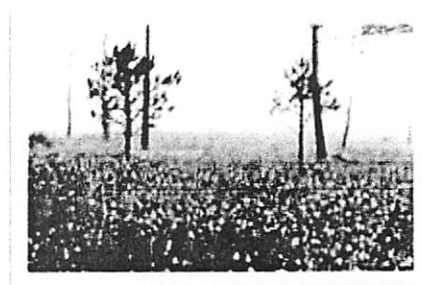
.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>อัตราส่วนของส่วนผสมนมชมพูโดยปริมาตรของ  น้ำหวานแอสลูปอยสีแดง : นมสดพาสเจอร์ไรส์ รสจืด : น้ำเชื่อม : ปริมาณ  ทั้งหมด</p> <p>30 : 60 : 10 : 100</p> <p>นมชมพูปริมาณ 100 มิลลิลิตร ใช้ น้ำหวานแอสลูปอยสีแดง 30 มิลลิลิตร  เขียนเป็น 100:30</p> <p>นมชมพูปริมาณ 150 มิลลิลิตร ใช้ น้ำหวานแอสลูปอยสีแดง x มิลลิลิตร  เขียนเป็น 150 : x</p> <p>เขียนสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{100}{30} = \frac{150}{x}$ $100x = 150 \times 30$ $x = \frac{150 \times 30}{100}$ $x = 45$ <p>ตอบ 45 มิลลิลิตร</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

## สถานการณ์: ภูสอยดาว

### คำถามที่ 1 ภูสอยดาว

ภูสอยดาว อุทยานแห่งชาติภูสอยดาว มีพื้นที่ครอบคลุม 2 จังหวัด คือ พิษณุโลก และอุตรดิตถ์ ยอดสูงสุดของภูสอยดาวสูงจากระดับน้ำทะเล 2,102 เมตร ซึ่งสูงเป็นอันดับ 4 ของประเทศไทย



ภูสอยดาว เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่จะเปิดให้นักท่องเที่ยวเข้าชมช่วง เดือนสิงหาคม-กันยายน ของแต่ละปี ในช่วงเวลาดังกล่าว ปี 2562 มีจำนวนนักท่องเที่ยวจำนวน 6,000 คน โดยเฉลี่ยมีคนไทยขึ้นไปท่องเที่ยวภูทับเบิกวันละประมาณกี่คน

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
สังคม	การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและ การให้เหตุผลทาง คณิตศาสตร์	การนำข้อเท็จจริงกฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทาง คณิตศาสตร์มาใช้ใน การแก้ปัญหา			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>สิงหาคม มี 31 วัน กันยายน มี 30 วัน รวม 2 เดือน มี 61 วัน</p> <p>ช่วงเดือนสิงหาคม - กันยายน ของแต่ละปี มีนักท่องเที่ยวจำนวน 6,000 คน</p> <p>จะได้ 61 วัน มีนักท่องเที่ยวจำนวน 6,000 คน เขียนเป็น 61:1,000</p> <p>1 วัน มีนักท่องเที่ยวจำนวน <math>x</math> คน เขียนเป็น 1:<math>x</math></p> <p>เขียนสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{61}{6,000} = \frac{1}{x}$ $61x = 6,000$ $x = \frac{6,000}{61}$ <p>ตอบ โดยเฉลี่ยมีคนไทยมีคนไทยขึ้นไปท่องเที่ยวภูสออบดาวประมาณ 99 คน</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

**สถานการณ์: ภูสอยดาว**

**คำถามที่ 2 ชั้นสู่ลานสน ณ ภูสอยดาว**

สำหรับเส้นทางพิชิตลานสน ภูสอยดาว จะต้องเดินเท้าขึ้นเขาลาดชัน และผ่านเนินวัดใจ ทั้งหมด 5 เนิน คือ เนินส่งญาติ เนินปราบเซียน เนินป่าก่อ เนินเสือโคร่ง และเนินมรณะ ซึ่งเป็นเนินสุดท้ายที่ลาดชันที่สุด รวมระยะทางไปและกลับประมาณ 14 กิโลเมตร โดยต้องเดินทางกลับมาถึงก่อนเวลา 18.00 น.

ณัฐกรต้องพิชิตลานสนภูสอยดาว เขาคาดว่าเขาสามารถเดินขึ้นภูสอยดาวในอัตราเฉลี่ย 1.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเดินลงด้วยอัตราเร็วเป็นสองเท่า ที่อัตราเร็วนี้รวมเวลาพักรับประทานอาหารและหยุดพักแล้ว

จงใช้อัตราเร็วเฉลี่ยที่ณัฐกรประมาณไว้ เพื่อหาว่าเขาควรเริ่มออกเดินทางอย่างช้าที่สุดในเวลาเท่าใด เพื่อจะกลับมาให้ทันเวลา 18.00 น.

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
สังคม	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ			

**ข้อเสนอแนะ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>ระยะทางไป-กลับ 14 กิโลเมตร หมายความว่า ขาไป 7 กิโลเมตร ขากลับ 7 กิโลเมตร ผู้รถต้องพิชิตลานสนภูสอยดาว เขาสามารถเดินขึ้นภูสอยดาวในอัตราเฉลี่ย 1.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง</p> <p>จะได้ว่า</p> <p>ขาไป เดินได้ระยะทาง 1.2 กิโลเมตร ใช้เวลา 60 นาที เขียนเป็น 1.2:1</p> <p>เดินได้ระยะทาง 7 กิโลเมตร ใช้เวลา x นาที เขียนเป็น 7:x</p> <p>เขียนสัดส่วนได้ดังนี้</p> $\frac{1.2}{60} = \frac{7}{x}$ $1.2x = 7 \times 60$ $x = \frac{7 \times 60}{1.2}$ $x = 350$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">\frac{2.4}{60} = \frac{7}{y}</math> <math display="block">2.4y = 7 \times 60</math> <math display="block">y = \frac{7 \times 60}{2.4}</math> <math display="block">y = 175</math> </div> <p>เพราะฉะนั้น ขาไปใช้เวลา 350 นาที เท่ากับ 5 ชั่วโมง 50 นาที</p> <p>ขากลับ เดินด้วยอัตราเร็วเป็นสองเท่า แสดงว่า</p> <p>ระยะทาง 2.4 กิโลเมตร ใช้เวลา 60 นาที เขียนเป็น 2.4:60</p> <p>ระยะทาง 7 กิโลเมตร ใช้เวลา y นาที เขียนเป็น 7:y</p> <p>เพราะฉะนั้น ขากลับใช้เวลา 175 นาที เท่ากับ 2 ชั่วโมง 55 นาที</p> <p>ดังนั้น ขาไปและขากลับ ใช้เวลา = 5 ชั่วโมง 50 นาที + 2 ชั่วโมง 55 นาที</p> <p style="text-align: center;">= 8 ชั่วโมง 45 นาที</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: ภูสอยดาว

คำถามที่ 3 ขึ้นสู่ลานสน ณ ภูสอยดาว

ณัฐกรสวมนาฬิกาอัจฉริยะที่สามารถนับจำนวนก้าวของการเดินได้ นาฬิกาอัจฉริยะวัดจำนวนก้าวของเขาแสดงขณะที่เขาเดินมาถึง ณ ลานสน 28,700 ก้าว จงประมาณระยะทางต่อก้าว 1 ก้าว ของณัฐกร เมื่อเขาเดินมาถึง ณ ลานสน ระยะทาง 7 กิโลเมตร ให้นักเรียนเขียนคำตอบในหน่วยเซนติเมตร

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
สังคม	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์ และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์ <hr/> การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>ระยะทาง 1 กิโลเมตร เท่ากับ 100,000 เซนติเมตร</p> <p>ระยะทาง 7 กิโลเมตร เท่ากับ 700,000 เซนติเมตร</p> <p>ณัฐกรวัดก้าวได้ 28,700 ก้าว ระยะทาง 700,000 กิโลเมตร เขียนเป็น 28,700:700,000</p> <p>ณัฐกรวัดก้าวได้ 1 ก้าว ระยะทาง w กิโลเมตร เขียนเป็น 1:w เขียนสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{28,700}{700,000} = \frac{1}{w}$ $28,700w = 700,000$ $w = \frac{700,000}{28,700}$ $w = 25$ <p>ตอบ ระยะทาง 1 ก้าว เท่ากับ 25 เซนติเมตร</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: ร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์

คำถามที่ 1 ร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์

สยามอิเล็กทรอนิกส์		
		
Computer notebook	Tablet	Smart phone
20,990 บาท	15,900 บาท	10,200 บาท

ร้านสยามอิเล็กทรอนิกส์จัดโปรโมชั่น เมื่อซื้อสินค้าสองชิ้นหรือมากกว่า ลดไปเลยทันที 20% จากราคาของสินค้าเหล่านี้ สุริยา มีเงินสำหรับใช้ซื้ออยู่ 26,000 บาท เขาจะสามารถซื้ออะไรในโปรโมชั่นนี้ได้บ้าง เพราะเหตุใด จงอธิบาย

บริษัท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
อาชีพ	การตีความและ ประเมินผลลัพธ์	การประเมินความเป็นเหตุเป็นผล ของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในบริบทของปัญหาโลกที่วัดจริง <hr/> การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด ผลลัพธ์หรือข้อสรุปทาง คณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่ เหมาะสมกับบริบทของปัญหา			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>ลดราคา 20%</p> <p>Computer notebook + Tablet  <math>20,990 + 15,900 =</math></p> <p>Computer notebook + Smart phone  <math>20,990 + 10,200 =</math></p> <p>Tablet + Smart phone  <math>15,900 + 10,200 =</math></p> <p>สามารถซื้อ Computer notebook กับ Smart phone ได้            เพราะถูกกว่า และมีงบ 26,000 บาท</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: ร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์

คำถามที่ 2 ต้นทุน Tablet

ราคาขายของ tablet ได้รวมกำไรไว้ 40% ราคาที่ไม่รวมกำไร เรียกว่า  
ราคาต้นทุน

ถ้าบริษัทนี้คิดกำไรเป็นเปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุน

จงแสดงสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาต้นทุน ( $w$ ) กับ ราคาขาย ( $s$ )



บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
อาชีพ	การคิดสถานการณ์ ของปัญหาในเชิง คณิตศาสตร์	การนำเสนอสถานการณ์ในเชิง คณิตศาสตร์โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และ แบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด

2

ต้นทุน	กำไร	ราคาขาย
100	40	140
...	...	....
...	...	S
W	40	15,900

จากตารางทดลองหาราคาต้นทุน

ราคาขาย 140 บาท ต้นทุน 100 บาท

ราคาขาย 15,900 บาท ต้นทุน x บาท

จะได้ว่า

$$\frac{140}{100} = \frac{15,900}{x}$$

$$x = \frac{15,900 \times 100}{140}$$

$$x \approx 11,357$$

ดังนั้น

$$S = 100\% \text{ ของต้นทุน} + 40\% \text{ ของต้นทุน}$$

$$S = \text{ต้นทุน} + 0.4\text{ต้นทุน}$$

$$S = 1.4 \text{ ต้นทุน}$$

ตอบ  $S = 1.4W$

1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: ร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์

