



การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความ
ริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและ
อัตราส่วน



นवलจันทร์ จันทร์ศรี

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความ
ริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและ
อัตราส่วน



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน"

ของ นवलจันทร์ จันทร์ศรี

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

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

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน
ผู้วิจัย	นवलจันทร์ จันทร์ศรี
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พุนไพบูลย์พิพัฒน์
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. คณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2564
คำสำคัญ	การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม, ร้อยละและอัตราส่วน

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน กลุ่มเป้าหมายของงานวิจัยเป็นนักเรียนของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี จำนวน 35 คน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในปีการศึกษา 2564 โดยใช้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบประเมินชิ้นงาน ใบกิจกรรม และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน มีประเด็นสำคัญที่ควรตระหนักถึง ได้แก่ ขั้นการระบุปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของการดำเนินกิจกรรมด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หากนักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้อย่างถูกต้อง จะส่งผลกระทบต่อขั้นตอนอื่น ๆ ด้วย ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนระบุปัญหาให้ถูกต้อง และกระตุ้น

ให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหา

2. นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ครบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และด้านการสร้างนวัตกรรม ซึ่งด้านที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ ด้านการสร้างนวัตกรรม และด้านที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้น้อยที่สุดคือ ด้านความคิดสร้างสรรค์



Title	MATHEMATICAL LEARNING ACTIVITIES BASED ON STEM EDUCATION TO ENHANCE CREATIVELY AND INNOVATION SKILL OF GRADE 6 STUDENTS IN THE TOPIC OF PERCENT AND RATIO
Author	NUANJAN JANSRI
Advisor	Assistant Professor Wanintorn Poonpaiboonpipat, Ph.D.
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Mathematics Education, Naresuan University, 2021
Keywords	STEM Education, Engineering Design Process, Creatively and Innovation Skill, Percent and Ratio

ABSTRACT

This action research aimed to study the guidelines for organizing learning activities according to the STEM education approach through the engineering design process and develop creatively and innovation skill of grade 6 students in the topic of Percentage and Ratio. The participants of the study were 35 students of a school in Uthaitani Province in the academic year 2021. The research instruments were learning forms reflection observation forms, for students' work and activity sheets. The data were analyzed by content analysis.

The results revealed that

1. The learning activities according to the STEM education approach through the engineering design process consists of 6 steps: 1) problem identification, 2) collecting data and related problems, 3) problem-solving design, 4) planning and implement, 5) testing, evaluation and development of problem-solving and works. 6) problem-solving presentation. The important issue was in the first step of engineering design process, identifying the problem. If the student was unable to appropriately identify the issue from the situation, this will have an impact on the

rest of the procedures. Teachers should emphasize appropriately identifying the problem as well as engaging students to solve problems.

2. Most students developed creatively and innovation after skills learning through STEM-based learning activities and the engineering design process in all three subcomponentys: creative thinking, collaboration, and innovation. Innovation is the most developed skill, whereas creativity is the least developed.



ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรินทร์ พูนไพบูลย์พิพัฒน์ ที่ปรึกษาและคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาค้นคว้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก นายรัฐภัทร สะอาด ครูวิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และนางสาวบุญรักษา ราสี ครูวิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทิศพิทยาคาร) จังหวัดอุทัยธานี ที่กรุณาให้คำแนะนำ แก้ไขและตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งเป็นผู้ร่วมสังเกตการจัดการเรียนรู้และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ จนทำให้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สมบูรณ์ และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ นายสมชาย เสมากุล ผู้อำนวยการโรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทิศพิทยาคาร) จังหวัดอุทัยธานี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการ เก็บข้อมูล รวมทั้งนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/8 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทิศพิทยาคาร) จังหวัดอุทัยธานี ให้ความร่วมมือในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นอย่างดี

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติมิตร และครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญ และคอยส่งเสริมสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่าน และขอใจเพื่อนนิสิตปริญญาโทที่เป็นส่วนหนึ่งในการให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าฉบับนี้ คณะผู้ศึกษาค้นคว้าขออุทิศแด่ ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้ต่อไป