คำถามที่ 3 ลดราคา Smart phone

ร้านสยามอิเล็กทรอนิกส์ต้องการเคลียร์สต็อกสมาร์ทโฟน เนื่องจากเหลือค้างสต็อกเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องลดราคา

ร้านสยามอิเล็กทรอนิกส์สามารถลดราคาลงได้กี่เปอร์เซ็นต์ จึงจะไม่ขาดทุน  
(สมาร์ทโฟน 1 เครื่องมีต้นทุนอยู่ที่ 6,800 บาท)

10,200 บาท



บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
อาชีพ	การตีความและ ประเมินผลลัพธ์	การตีความผลลัพธ์ทาง คณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลก ชีวิตจริง			
		ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่ง ผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิด คำนวณทางคณิตศาสตร์หรือ แบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่า จะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ ในสถานการณ์ได้อย่างไร			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>ราคาขาย 10,200 บาท ต้นทุน 6,800 บาท</p> <p>สามารถลดราคาได้ <math>10,200 - 6,800 = 3,400</math> บาท</p> <p>ราคาขาย 10,200 บาท ลดราคา 3,400 บาท <math>\longrightarrow \frac{10,200}{3,400} = \frac{51}{17}</math></p> <p>ราคาขาย 100 บาท ลดราคา y บาท <math>\longrightarrow \frac{100}{y}</math></p> <p>จะได้เป็นสัดส่วน ดังนี้</p> $\frac{51}{17} = \frac{100}{y}$ $y = \frac{100 \times 17}{51}$ $y = 33.33\%$
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: นักปั่น

คำถามที่ 1 ปั่นจักรยาน



	ระยะทาง (หน่วย เซนติเมตร)					
	1 รอบ	2 รอบ	3 รอบ	4 รอบ	5 รอบ	6 รอบ
สุรียา	96	192	288	384	480	-
วิวัฒน์	160	320	480	640	800	-
จักรกฤษ	190	380	570	760	950	-

ล้อจักรยานของจักรกฤษจะหมุนกี่รอบ ถ้าจักรยานเคลื่อนที่ได้ 1280 เซนติเมตร จงแสดงวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้สัดส่วน

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
ส่วนตัว	การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	การจัดการด้านจำนวน ข้อมูล และข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิตินิพจน์พีชคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>ถ้าจักรกฤษปั่นจักรยานได้ 5 รอบ ล้อหมุนไป 950 เซนติเมตร  ถ้าจักรกฤษปั่นจักรยานได้ x รอบ ล้อหมุนไป 1,280 เซนติเมตร  เขียนสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{5}{950} = \frac{x}{1,280}$ $x = \frac{1,280 \times 5}{950}$ $x \approx 6.74$ <p>ตอบ 6.74 รอบ</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: นักปั่น

คำถามที่ 2 ปั่นจักรยาน

ล้อรถจักรยานของวิวัฒน์มีเส้นรอบวง 160 เซนติเมตร(หรือ 1.6 เมตร) จักรยานมีเกียร์ 3 ระดับ คือ เกียร์ต่ำ เกียร์กลาง และเกียร์สูง ซึ่งมีอัตราส่วนของเกียร์ดังนี้:

เกียร์ต่ำ 3:1    เกียร์กลาง 6:5    เกียร์สูง 1:2

ถ้าวิวัฒน์ขี่รถจักรยานเป็นระยะทาง 1600 เมตร โดยใช้เกียร์กลาง เขาจะต้องปั่นบันไดจักรยานกี่รอบ จงแสดงวิธีทำ

หมายเหตุ: อัตราทดของเกียร์ 3:1 หมายความว่า ปั่นจักรยาน 3 รอบ ล้อจะหมุนครบ 1 รอบ

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
ส่วนตัว	การใช้หลักการและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ใน การแก้ปัญหา	การคิดและนำกลยุทธ์ในการหา วิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไป ใช้			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>เกี่ยวข้องกับ 6:5 หมายความว่า            บันจักรยาน 6 รอบ ล้อจะหมุนครบ 5 รอบ            เส้นรอบวงล้อรถจักรยาน 1 รอบ มีเส้นรอบวง 1.6 เมตร เขียนเป็น 1:1.6            เส้นรอบวงล้อรถจักรยาน 1 รอบ มีเส้นรอบวง 1.6 เมตร เขียนเป็น 1:1.6            จะได้</p> $\frac{1}{1.6} = \frac{5}{x}$ $x = 1.6 \times 5$ $x = 8 \text{ เมตร}$ <p>บันจักรยาน 6 รอบ ล้อจะหมุนไป 8 เมตร เขียนเป็น 6:8            บันจักรยาน y รอบ ล้อจะหมุนไป 1,600 เมตร เขียนเป็น y:1,600            เขียนเป็นสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{6}{8} = \frac{y}{1,600}$ $\frac{1,600 \times 6}{8} = y$ $y = 1,200 \text{ รอบ}$ <p>ตอบ เขาจะปั่นจักรยานได้ 1,200 รอบ</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

**สถานการณ์: เงินฝากประจำ**

**คำถามที่ 1 ฝากเงิน**

นิตยানাเงินไปฝากที่ธนาคารแห่งหนึ่ง ประเภทเงินฝากประจำ 12 เดือนจำนวน 100,000 บาท  
อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 1.875 ต่อปี แต่ต้องเสียภาษีดอกเบี้ยร้อยละ 15

นิตยาจะได้รับดอกเบี้ยสุทธิเดือนละกี่บาท

จงสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์แสดงดอกเบี้ย ภาษีดอกเบี้ย

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
ส่วนตัว	การคิดสถานการณ์ ของปัญหาในเชิง คณิตศาสตร์	การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดง ความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ใน สถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือ รายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณ เชิงกราฟ)			
	การใช้หลักการและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหา	การเขียนแผนภาพ กราฟ และ โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์ จากสิ่งเหล่านั้น			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....



เกณฑ์การให้คะแนน					
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด				
2	ใช้เครื่องคำนวณและหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด				
	เดือนที่	เงินฝาก	ดอกเบี้ย	ภาษีดอกเบี้ย	ดอกเบี้ยเหลือ
	1	100,000	3,000	300	2,700
	2	102,700	3,081	308.1	2,712.9
	3	105,472.90	3,164.19	316.42	2,847.77
	4	108,320.67	3,249.62	324.96	2,924.66
	5	111,245.33	3,337.36	333.74	3,000.62
1	ใช้เครื่องคำนวณ มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ถูกบางส่วน				
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ				

### สถานการณ์: อัตราหัวใจเต้น

อัตราหัวใจเต้น (Heart rate) หมายถึงความเร็วของการบีบตัวของหัวใจในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้หน่วย "ครั้งต่อนาที" อัตราหัวใจเต้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับสรีรวิทยาของร่างกาย เช่น ความต้องการออกซิเจนและการขับคาร์บอนไดออกไซด์ของร่างกาย สิ่งที่มีผลกับอัตราหัวใจเต้นได้แก่ กิจกรรมของร่างกาย เช่น การออกกำลังกาย การนอนหลับ ความเจ็บป่วย การย่อยอาหาร และยาบางชนิด ถ้าหัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอเรียกว่าภาวะหัวใจเสียจังหวะ ความผิดปกติของการเต้นหัวใจในบางครั้งอาจเป็นแสดงถึงการเป็นโรคแต่ก็ไม่เสมอไป

#### คำถามที่ 1 Heart rate

วินัยสวมนาฬิกาอัจฉริยะที่สามารถวัดอัตราหัวใจเต้นได้ วินัยสังเกตเห็นว่า หัวใจของตนเองมีอัตราการเต้นอยู่ที่ประมาณ 85 ครั้งต่อนาที ในระยะเวลา 2 วินาที อัตราการเต้นของหัวใจของวินัยจะเต้นกี่ครั้ง จงใช้สัดส่วนในการแก้ปัญหา

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
วิทยาศาสตร์	การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์	การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน			
	การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา	การใช้และการสลับที่ระหว่างการแสดงแทนต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา			

#### ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>อัตราการเต้นของหัวใจปกติ 85 ครั้ง ต่อ 1 นาที</p> <p>อัตราการเต้นของหัวใจปกติ 85 ครั้ง ต่อ 60 วินาที เขียนเป็น 85:60</p> <p>ให้ อัตราการเต้นของหัวใจ <math>x</math> ครั้ง ต่อ 2 วินาที เขียนเป็น <math>x:2</math></p> <p>เขียนสัดส่วนได้ ดังนี้</p> $\frac{85}{60} = \frac{x}{2}$ $x = \frac{85 \times 2}{60}$ $x = 2.83\dots$ $x \approx 3$ <p>ตอบ ในระยะเวลา 2 วินาที อัตราการเต้นของหัวใจของวินัยจะเต้น 3 ครั้ง</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

**สถานการณ์: การตรวจสอบคุณภาพ**


บริษัท สุธีอิเล็กทรอนิกส์ และบริษัท แสงทองอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสองบริษัทผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าสองชนิดคือ เตารีดไอน้ำ และเครื่องดูดฝุ่นในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตแต่ละวัน เครื่องใช้ไฟฟ้าจะถูกทดสอบและหากเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นชำรุดจะถูกคัดออกแล้วส่งไปซ่อม

ตารางต่อไปนี้ แสดงจำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน และร้อยละของเครื่องเล่นที่ชำรุดโดยเฉลี่ยต่อวันของสองบริษัท

บริษัท	จำนวนเตารีดที่ผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน	ร้อยละของเตารีดที่ชำรุดโดยเฉลี่ยต่อวัน	จำนวนเครื่องดูดฝุ่นที่ผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน	ร้อยละของเครื่องดูดฝุ่นที่ชำรุดโดยเฉลี่ยต่อวัน
บริษัท สุธีอิเล็กทรอนิกส์	3,000	5%	7,000	3%
บริษัท แสงทองอิเล็กทรอนิกส์	8,000	4%	2,000	2%

**คำถามที่ 1 สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ชำรุด**

พนักงานตรวจสอบคุณภาพของสินค้าของบริษัทแสงทองอิเล็กทรอนิกส์ คนหนึ่งได้กล่าวอ้างดังต่อไปนี้

“จำนวนเตารีดที่ส่งซ่อมต่อวันมีมากกว่าจำนวนเครื่องดูดฝุ่นที่ส่งซ่อมต่อวัน”

ให้นักเรียนตัดสินใจว่า คำกล่าวอ้างของผู้ทดสอบถูกต้องหรือไม่ จงใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

บริบท	กระบวนการทางคณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
อาชีพ	การตีความและประเมินผลลัพธ์	การสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์การอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์			

ชื่อเสนอแนะ

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>จำนวนเตาวิตที่ส่งซ่อมต่อวัน</p> $8,000 \times \frac{4}{100} = 320$ <p>จำนวนเครื่องดูดฝุ่นส่งซ่อมต่อวัน</p> $8,000 \times \frac{4}{100} = 320$ <p>ตอบ ตัดสินใจถูกต้อง</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

สถานการณ์: การตรวจสอบคุณภาพ

คำถามที่ 2 สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ชำรุด

บริษัทใดในสองบริษัท (บริษัท สุทธิอิเล็กทรอนิกส์ หรือ บริษัทแสงทองอิเล็กทรอนิกส์) ที่มีร้อยละของเครื่องเล่นที่ชำรุดทั้งหมดน้อยกว่า จงแสดงวิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากตาราง

บริษัท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
อาชีพ	การตีความและ ประเมินผลลัพธ์	ความเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัด ของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธี แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน	
คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	<p>บริษัท สุธีอิเล็กทรอนิกส์</p> <p>จำนวนเตารีดที่ผลิตต่อวัน 3,000 เครื่อง ขำรอด 5%</p> <p>∴ จำนวนเตารีดที่ขำรอด เครื่อง</p> <p>จำนวนเครื่องคูตฝุ่นผลิตต่อวัน 7,000 เครื่อง ขำรอด 3%</p> <p>∴ จำนวนเตารีดที่ขำรอด เครื่อง</p> <p>รวมบริษัท สุธีอิเล็กทรอนิกส์</p> <p>ขำรอด <math>150 + 210 = 360</math> เครื่อง จากทั้งหมด 10,000 เครื่อง</p> <p>บริษัทแสงทองอิเล็กทรอนิกส์</p> <p>จำนวนเตารีดที่ผลิตต่อวัน 8,000 เครื่อง ขำรอด 4%</p> <p>∴ จำนวนเตารีดที่ขำรอด เครื่อง</p> <p>จำนวนเครื่องคูตฝุ่นผลิตต่อวัน 2,000 เครื่อง ขำรอด 2%</p> <p>∴ จำนวนเตารีดที่ขำรอด เครื่อง</p> <p>รวมบริษัท สุธีอิเล็กทรอนิกส์</p>
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

### สถานการณ์: ภาคเหนือประเทศไทย

ภาคเหนือ เป็นภูมิภาคที่อยู่ด้านบนสุดของไทย มีลักษณะภูมิประเทศอันประกอบไปด้วย เทือกเขาสลับซับซ้อน สภาพอากาศของภาคเหนือเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างเห็นได้ชัด เช่น มีฤดูหนาวที่หนาวเย็นกว่าภูมิภาคอื่น ๆ ทางด้านประวัติศาสตร์ของภาคเหนือมีความสัมพันธ์ทางวัฒนธรรมกับอาณาจักรล้านนา ตารางต่อไปนี้แสดง พื้นที่ของแต่ละจังหวัด ร้อยละของพื้นที่แต่ละจังหวัดต่อพื้นที่ทั้งภาคเหนือ จำนวนประชากร และร้อยละของประชากรต่อประชากรทั้งหมดของภาคเหนือ

จังหวัด	พื้นที่ (ตร.กม)	ร้อยละของพื้นที่ ต่อพื้นที่ทั้ง ภาคเหนือ	ประชากร (คน)	ร้อยละของประชากร ต่อประชากรทั้งหมด ของภาคเหนือ	ความ หนาแน่น ของ ประชากร
เชียงราย	11,678	12.5	1,287,615	20.7	110.3
เชียงใหม่	20,107	21.5	1,640,479	26.4	81.6
น่าน	11,472	12.2	476,363	7.7	41.5
พะเยา	6,335	6.8	486,304	7.8	76.8
แพร่	6,538	7	447,564	7.2	68.5
แม่ฮ่องสอน	12,681	13.5	242,742	3.9	19.1
ลำปาง	12,534	13.4	761,949	12.3	60.8
ลำพูน	4,506	4.7	404,560	6.5	89.8
อุตรดิตถ์	7,839	8.4	462,618	7.5	59
รวม	93,690	100	6,210,194	100	607.4

จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี 31 ธันวาคม 2561



### คำถามที่ 1 ความหนาแน่นของประชากร

จงอธิบายวิธีการหาความหนาแน่นของประชากร ที่นักเรียนสังเกตได้จากตาราง

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
สังคม	การใช้หลักการและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ใน การแก้ปัญหา	การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐาน ของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำ วิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไป ใช้ในการแก้ปัญหา			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

#### เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	มีการแสดงวิธีคิด วิธีค้นหา ความหนาแน่นของประชากรหาได้จาก $= \frac{\text{จำนวนประชากรในพื้นที่ของจังหวัดนั้นๆ (คน)}}{\text{พื้นที่ของจังหวัด (ตารางกิโลเมตร)}}$
1	มีการแสดงวิธีคิดบางส่วนหรือทั้งหมดแต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

### สถานการณ์: มหาวิทยาลัยนเรศวร

มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นมหาวิทยาลัยของรัฐ ตั้งอยู่ในจังหวัดพิษณุโลก ก่อตั้งเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2533 มหาวิทยาลัยนเรศวรได้รับการจัดอันดับในด้านการวิจัยให้เป็นมหาวิทยาลัยระดับดีเยี่ยมและเป็นมหาวิทยาลัยอันดับ 9 ของประเทศไทย

### แผนที่แสดงสถานที่ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

กำหนดมาตราส่วน 1 เซนติเมตร : 100 เมตร



ข้อมูลแผนที่: <https://www.google.co.th/maps/@16.746578,100.1928167,17z?hl=th&authuser=0>

### คำถามที่ 1 เส้นทางไปห้องสมุด

สุนทรเรียนที่คณะมนุษยศาสตร์(จุดสีส้ม)ในภาคเช้าและวางแผนว่าภาคบ่ายจะไปค้นคว้าหาความรู้ที่สำนักหอสมุด(จุดสีแดง) สุนทรจะต้องเดินทางเป็นระยะทางกี่กิโลเมตรในการไปยังสำนักหอสมุด

บริบท	กระบวนการทาง คณิตศาสตร์	รายการประเมิน	ความคิดเห็น		
			+1	0	-1
สังคม	การใช้หลักการและ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ในการ แก้ปัญหา	การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธี แก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### เกณฑ์การให้คะแนน

คะแนน	แนวการตอบหรือแสดงวิธีคิด
2	มีคำตอบจะอยู่ระหว่าง 340 – 450 เมตร นักเรียนมีการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เช่น ไม้บรรทัด
1	นักเรียนมีการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เช่น ไม้บรรทัด แต่ได้คำตอบที่ผิด
0	เมื่อตอบไม่แสดงวิธีคิด ตอบคำตอบอื่น ๆ หรือไม่ตอบ

ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการ  
การออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง  
อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม  
เพื่อพัฒนาการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2/2562

รายวิชา ค21102 คณิตศาสตร์พื้นฐาน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อัตราส่วน

เวลา 6 ชั่วโมง

---

### กิจกรรม รถบรรทุกสุดแกร่ง

#### 1. สำคัญ

เมื่อรถบรรทุกที่ต้องบรรทุกน้ำหนักต่าง ๆ เริ่มเคลื่อนที่หรือขึ้นที่สูงชันต้องใช้แรงมากในการขับเคลื่อน แต่การเพิ่มอัตราเร็วของรถในขณะที่รถกำลังแล่นนั้นจะใช้แรงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับขณะรถเริ่มเคลื่อนที่ รถบรรทุกจึงต้องมีระบบเฟืองเป็นอุปกรณ์ในการปรับแรงและเปลี่ยนอัตราเร็ว

อุปกรณ์หลักของระบบเฟืองอย่างง่ายประกอบด้วยเฟืองสองอันต่อกัน ทำหน้าที่เป็นเฟืองขับและเฟืองตาม หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น ในการออกแบบและสร้างรถจำลองเพื่อให้สามารถแล่นได้บนทางเรียบขึ้นเนิน จะต้องใช้ความรู้เรื่องระบบเฟือง อัตราทดของเฟือง และการเลือกใช้เฟืองที่เหมาะสมในการสร้างชิ้นงาน

#### คณิตศาสตร์

อัตราส่วน คือ ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้

อัตราส่วนของปริมาณ  $a$  ต่อปริมาณ  $b$  เขียนแทนด้วย  $a : b$  หรือ  $\frac{a}{b}$  เรียก  $a$  ว่าจำนวนแรก หรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก  $b$  ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน อัตราส่วน  $a$  ต่อ  $b$  จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่  $a$  และ  $b$  เป็นจำนวนบวกเท่านั้น

อัตราส่วนที่เท่ากัน คือ อัตราส่วนที่ได้จากการคูณจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน  $a : b$  ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์ หรือการหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน  $a : b$  ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์

การหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ มีหลักการดังนี้

1. หลักการคูณ เมื่อคูณแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

2. หลักการหาร เมื่อหารแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

### วิทยาศาสตร์

วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย เป็นวงจรที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าและสายไฟ เมื่อเปิดสวิตช์กระแสไฟฟ้าจะออกจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า(ถ่านไฟฉาย) ทางขั้วบวกผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าเป็นการเคลื่อนที่ครบวงจรของกระแสไฟฟ้า เรียงวงจรไฟฟ้านี้ว่า วงจรไฟฟ้าปิด แต่ถ้าวงจรไฟฟ้านี้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าไปยังขั้วลบ ซึ่งอาจเกิดจากสวิตช์ส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าขาดหรือไม่สัมผัสกัน เรียงวงจรไฟฟ้านี้ว่า วงจรไฟฟ้าเปิด ดังนั้นถ่านไฟฉาย สายไฟ หลอดไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ส่วนสวิตช์จะทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรไฟฟ้า

กลไกอย่างง่ายรูปแบบหนึ่งคือเฟือง โดยแรงที่เกี่ยวข้องคือแรงบิดหรือทอร์ค หรือเอาชนะการหมุน

แรงเสียดทานเป็นแรงที่พื้นกระทำต่อวัตถุทั้งขณะที่วัตถุไม่มีการเคลื่อนที่ และขณะที่วัตถุมีการเคลื่อนที่ นำไปใช้อธิบายสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

การเคลื่อนที่ของวัตถุ เกี่ยวข้องกับระยะทาง อัตราเร็ว การกระจัดและความเร็ว

- อัตราเร็วและระยะทางเป็นปริมาณสเกลาร์ ความเร็วและการกระจัดเป็นปริมาณเวกเตอร์  
เทคโนโลยี

อุปกรณ์และเครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการมีหลายประเภท ต้องเลือกใช้ให้ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย รวมทั้งรู้จักเก็บรักษา วงจรไฟฟ้าเปิด ประกอบด้วย

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้า เป็นแหล่งจ่ายแรงดันและกระแสให้กับอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เป็นต้น

2. หลอดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน หลอดจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปอื่น ๆ เช่น เสียง แสง ความร้อน ความเย็น และการสั่นสะเทือน เป็นต้น

3. สายไฟต่อวงจร เป็นสายตัวนำหรือสายไฟฟ้า ใช้เชื่อมต่อวงจรให้ต่อกันแบบครบรอบ ทำให้แหล่งจ่ายแรงดันต่อถึงหลอดเกิดกระแสไหลผ่านวงจร จากแหล่งจ่ายไม่ไหลและกลับมา

ครบรอบที่แหล่งจ่ายอีกครั้ง สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องจรรยาบรรณทำด้วยทองแดงมีฉนวนหุ้มโดยรอบเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน

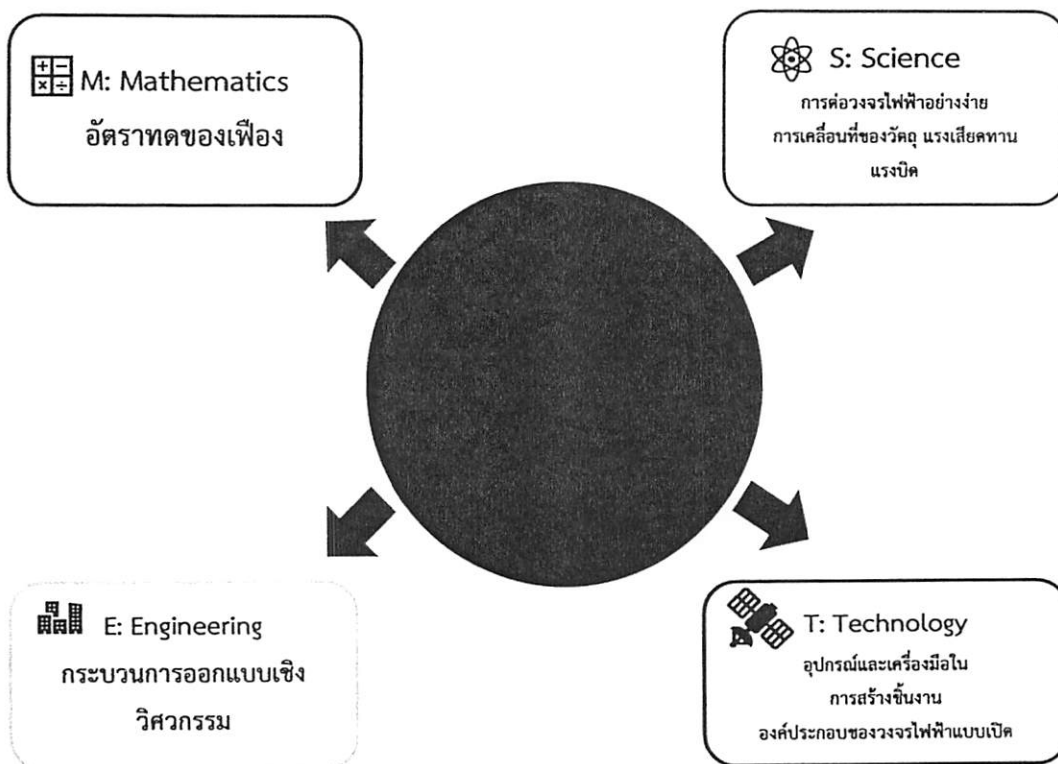
### **วิศวกรรมศาสตร์**

การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาสามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น การร่างภาพ การเขียนแผนภาพ การเขียนผังงาน ประกอบไปด้วย 1. การกำหนดขั้นตอนและระยะเวลาในการทำงานก่อนดำเนินการแก้ปัญหาจะช่วยให้การทำงานสำเร็จได้ตามเป้าหมาย และลดข้อผิดพลาดของการทำงานที่อาจเกิดขึ้น 2. การทดสอบและประเมินผลเป็นการตรวจสอบชิ้นงานหรือวิธีการว่าสามารถแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์ภายใต้กรอบของปัญหา เพื่อหาข้อบกพร่อง และดำเนินการปรับปรุง โดยอาจทดสอบซ้ำเพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3. การนำเสนอผลงานเป็นการถ่ายทอดแนวคิดเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานและชิ้นงานหรือวิธีการที่ได้

## 2. ตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี	วิศวกรรมศาสตร์
สาระที่ 1 จำนวนและ พีชคณิต	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์ กายภาพ	สาระที่ 4 เทคโนโลยี	สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์ กายภาพ
ค 1.1 ม.1/3 เข้าใจและ ประยุกต์ใช้ อัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ใน การแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และ ปัญหาในชีวิตจริง	ว2.3 ป6/1 ระบุส่วนประกอบ และบรรยาย หน้าที่ของแต่ละ ส่วนประกอบของ วงจรไฟฟ้าอย่าง ง่ายจากหลักฐาน เชิงประจักษ์ ว2.3 ป6/2 เขียนแผนภาพ และต่อวงจรไฟฟ้า อย่างง่าย	ว4.1 ม1/5 ใช้ความรู้และทักษะ เกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้า หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อ แก้ปัญหาได้อย่าง ถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย	ว2.3 ป6/1 ระบุส่วนประกอบ และบรรยายหน้าที่ของแต่ละ ส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า อย่างง่ายจากหลักฐานเชิง ประจักษ์ สาระที่ 8 เทคโนโลยี ว 4.1 ม1/2 ระบุปัญหาหรือ ความต้องการในชีวิตประจำวัน รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ว 4.1 ม1/3 ออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือก ข้อมูลที่จำเป็น นำเสนอแนว ทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ วางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา ว 4.1 ม1/4 ทดสอบ ประเมินผล และระบุ ข้อบกพร่อง ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้ง หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา

### 3. กรอบแนวคิด



### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ด้านความรู้(Knowledge)

1. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ (K)
2. นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้อย่างถูกต้อง (K)
3. นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง (K)
4. นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ (P)

#### ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์(Process)

5. นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้
6. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้อย่างเหมาะสม
7. นักเรียนใช้การดำเนินการในเรื่องจำนวนในการสำรวจปัญหาและแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้



8. นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับอัตราส่วนกลับไปที่ยุติบทชีวิตจริงได้

9. นักเรียนเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ในเรื่องอัตราส่วน เพื่อใช้ตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงาน

10. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราส่วนจึงมีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหา

11. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรถบรรทุกจำลองได้

12. นักเรียนสามารถใช้ระบุแง่มุมของปัญหาในสร้างและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองได้

13. นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้

14. นักเรียนสามารถเขียนแบบของรถบรรทุกจำลองเพื่อใช้แก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้

15. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้

16. นักเรียนสามารถสะท้อนข้อโต้แย้งเกี่ยวกับอัตราส่วน โดยมีการอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

17. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของรถบรรทุกจำลองที่สร้างขึ้นได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์(Attitude)

18. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน(A)

## 5. วัสดุอุปกรณ์

### 5.1 อุปกรณ์สำหรับการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย (กลุ่มละ 1 ชุด)

ที่	รายการ	จำนวน(ชิ้น)
1	หลอดไฟฟ้า	2 หลอด
2	มอเตอร์	1 ตัว
3	ขดไฟฟ้า	1 ตัว
4	สวิตช์	1 ตัว
5	สายไฟ	6 เส้น
6	ถ่านขนาด AA	2 ก้อน

## 5.2 อุปกรณ์สำหรับกิจกรรมเฟื่องน้ำรู้ (กลุ่มละ 1 ชุด)

ที่	รายการ	จำนวน(ชิ้น)
1	ชุดเฟื่อง 5 ชิ้น	1 ชุด
2	เข็มหมุด	2 ตัว
3	แผ่นฟิวส์เจอร์บอร์ดขนาด กว้าง 20 ซม. ยาว 20 ซม.	1 ตัว
4	ใบความรู้เรื่อง อัตราทดของเฟื่อง	1 ชุด

## 5.3 อุปกรณ์สำหรับสร้างรถบรรทุกจำลอง

ที่	รายการ	จำนวน(ชิ้น)
1	ชุดเฟื่องขับ เฟื่องตาม 5 ชิ้น 5 ขนาด	1 ชุด
2	แผ่นฟิวส์เจอร์บอร์ด ขนาด49x65ซม.	1 แผ่น
3	ไม้เสียบลูกชิ้น ไม้จิ้มฟัน	10 อัน
4	ปืนกาว พร้อมไส้ 5 ไส้	1 ชุด
5	ตะปูใช้สำหรับเจาะรู	3 ตัว
6	มีดคัดเตอร์+กรรไกร	1 ชุด
7	รังถ่าน AA ขนาด 2 ก้อน	1 แผง
8	ถ่านอัลคาไลน์ ขนาด AA	4 ก้อน
9	สายไฟ	5 เส้น
10	มอเตอร์ขนาดเล็ก	1 ตัว
11	สวิทช์ เปิด-ปิด	1 ตัว
12	กระดาษกาว เทปใส กาวสองหน้า	1 ชุด
13	มอเตอร์ขนาด 3,000 รอบต่อนาที 3V	1 ตัว
14	ไอศกรีม	1 แพค
15	ล้อพลาสติก ขนาด 35x6 มม	4 ล้อ
16	ล้อนูพลาสติกขนาด 65x25 มม	4 ล้อ
17	ถนนจำลองเส้นทางประกอบด้วย ทางตรงยาว 200 เซนติเมตร และ ทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศาที่พื้นราบ ยาว 70 เซนติเมตร (ทำ จากโฟมเคลือบด้วยพลาสติกหรือลูกฟูก)	1 ชุด
18	ก้อนฟางจำลอง หนักก้อนละ 50 กรัม	5 ก้อน

## 6. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### 1. ระบุปัญหา (Problem Identification) (10 นาที)

#### 1.1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยยกสถานการณ์มาสนทนากับนักเรียนดังนี้

นักเรียนเคยเดินทางไปเกี่ยวกับครอบครัวทางภาคเหนือ ตามสถานที่ธรรมชาติที่  
จะต้องมีเส้นทางขึ้นเขา หรือทางลาดชัน ซึ่งการขับรถขึ้นเนิน ขึ้นเขาหรือทางลาดชันต้องระมัดระวัง  
เป็นอย่างมากตลอดเส้นทาง และนักเรียนจะสังเกตเห็นป้ายแสดงสัญลักษณ์ให้ใช้เกียร์ต่ำ เมื่อเดิน  
ทางผ่านเส้นทางลาดชัน หรือเส้นทางขึ้นเขา ดังนี้ ครูนำเสนอภาพ



ภาพจาก

[https://www.js100.com/en/site/post\\_share/view/66461](https://www.js100.com/en/site/post_share/view/66461)



ภาพจาก

<https://www.dailynews.co.th/economic/703597>

#### 1.2 ครูใช้คำถาม

**คำถาม:** ในการขับรถขึ้นเขา ทางลาดชัน เนิน จะต้องใช้แรงมากกว่าหรือน้อยกว่า  
ทางลาด แล้วการขับรถเวลาขึ้นเนินต้องทำอย่างไร

**แนวคำตอบ:** จะต้องใช้แรงขับมากขึ้น และเวลาขับรถจะต้องเปลี่ยนจากเกียร์สูง  
เป็นเกียร์ต่ำ

#### 1.3. ครูกำหนดสถานการณ์ ดังนี้

“ชวานาคคนหนึ่งต้องการขาย ฟางอัดก้อน ของตนเองให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่ง  
การลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายให้พ่อค้าคนกลางให้ได้จำนวนก้อนมากที่สุดใน 1 รอบ (ฟางหนัก  
ก้อนละ 50 กรัม) ให้นักเรียนสร้างรถบรรทุกสำหรับขนฟางอัดก้อน โดยจะต้องใช้เส้นทางที่มีระยะ  
ทางตรงยาว 2 กิโลเมตร และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับแนวระดับยาว 1 กิโลเมตร  
(ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100 เซนติเมตร)

#### 1.4. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ดังนี้

**คำถาม:** จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าปัญหาคืออะไร (บันทึกลงในใบ  
กิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1)

**แนวการตอบ:** สร้างรถบรรทุกที่สามารถบรรทุกฟางอัดก้อนไปส่งขายให้ได้มากที่สุด ซึ่งต้องใช้เส้นทางตรงและทางเรียบขึ้นเนินท่ามุ่ม 9 องศาที่ระดับ

**คำถาม:** จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ใดในทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 1)

**แนวการตอบ:** จะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราของเกียร์มาใช้ในการแก้ปัญหานี้

**2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (100 นาที)**

**2.1. ครูตั้งคำถามให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ดังนี้**

**คำถาม:** จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างและต้องศึกษาอะไรเพิ่มเติมบ้าง(โดยให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2)

**แนวการตอบ:** จะต้องมีความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าในการต่อวงจรไฟฟ้า มอเตอร์เพื่อมาขับเคลื่อนเฟืองให้ล้อหมุน ต้องศึกษาเรื่องของการทำงานของเฟือง อัตราทดของเฟือง

**กิจกรรมที่ 1 Ratio โอโฮ้อตราส่วน(40 นาที)**

**2.2 นักเรียนศึกษาอัตราส่วน อัตราส่วนอย่างต่ำ อัตราส่วนที่เท่ากัน และทำแบบฝึกหัด**

**2.2.1 ครูให้นักเรียนศึกษา ใบความรู้ที่ 1 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน**

**2.2.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด**

**2.2.3 เมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดเสร็จ ครูเฉลยแบบฝึกหัด**

**2.2.4 ครูและนักเรียนสรุปเกี่ยวกับอัตราส่วนและการหาอัตราส่วนที่เท่ากันร่วมกัน ควรสรุปให้ได้ดังนี้**

**1. อัตราส่วน คือ ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันก็ได้**

**2. อัตราส่วนของปริมาณ a ต่อปริมาณ b เขียนแทนด้วย  $a:b$  หรือ  $\frac{a}{b}$  เรียก a ว่าจำนวนแรก หรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก b ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน อัตราส่วน a ต่อ b จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่ a และ b เป็นจำนวนบวกเท่านั้น**

**3. อัตราส่วนที่เท่ากัน คือ อัตราส่วนที่ได้จากการคูณจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน  $a:b$  ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์ หรือการหารจำนวนแรกและจำนวนหลังของอัตราส่วน  $a:b$  ด้วยจำนวนเดียวกันที่ไม่ใช่ศูนย์**

การหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ มีหลักการดังนี้

1. หลักการคูณ เมื่อคูณแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

2. หลักการหาร เมื่อหารแต่ละจำนวนในอัตราส่วนใดด้วยจำนวนเดียวกันโดยที่จำนวนนั้นไม่เท่ากับศูนย์ จะได้อัตราส่วนใหม่ที่เท่ากับอัตราส่วนเดิม

กิจกรรมที่ 2 มหัศจรรย์แห่งเฟือง(40 นาที)

2.3. ครูนำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ว่าจะเคลื่อนที่ได้จะต้ององค์ประกอบใดบ้าง ซึ่ง นักเรียนควรเสนอแนวคิดได้ดังนี้ ล้อรถ เครื่องยนต์ และเวลารถยนต์เคลื่อนที่ได้และเร็วมากขึ้นเรื่อย ๆ รถยนต์จะต้องใช้องค์ประกอบใด ซึ่งนักเรียนควรเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ การใช้เกียร์ เฟืองรถยนต์ เกียร์ของรถยนต์ที่นักเรียนรู้จักมีกี่เกียร์ เกียร์ต่ำ เกียร์สูง และจะใช้เกียร์ต่ำและเกียร์สูงตอนไหน นักเรียนควรตอบให้ได้ดังนี้ ตอนที่ต้องการขึ้นเนินใช้เกียร์ต่ำ และตอนที่ต้องการความเร็วไม่ต้องการแรงมากใช้เกียร์สูง

2.4. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ 2 มหัศจรรย์แห่งเฟือง

2.5. นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เรื่อง เกียร์สูง เกียร์ต่ำ

2.6. นักเรียนทำกิจกรรม สัมผัสเฟืองขับและเฟืองตาม

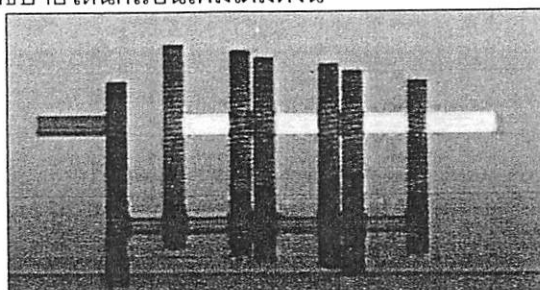
ครูควรให้นักเรียนสำรวจอัตราทดเฟืองให้ได้ 3 ลักษณะ คือ อัตราทดเฟืองที่มีค่าน้อยกว่า 1 เท่ากับ 1 และ มากกว่า 1 และนักเรียนจะต้องสรุปได้ว่า

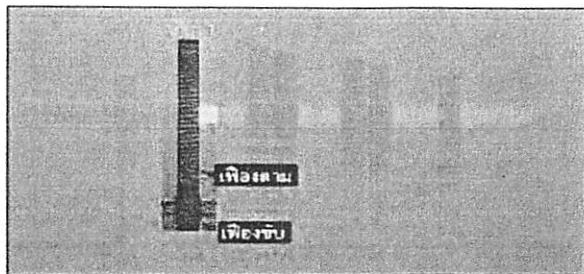
**อัตราทดเฟือง**

$$\frac{\text{จำนวนฟันเฟืองของเฟืองตาม}}{\text{จำนวนฟันเฟืองของเฟืองขับ}} = \frac{\text{จำนวนรอบของเฟืองขับ}}{\text{จำนวนรอบของเฟืองตาม}}$$

2.7. ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 เกียร์สูง เกียร์ต่ำเพื่อให้ได้แนวคิดในการออกแบบและสร้างรถจำลอง และให้ข้อสรุปว่า อัตราทดของเฟืองต่ำจะให้แรงบิดน้อย และอัตราทดของเฟืองสูงจะให้แรงบิดมาก

ครูควรอธิบายให้นักเรียนเพิ่มเติมดังนี้

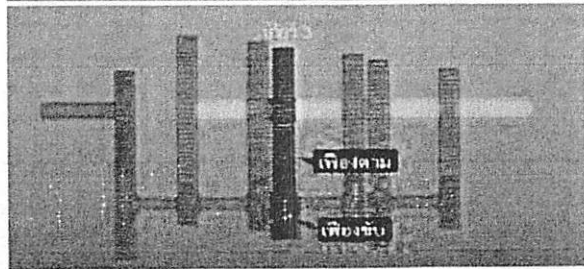




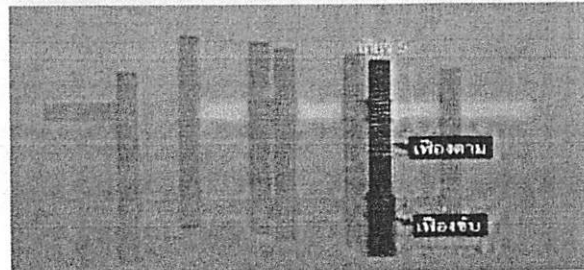
เกียร์ 1 เป็นเกียร์ที่ต้องการกำลังเยอะ เฟืองขับจะมีขนาดเล็ก มีจำนวนฟันน้อยกว่า ทำให้อัตราทดเฟืองมาก



เกียร์ 2 เฟืองขับจะใหญ่ขึ้น เฟืองตามจะเล็กลง อัตราทดเกียร์ก็จะลดลง



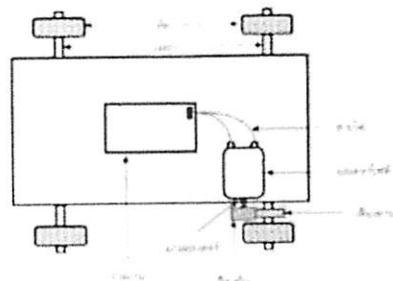
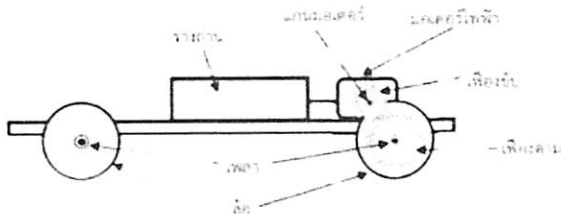
เกียร์ 2 เฟืองขับจะใหญ่ขึ้น เฟืองตามจะเล็กลง อัตราทดเกียร์ก็จะลดลง



จำนวนฟันของเฟืองขับเยอะ จำนวนฟันของเฟืองตามน้อยกว่า ถ้าเครื่องยนต์หมุนเฟืองขับไป 1 รอบ เฟืองตามจะหมุนไปได้มากกว่า 1 รอบ

ภาพจาก <https://www.youtube.com/watch?v=NURqcRvkdDU>

2.8. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับกลไกการทำงานร่วมกันระหว่าง มอเตอร์ เฟือง ล้อ และเพลา ในการขับเคลื่อนของรถจำลอง โดยการใช้คลิปวีดิทัศน์ หรือ รถจำลองสาธิต ครูแนะนำการประกอบชุดเฟืองและการต่อวงจรไฟฟ้า



2.9. ครุณำนักเรียนสนทนาเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า ว่าจะต้องมีส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้า ซึ่งวงจรไฟฟ้าพื้นฐานจะต้องประกอบด้วยอะไรบ้าง นักเรียนควรจะเสนอแนวคิดให้ได้ว่า วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายจะต้องประกอบไปด้วย เซลล์ไฟฟ้า ถ่านหรือแบตเตอรี่ สายไฟ มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนหรือรับพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์ไฟฟ้า ถ่านหรือแบตเตอรี่

### กิจกรรมที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย (40 นาที)

2.10 นักเรียนศึกษาการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย และทดลองต่อวงจรอย่างง่าย

2.10.1 ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 3 การต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

2.10.2 ครูให้นักเรียนทดลองต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

2.10.3 ครูให้ทำกิจกรรม เรื่องง่าย ๆ ตามสไตล์ ไฟฟ้า โดยให้นักเรียนมารับอุปกรณ์ในการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายและเขียนแผนผังการต่อวงจรลงใน

ที่	อุปกรณ์ไฟฟ้า	จำนวน
1	หลอดไฟ ยังไม่ขาด	2 หลอด
2	หลอดไฟ ขาดแล้ว	2 หลอด
3	ถ่านขนาด AA	2 ก้อน
4	สายไฟ	6 เส้น
5	มอเตอร์ขนาดเล็ก	1 ตัว
6	สวิตช์	1 ตัว

หลังการทำกิจกรรมนักเรียนควรสรุปได้ว่า การต่อวงจรไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ 1. วงจรอนุกรม เป็นการนำเอาเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือหลอดหลายๆ อันมาต่อเรียงกันไปเหมือนลูกโซ่ ถ้าเกิดเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งเปิดวงจรหรือขาด จะทำให้วงจรทั้งหมดไม่ทำงาน 2. วงจรขนาน เป็นการนำเอาต้นของเครื่องใช้ไฟฟ้าทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกัน และต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดที่จุดหนึ่ง นำปลายสายของทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกันและนำไปต่อกับแหล่งกำเนิดอีกจุดหนึ่งที่เหลือ ถ้าเกิดในวงจรมีเครื่องใช้ไฟฟ้าตัวหนึ่งขาดหรือเปิดวงจร เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เหลือก็ยังสามารถทำงานได้

### 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (50 นาที)

3.1 ครูให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหา ดังนี้

“ชาวสวนคนหนึ่งต้องการขาย ฟางอัดก้อน ของตนเองให้กับพ่อค้าคนกลาง ซึ่งการลำเลียงฟางอัดก้อนไปขายให้พ่อค้าคนกลางให้ได้จำนวนก้อนมากที่สุด ใน 1 รอบ (ฟางหนักก้อนละ 50 กรัม) ให้นักเรียนสร้างรถบรรทุกสำหรับขนฟางอัดก้อน โดยจะต้องใช้เส้นทางที่มีระยะ

ทางตรงยาว 2 กิโลเมตร และทางเรียบขึ้นเนินท่ามุ่ม 9 องศา กับแนวระดับยาว 1 กิโลเมตร (ใช้มาตราส่วน 1 กิโลเมตร ต่อ 100 เซนติเมตร)

### 3.2. ครูแจ้งเกณฑ์การทดสอบรถบรรทุกให้นักเรียนทราบ

#### เกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบแต่ละครั้ง

การเคลื่อนที่ของรถบรรทุก				
เกณฑ์	เคลื่อนที่ถึง	เคลื่อนที่ถึง	เคลื่อนที่ถึง	เคลื่อนที่ถึง
พิจารณา	จุดหมายเป็น	จุดหมายเป็น	จุดหมายเป็น	จุดหมายเป็น
	คันที่ 1	คันที่ 2	คันที่ 3	คันที่ 4
คะแนน	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน
ความสามารถในการลำเลียงฟางอัดก้อน				
เกณฑ์	บรรทุกฟางได้	บรรทุกฟางได้	บรรทุกฟางได้	บรรทุกฟางได้
พิจารณา	มากเป็น	มากเป็น	มากเป็น	มากเป็น
	อันดับที่ 1	อันดับที่ 1	อันดับที่ 1	อันดับที่ 1
คะแนน	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน

#### หมายเหตุ

- ในขณะที่กำลังลำเลียงฟางไป ถ้าฟางตกหล่นกลางทางถือว่าการทดสอบครั้งนั้นเป็นโมฆะ
- ถ้ารถบรรทุกไม่สามารถขับเคลื่อนไปจนถึงจุดหมายได้ถือว่าการทดสอบครั้งนั้นเป็นโมฆะ
- ในการแข่งขันทั้ง 3 ครั้ง ให้เลือกเอาคะแนนครั้งที่ดีที่สุดมาตัดสินผลการทดสอบ
- ให้นักเรียนเลือกจำนวนฟางที่จะบรรทุกก่อนการทดสอบ

3.3 นักเรียนวางแผนการออกแบบรถบรรทุกจำลอง โดยปรึกษากับเพื่อนในกลุ่ม ครูใช้คำถามดังนี้

คำถาม: นักเรียนจะนำเอาความรู้เกี่ยวกับอัตราทดของเฟืองที่ได้ศึกษามาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวอย่างไรบ้าง (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2)

แนวการตอบ: การจะสร้างรถบันทุกจำลองให้สามารถขับเคลื่อนทางตรงและขึ้นเนินได้จะต้องคำนึงอัตราทดของเฟือง ถ้าอัตราทดของเฟืองน้อยจะสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วแต่ไม่มีกำลังในการออกตัวเมื่อบรรทุกมาก ๆ แต่ถ้าเป็นอัตราทดเกียร์สูงๆ จะสามารถเคลื่อนที่ได้ช้าแต่มีกำลังออกตัวขณะชนของมาก ๆ



3.4 นักเรียนดำเนินการเขียนแบบรถบรรทุกจำลอง และครูให้นักเรียนบันทึกกระบวนการต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ดังนี้

คำถาม: นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ใดเพื่อช่วยใช้ในการดำเนินการในขั้นนี้บ้าง (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 5)

แนวการตอบ: นักเรียนอาจมีการระบุเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เช่น ไม้บรรทัด เครื่องมือสำหรับการวัด ไม้ฉาก เครื่องคำนวณ และอื่น ๆ ที่เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์

คำถาม: ข้อจำกัดที่นักเรียนต้องคำนึงถึง หรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการออกแบบรถบรรทุกจำลองคืออะไร (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 4)

แนวการตอบ: อัตราทดของเฟืองใดที่จะเหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถเคลื่อนที่ได้เร็วและบรรทุกได้มากที่สุด

คำถาม: นักเรียนจะเลือกใช้อัตราทดเฟืองเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้อัตราทดเฟืองนี้ มีการคิดคำนวณอย่างไร (บันทึกการคิดคำนวณลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 6)

#### 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (60 นาที)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มรับอุปกรณ์ที่ได้จัดเตรียมเอาไว้ให้สำหรับสร้างรถบรรทุกจำลอง

4.2 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ดังนี้

คำถาม: นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ใดเพื่อช่วยใช้ในการดำเนินการในขั้นนี้บ้าง(บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 4)

แนวการตอบ: นักเรียนอาจมีการระบุเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เช่น ไม้บรรทัด เครื่องมือสำหรับการวัด ไม้ฉาก เครื่องคำนวณ และอื่น ๆ ที่เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์

4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มเริ่มสร้างรถบรรทุกจำลองตามแผนที่ได้วางไว้ โดยครูคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการสร้าง

#### 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (90 นาที)

##### แผนผังการทดสอบ

เงื่อนไขการทดสอบ สร้างรถบรรทุกให้สามารถ บรรทุกฟางอัดก้อน ก้อนละ 50 กรัม บนถนนจำลองเส้นทางประกอบด้วย ทางตรงยาว 200 เซนติเมตร และทางเรียบขึ้นเนินทำมุม 9 องศา กับพื้นราบ ยาว 70 เซนติเมตร (ทำจากโฟมเคลือบด้วยพลาสติกหรือลูกฟูก)



5.1. ครูแจ้งเกณฑ์การให้คะแนนให้นักเรียนทราบอีกครั้ง

เกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบแต่ละครั้ง

การเคลื่อนที่ของรถบรรทุก				
เกณฑ์พิจารณา	เคลื่อนที่ถึงจุดหมายเป็นคันที่ 1	เคลื่อนที่ถึงจุดหมายเป็นคันที่ 2	เคลื่อนที่ถึงจุดหมายเป็นคันที่ 3	เคลื่อนที่ถึงจุดหมายเป็นคันที่ 4
คะแนน	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน
ความสามารถในการลำเลียงฟางอัดก้อน				
เกณฑ์พิจารณา	บรรทุกฟางได้มากเป็นอันดับที่ 1	บรรทุกฟางได้มากเป็นอันดับที่ 1	บรรทุกฟางได้มากเป็นอันดับที่ 1	บรรทุกฟางได้มากเป็นอันดับที่ 1
คะแนน	5 คะแนน	4 คะแนน	3 คะแนน	2 คะแนน

หมายเหตุ

- ในขณะที่กำลังลำเลียงฟางไป ถ้าฟางตกหล่นกลางทางถือว่าการทดสอบครั้งนั้นเป็นโมฆะ

- ถ้ารถบรรทุกไม่สามารถขับเคลื่อนไปจนถึงจุดหมายได้ถือว่าการทดสอบครั้งนั้นเป็นโมฆะ

- ในการแข่งขันทั้ง 3 ครั้ง ให้เลือกเอาคะแนนครั้งที่ดีที่สุดมาตัดสินผลการทดสอบ

- ให้นักเรียนเลือกจำนวนฟางที่จะบรรทุกก่อนการทดสอบ

5.2 นักเรียนทดสอบรถบรรทุกจำลองครั้งที่ 1

5.2.1 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดสอบ ข้อค้นพบ ครั้งที่ 1

5.2.2 นักเรียนปรับปรุงรถบรรทุกจำลองครั้งที่ 1 และบันทึกสิ่งที่ปรับปรุง และการคิด

คำนวณในการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 7 และ ข้อจำกัดที่พบในข้อที่ 9

### 5.3 นักเรียนทดสอบรถบรทุกจำลองครั้งที่ 2

5.3.1 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดสอบ ข้อค้นพบ ครั้งที่ 2

5.3.2 นักเรียนปรับปรุงรถบรทุกจำลองครั้งที่ 2 และบันทึกสิ่งที่ปรับปรุง และการคิดคำนวณในการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 7 และ ข้อจำกัดที่พบในข้อที่ 9

### 5.4 นักเรียนทดสอบรถบรทุกจำลองครั้งที่ 3

5.4.1 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดสอบ ข้อค้นพบ ครั้งที่ 3

5.4.2 นักเรียนปรับปรุงรถบรทุกจำลองครั้งที่ 3 และบันทึกสิ่งที่ปรับปรุง และการคิดคำนวณในการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 7 และ ข้อจำกัดที่พบในข้อที่ 9

## 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (30 นาที)

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาหรือกระบวนการทำงานของตอนที่ค้นพบ และบันทึกแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาหรือกระบวนการทำงานของตอนที่ค้นพบของกลุ่มตนเองในใบกิจกรรม

### 6.2 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์และบันทึกดังนี้

คำถาม: นักเรียนคิดว่า อัตราทดเกียร์ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และเป็นอัตราทดเกียร์ที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คืออัตราทดเกียร์ใด ทำไมถึงเลือกอัตราทดเกียร์นี้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 8)

คำถาม: 8. นักเรียนคิดว่าการออกแบบและสร้างรถบรทุกจำลองโดยใช้อัตราทดของเกียร์ ที่นักเรียนเลือกมาประกอบเป็นรถบรทุกจำลองในแต่ละครั้ง มีผลต่อการทดสอบ หรือสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ ตามที่นักเรียนต้องการหรือไม่ อย่างไร สามารถนำมาตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย(บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 9)

คำถาม: นักเรียนคิดว่าอัตราทดของเฟืองที่นักเรียนได้เลือกมาใช้กับการสร้างรถบรทุกจำลองสามารถใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ อัตราทดเกียร์ใดที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถบรทุกจำลองนั้นเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดและบรทุกก่อนฟางได้มากที่สุด เพราะเหตุใด (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 10)

คำถาม: ในกลุ่มของนักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดอย่างไร เพื่อที่จะให้รถบรทุกจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วและบรทุกฟางอัดก้อนได้หลายก้อน เพราะเหตุใดจึงเลือกที่จะออกแบบหรือสร้างรถบรทุกจำลองโดยใช้อัตราทดของเฟืองดังกล่าว และมีรายละเอียดใดที่นักเรียนทำแล้วประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาในครั้งนี้ (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 11)

คำถาม: นักเรียนคิดว่ารถบรรทุกทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดอะไรบ้าง และนักเรียนคิดว่าจะสามารถพัฒนารถบรรทุกทุกจำลองต่อไปได้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12)

คำถาม: นักเรียนคิดว่า ผลงานของนักเรียนจะต้องปรับปรุงไปในทิศทางใดบ้าง อัตราทดของเฟืองที่ใช้ในครั้งนี้อยู่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องใด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดจงอธิบาย (บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 13)

## 7. การวัดและประเมินผล

## 7.1 การวัดผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
1. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ (K)	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 6 ข้อที่ 7.1.3 ข้อที่ 7.2.3 ข้อวิ 7.2.3	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
2. นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้อย่างถูกต้อง (K)	ตรวจชิ้นงาน การต่อวงจรไฟฟ้า บนรถบรรทุก จำลองที่นักเรียน สร้างขึ้น	ชิ้นงานการต่อ วงจรไฟฟ้าบน รถบรรทุกจำลองที่ นักเรียนสร้างขึ้น	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
3. นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง (K)	ตรวจชิ้นงาน การต่อวงจรไฟฟ้า บนรถบรรทุก จำลองที่นักเรียน สร้างขึ้น	ชิ้นงาน รถบรรทุก จำลองที่นักเรียน สร้างขึ้น	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
4. นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงรถบรรทุกจำลองให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	ตรวจการทำงาน ของรถบรรทุก จำลองที่นักเรียน สร้างขึ้นทั้ง 3 ครั้ง ของการทดสอบ และปรับปรุง	ใบกิจกรรมที่ 1 ข้อค้นพบและสิ่งที่ ต้องปรับปรุงจาก การทดสอบครั้งที่ 1 2 และ 3	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้

## 7.1 การวัดผล (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
5. นักเรียนสามารถระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
6. นักเรียนสามารถใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้อย่างเหมาะสม	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
7. นักเรียนใช้การดำเนินการในเรื่องจำนวนในการสำรวจปัญหาและแก้ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
8. นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับอัตราส่วนกลับไปบริบทชีวิตจริงได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
9. นักเรียนเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ในเรื่องอัตราส่วน เพื่อใช้ตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงาน	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
10. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า เพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราส่วนจึงมีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหา	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
11. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรถบรรทุกจำลองได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
12. นักเรียนสามารถใช้ระบุแง่มุมของปัญหาในสร้างและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
13. นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริงกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
14. นักเรียนสามารถเขียนแบบของรถบรรทุกจำลองเพื่อใช้แก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้	ตรวจใบงาน การเขียนแบบเพื่อ สร้างรถบรรทุก จำลอง	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
15. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 12	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
16. นักเรียนสามารถสะท้อนข้อโต้แย้งเกี่ยวกับอัตราส่วน โดยมีการอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	สังเกตการโต้แย้ง รายกลุ่ม	แบบสังเกตการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
17. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของรถบรรทุกจำลองที่สร้างขึ้นได้ (P)	ตรวจใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 13	ใบกิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้
18. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน (A)	สังเกตพฤติกรรม การปฏิบัติงานและ ร่วมกิจกรรมกลุ่ม	แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์	ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้



## 7.2 การประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ (K)	นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ ถูกต้อง	นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้ ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนไปใช้ในหาอัตราทดของเฟืองของรถบรรทุกจำลองได้
2. นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้อย่างถูกต้อง (K)	นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้อย่างถูกต้อง ทั้งวงจรทำให้รถสามารถเคลื่อนที่ได้	นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ทั้งหมด ทำให้รถไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	นักเรียนไม่สามารถต่อวงจรไฟฟ้าของรถบรรทุกจำลองได้
3. นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง (K)	นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง ทั้งวงจร	นักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้ถูกต้อง บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบในการต่อวงจรไฟฟ้าแบบเปิดได้อย่างถูกต้อง
4. นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองให้มีการพัฒนาเป็นลำดับ	นักเรียนสามารถสร้าง ทดสอบและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองแต่ไม่มีการพัฒนา	นักเรียนไม่สามารถสร้าง ทดสอบและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองได้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
5. นักเรียนสามารถระบุ ประเด็นทาง คณิตศาสตร์ที่ใช้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับ อัตราส่วนได้	นักเรียนสามารถบอก ประเด็นทาง คณิตศาสตร์ของ ปัญหาที่อยู่ใน สถานการณ์ปัญหา และพร้อมอธิบาย เหตุผล	นักเรียนสามารถ บอกประเด็นทาง คณิตศาสตร์ปัญหาที่ อยู่ในสถานการณ์ ปัญหาแต่ไม่มีการ อธิบายเหตุผล	นักเรียนไม่สามารถ บอกประเด็นทาง คณิตศาสตร์ของ ปัญหาที่อยู่ใน สถานการณ์ปัญหา
6. นักเรียนสามารถใช้ เครื่องมือทาง คณิตศาสตร์เพื่อช่วยใช้ ในการแก้ปัญหา เกี่ยวกับอัตราส่วนได้ อย่างเหมาะสม	นักเรียนสามารถใช้ เครื่องมือทาง คณิตศาสตร์รวมทั้ง เทคโนโลยีเพื่อช่วยหา วิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้อง เหมาะสม	นักเรียนสามารถใช้ เครื่องมือทาง คณิตศาสตร์รวมทั้ง เทคโนโลยีเพื่อช่วย หาวิธีแก้ปัญหาแต่ไม่ เหมาะสม	นักเรียนไม่สามารถ ใช้เครื่องมือทาง คณิตศาสตร์รวมทั้ง เทคโนโลยีเพื่อช่วย หาวิธีแก้ปัญหาที่ ถูกต้องเหมาะสม
7. นักเรียนใช้ การดำเนินการในเรื่อง จำนวนในการสำรวจ ปัญหาและแก้ปัญหา เกี่ยวกับอัตราส่วนได้	นักเรียนสามารถ จัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศ เกี่ยวกับกราฟและ สถิตินิพจน์พีชคณิต และสมการ และ การแสดงแทนทาง เรขาคณิตได้ถูกต้อง เพื่อให้ง่ายต่อการใช้ ในการแก้ปัญหา	นักเรียนสามารถ จัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศ เกี่ยวกับกราฟและ สถิตินิพจน์พีชคณิต และสมการ และการ แสดงแทนทาง เรขาคณิตได้ไม่ ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถ สามารถจัดการด้าน จำนวน ข้อมูลและ ข้อสนเทศเกี่ยวกับ กราฟและสถิติ นิพจน์พีชคณิตและ สมการ และ การแสดงแทน ทางเรขาคณิตได้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
8. นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับอัตราส่วนกลับไปบริบทชีวิตจริงได้	นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องโดยมีการอธิบาย	นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องโดยไม่มี การอธิบาย	นักเรียนไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริงได้
9. นักเรียนเข้าใจว่าชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ในเรื่องอัตราส่วนเพื่อใช้ตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงาน	นักเรียนอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไรแล้วสามารถตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาได้อย่างไร	นักเรียนอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไรแต่ไม่สามารถตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้	นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร
10. นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราส่วนจึงมีความเหมาะสมกับบริบทของปัญหา	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาโดยมีการอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาโดยไม่มี การอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
11. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรถบรรทุกจำลองได้	นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้โดยมีการอธิบายกำกับชัดเจนเกี่ยวกับแบบจำลอง	นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้โดยไม่มีการอธิบายกำกับชัดเจน	นักเรียนไม่สามารถระบุข้อจำกัดและสมมุติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นได้
12. นักเรียนสามารถใช้ระบุแง่มุมของปัญหาในสร้างและปรับปรุงรถบรรทุกจำลองได้	การรู้แง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	การสามารถอธิบายแง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ	การไม่สามารถอธิบายแง่มุมต่าง ๆ ของปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักข้อเท็จจริง หรือวิธีดำเนินการ
13. นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาได้	นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ไม่ถูกต้อง	นักเรียนไม่สามารถนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ขั้นตอนวิธีและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
14. นักเรียนสามารถเขียนแบบของรถบรรทุกจำลองเพื่อใช้แก้ไขสถานการณ์ปัญหาได้	นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพกราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา มีการระบุส่วนที่เป็นคณิตศาสตร์ไว้อย่างชัดเจน	นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา	นักเรียนไม่สามารถเขียนแผนภาพกราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหา
15. นักเรียนสามารถระบุข้อจำกัดของรถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	นักเรียนสามารถอธิบายขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ พร้อมมีการอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนสามารถอธิบายขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้โดยไม่มี การอธิบายให้เหตุผล	นักเรียนไม่สามารถอธิบายขอบเขตและข้อจำกัดของแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้
16. นักเรียนสามารถสะท้อนข้อโต้แย้งเกี่ยวกับอัตราส่วน โดยการอธิบายและการแสดงเหตุผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	นักเรียนสามารถสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์โดยมีการการอธิบายหรือการแสดงผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในกลุ่ม	นักเรียนสามารถสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์โดยไม่มี การการอธิบายหรือการแสดงผลต่อผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ในกลุ่ม	นักเรียนไม่สามารถสะท้อนข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
17. นักเรียนสามารถ ระบุข้อจำกัดของ รถบรรทุกจำลองที่ สร้างขึ้นได้	นักเรียนสามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหาโดยมี การให้เหตุผลหรือ การอธิบายได้อย่าง เหมาะสม	นักเรียนสามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหาโดยไม่มี การให้เหตุผลหรือ การอธิบายได้อย่าง เหมาะสม	นักเรียนไม่สามารถ วิจารณ์และระบุ ข้อจำกัดของ แบบจำลองที่ใช้ แก้ปัญหา
18. นักเรียนมีความ มุ่งมั่นในการทำงาน	มีความมุ่งมั่นใน การทำงาน ตั้งใจ ร่วมกันทำงาน เสร็จ ทันเวลาที่กำหนด	มีความมุ่งมั่นในการ ทำงาน ตั้งใจร่วมกัน ทำงาน เสร็จไม่ ทันเวลาที่กำหนด	นักเรียนไม่มีความ มุ่งมั่นในการทำงาน

#### 8. สื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

- 8.1 สมุดบันทึกกิจกรรม รถบรรทุกสุดแกร่ง
- 8.2 ใบกิจกรรมที่ 1
- 8.3 อุปกรณ์สำหรับการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย
- 8.4 อุปกรณ์สำหรับสร้างรถบรรทุกสุดแกร่ง
- 8.5 อุปกรณ์สำหรับกิจกรรมมหัศจรรย์แห่งเฟือง

9. บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

9.1 สรุปผลที่เกิดจากการเรียนรู้

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

9.2 ปัญหา/อุปสรรค

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

9.3 แนวทางในการแก้ไขและพัฒนา

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

ลงชื่อ.....ผู้สอน  
(.....)  
...../...../.....

## ใบกิจกรรมที่ 1

### กิจกรรม รถบรรทุกสุดแกร่ง

ชื่อกลุ่ม.....

#### สมาชิกกลุ่ม

- |         |              |
|---------|--------------|
| 1. .... | เลขที่ ..... |
| 2. .... | เลขที่ ..... |
| 3. .... | เลขที่ ..... |
| 4. .... | เลขที่ ..... |
| 5. .... | เลขที่ ..... |

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

1. ปัญหาของสถานการณ์นี้คือ

.....

.....

.....

.....

2. จากสถานการณ์ข้างต้นนักเรียนคิดว่าจะต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ใดเอามาใช้ในการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะนำเอาความรู้เกี่ยวกับอัตราตของเฟืองที่ได้ศึกษามาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....



4. ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับอัตราทดเฟือง นักเรียนต้องคำนึงถึง หรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในการออกแบบรถบรรทุกจำลองคืออะไร

ครั้งที่	อัตราทดเฟือง ที่เลือกใช้	ข้อจำกัดที่เกิดขึ้น
1	..... ..... .....	..... ..... .....
2	..... ..... .....	..... ..... .....
3	..... ..... .....	..... ..... .....

5. นักเรียนจะเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ใดเพื่อช่วยใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวบ้าง

.....

.....

.....

6. นักเรียนจะเลือกใช้อัตราทดเฟืองเท่าใด เพราะเหตุใดจึงเลือกใช้อัตราทดเฟืองนี้ มีการคิดคำนวณอย่างไร จงระบุการคิดคำนวณ

.....

.....

.....

.....

7. บันทึกการทดสอบ

7.1 การทดสอบครั้งที่ 1 ผลการทดสอบ  สำเร็จตามเป้าหมาย  ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

7.1.1 ปัญหาที่พบ	7.1.2 วิธีการแก้ปัญหา	7.1.3 การคิดคำนวณ การเลือกอัตราทดเฟืองที่เหมาะสม ใน การแก้ปัญหา และจะสามารถบรรลุทุกก่อนฟางได้กี่ก่อน
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

7.2 การทดสอบครั้งที่ 2 ผลการทดสอบ  สำเร็จตามเป้าหมาย  ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

7.2.1 ปัญหาที่พบ	7.2.2 วิธีการแก้ปัญหา	7.2.3 การคิดคำนวณ การเลือกอัตราทดเฟืองที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหา และจะสามารถบรรทุก ก้อนฟางได้กี่ก้อน
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

7.3 การทดสอบครั้งที่ 3      ผลการทดสอบ       สำเร็จตามเป้าหมาย    ไม่สำเร็จตามเป้าหมาย

7.3.1 ปัญหาที่พบ	7.3.2 วิธีการแก้ปัญหา	7.3 การคิดคำนวณ การเลือกอัตราทดเฟืองที่เหมาะสม ใน การแก้ปัญหา และจะสามารถบรรทุก ก้อนฟางได้กี่ก้อน
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

8. นักเรียนคิดว่า อัตราทดเกียร์ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และเป็นอัตราทดเกียร์ที่จะช่วยให้ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุดในครั้งนี้ คืออัตราทดเกียร์ใด ทำไมถึงเลือกอัตราทดเกียร์นี้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....  
 .....

9. นักเรียนคิดว่าอัตราทดของเฟืองที่นักเรียนได้เลือกมาใช้กับการสร้างรถบรรทุกจำลองสามารถใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้หรือไม่ อัตราทดเกียร์ใดที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้รถบรรทุกจำลองนั้นเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดและบรรทุกก้อนฟางได้มากที่สุด เพราะเหตุใด

.....  
 .....

10. ในกลุ่มของนักเรียนมีวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดอย่างไรเพื่อที่จะให้รถบรรทุกจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วและบรรทุกฟางอัดก้อนได้หลายก้อน เพราะเหตุใดจึงเลือกที่จะออกแบบหรือสร้างรถบรรทุกจำลองโดยใช้อัตราทดของเฟืองดังกล่าว และมีรายละเอียดใดที่นักเรียนทำแล้วประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหาในครั้งนี้

.....  
 .....

11. นักเรียนคิดว่ารถบรรทุกจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นยังมีข้อจำกัดอะไรบ้าง และนักเรียนคิดว่าจะสามารถพัฒนารถบรรทุกจำลองต่อไปได้อีกหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....  
 .....

12. นักเรียนคิดว่า ผลงานของนักเรียนจะต้องปรับปรุงไปในทิศทางใดบ้าง อัตราทดของเฟืองที่ใช้ในครั้ง นี้ ยังมีข้อจำกัดในเรื่องใด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด จงอธิบาย

.....  
 .....

.....  
 .....

13. นักเรียนคิดว่าการออกแบบและสร้างรถบรรทุกจำลองโดยใช้อัตราทดของเกียร์ที่นักเรียนเลือกมาประกอบเป็นรถบรรทุกจำลองในแต่ละครั้ง มีผลต่อการทดสอบ หรือสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ ตามที่นักเรียนต้องการหรือไม่ อย่างไร สามารถนำมาตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้นได้อย่างไรบ้าง จงอธิบาย

ครั้งที่	อัตราทดเฟือง ที่เลือกใช้	ผลการทดสอบ หรือสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ ตามที่นักเรียนต้องการหรือไม่ อย่างไร	นำมาตัดสินใจในการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้นได้อย่างไร
1			
2			
3			

แบบสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ที่.....

สังเกตครั้งที่..... วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....  
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....  
 จำนวน.....ชั่วโมง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่.....1.....ภาคเรียนที่.....2.....ปีการศึกษา..2562....  
 ครูผู้สอน นายตระการ ขวัญเนตร

คำชี้แจง

1. แบบสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับนี้ ใช้สำหรับสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์ ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

2. กระบวนการทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

1. การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหา และให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกที่จริงและการระบุตัวแปรที่สำคัญ
- การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (รวมถึง กฎเกณฑ์ความสัมพันธ์และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์
- การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้อยู่ในรูปอย่างง่าย เพื่อให้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น
- การแสดงแทนสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ตัวแปร สัญลักษณ์แผนภาพ และแบบจำลองมาตรฐานที่เหมาะสม

- การแสดงแทนปัญหาในหลากหลายวิธีรวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- การรู้เข้าใจ และการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาเฉพาะกับบริบทของปัญหากับภาษาที่เป็นสัญลักษณ์และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์
- การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงแทน
- การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ภายในปัญหาที่อยู่ในสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์

2. การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา หมายถึง ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

- การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้
- การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม
- การดำเนินการในเรื่องจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิติที่พจนานุกรมคณิตและสมการ และการแสดงแทนทางเรขาคณิต
- การใช้และการสลับที่ระหว่างการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในกระบวนการแก้ปัญหา
- การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา

3. การตีความและประเมินผลลัพธ์ หมายถึง ผู้เรียนสามารถสะท้อนวิธีแก้ปัญหาผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาในโลกชีวิตจริง ได้แก่

- การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปบริบทโลกชีวิตจริง
- การประเมินความเป็นเหตุเป็นผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง
- ความเข้าใจว่าในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลองอย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะต้องปรับปรุงหรือนำผลไปใช้ในสถานการณ์ได้อย่างไร
- การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา



3. ให้ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งวันที่รายละเอียดของการสังเกต  
ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ในแต่ละชั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาการรู้คิดศาสตร์  
ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 1. ชั้นระบุปัญหา

1.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของ  
ปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

1.1.1 ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

.....

.....

.....

#### 1.1.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

#### 1.1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

1.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

1.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

1.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

1.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

1.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและ  
การประเมินผลลัพธ์ ได้หรือไม่

ได้

ไม่ได้

ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

1.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

.....

.....

.....

1.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

1.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

**2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา**

2.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

2.1.1 ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

2.1.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

2.1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

2.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

2.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

2.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

2.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

2.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและ  
การประเมินผลลัพธ์ ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

2.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

.....

.....

.....

2.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

2.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

3. **ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา**

3.1 **ชั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่**

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

3.1.1 **ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ**

.....

.....

.....

3.1.2 **ปัญหาและอุปสรรค**

.....

.....

.....

3.1.3 **แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง**

.....

.....

.....

3.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

3.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

3.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

3.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....



3.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและการประเมินผลลัพธ์ ได้หรือไม่

ได้

ไม่ได้

ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

3.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

3.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

3.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

4. **ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา**

4.1 **ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่**

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

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

4.1.1 **ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ**

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

4.1.2 **ปัญหาและอุปสรรค**

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

4.1.3 **แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง**

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

4.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

4.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

4.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

4.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

4.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและ  
การประเมินผลลัพธ์ ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

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

4.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

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

4.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

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

4.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

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

**5. ชั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน**

5.1 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

5.1.1 ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

5.1.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

5.1.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

5.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

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

5.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

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

5.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

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

5.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

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

5.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและ  
การประเมินผลลัพธ์ ได้หรือไม่

ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

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

5.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง  
โปรดระบุ

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

5.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

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

5.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

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

6. **ชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน**

6.1 **ขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่**

ได้

ไม่ได้

ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

6.1.1 **ส่งเสริมให้เกิด การคิดสถานการณ์ของปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ**

.....

.....

.....

6.1.2 **ปัญหาและอุปสรรค**

.....

.....

.....

6.1.3 **แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง**

.....

.....

.....



6.2 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่

- ได้                       ไม่ได้                       ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

6.2.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้างโปรดระบุ

.....

.....

.....

6.2.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

6.2.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

6.3 ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้นักเรียน กระบวนการทางคณิตศาสตร์: การตีความและ การประเมินผลลัพธ์ได้หรือไม่

- ได้
- ไม่ได้
- ไม่แน่ใจ

.....

.....

.....

6.3.1 ส่งเสริมให้เกิด การใช้หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ข้อใดบ้าง .  
โปรดระบุ

.....

.....

.....

6.3.2 ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

6.3.3 แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง

.....

.....

.....

7. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

..

ลงชื่อ.....

(.....)

## ภาคผนวก จ ผลคะแนนการรู้เรื่องคณิตศาสตร์จากแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

## ตาราง 29 แสดงคะแนนของนักเรียนรายบุคคลจากการทำแบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

เลข ที่	แบบวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์																	รวม	ร้อยละ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
1	1	0	1	2	0	1	2	1	0	2	2	2	2	1	1	2	1	21	61.76	
2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	32	94.12	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
4	1	2	2	2	1	1	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	2	23	67.65	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
7	2	2	2	1	2	2	0	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	26	76.47
8	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	27	79.41
9	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	21	61.76	
10	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	27	79.41	
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	30	88.24	
12	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	0	2	1	1	2	2	1	25	73.53	
13	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	0	2	1	2	2	27	79.41	
14	0	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	2	1	1	1	17	50.00	
15	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	30	88.24	
16	1	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	0	1	1	0	22	64.71	
17	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	0	1	1	1	1	0	21	61.76	
18	2	2	1	2	0	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	24	70.59	
19	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	29	85.29	

**ประวัติผู้วิจัย**

**ประวัติผู้วิจัย****ชื่อ - ชื่อสกุล**

ตระการ ขวัญเนตร

**วัน เดือน ปี เกิด**

1 กันยายน 2536

**ที่อยู่ปัจจุบัน**

355/1 หมู่ 4 ตำบลท่าเสา อำเภอเมือง

จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000

**ประวัติการศึกษา**

พ.ศ. 2560

คบ. คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์