นवलจันทร์ จันทร์ศรี

สารบัญ

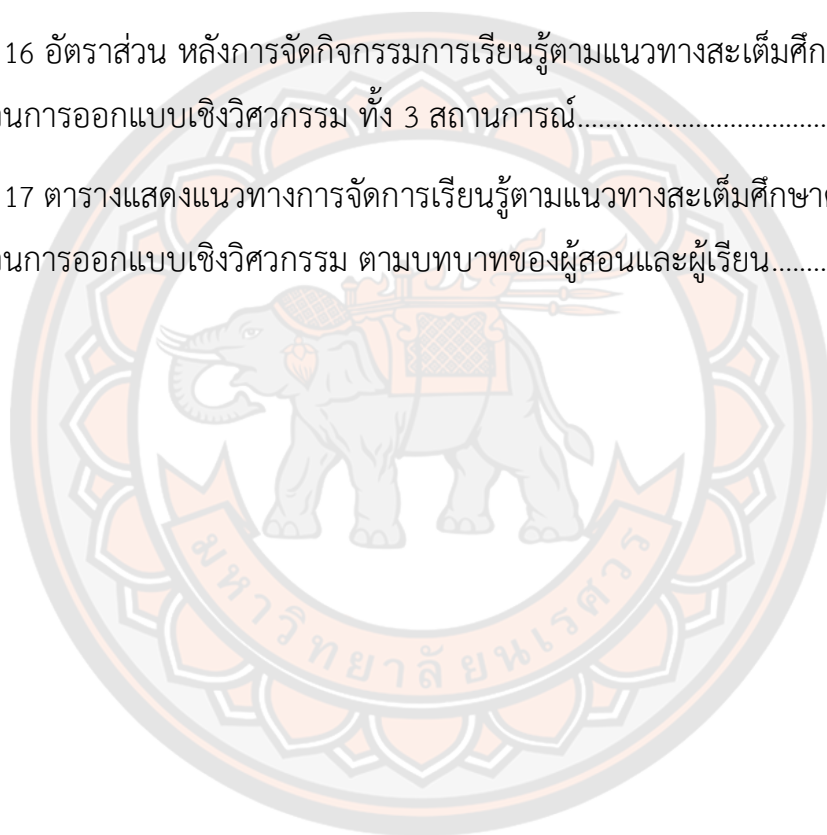
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณุปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	3
จุดประสงค์การวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐานพุทธศักราช 2551(ฉบับปรับปรุง 2560).....	9
2. สะเต็มศึกษา.....	13
3. ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	23
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31

1. งานวิจัยในประเทศ	31
2. งานวิจัยต่างประเทศ	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	36
1. ผู้เข้าร่วมวิจัย	36
2. รูปแบบการวิจัย.....	36
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	38
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	48
5. การวิเคราะห์ข้อมูล	50
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	53
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะ เต็มศึกษาที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับผู้เรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน	53
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	82
บทที่ 5 บทสรุป	90
สรุปผลการวิจัย.....	90
อภิปรายผล	96
ข้อเสนอแนะ	101
บรรณานุกรม.....	103
ภาคผนวก.....	107
ประวัติผู้วิจัย	166

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.....	11
ตาราง 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	12
ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละ เนื้อหาสาระ	39
ตาราง 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับองค์ประกอบของความรู้เริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	41
ตาราง 5 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ.....	44
ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
ตาราง 7 ตารางแสดงรหัสการจัดกลุ่มข้อมูลทักษะความรู้เริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ...	48
ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน.....	51
ตาราง 9 แสดงเกณฑ์วัดและประเมินผลการพัฒนาทักษะความรู้เริ่มสร้างสรรค์และ นวัตกรรม.....	52
ตาราง 10 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1	64
ตาราง 11 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2	73
ตาราง 12 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 3	81

ตาราง 13 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบใน วงจร.....	83
ตาราง 14 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบใน วงจรปฏิบัติการที่ 2.....	86
ตาราง 15 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบใน วงจร.....	88
ตาราง 16 อัตรাস่วน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 3 สถานการณ์.....	89
ตาราง 17 ตารางแสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน.....	93



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	7
ภาพ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	23
ภาพ 3 โครงสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21	23
ภาพ 4 วงจรปฏิบัติการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน.....	36
ภาพ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในแต่ละวงจรปฏิบัติการ	38
ภาพ 6 ตัวอย่างการระบุปัญหา จากกิจกรรมที่ 1 แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ.....	59
ภาพ 7 ตัวอย่างการบันทึกข้อค้นพบ/ความรู้จากกิจกรรม จากใบกิจกรรมแปลงเพาะ ถั่วงอกอัตโนมัติ	60
ภาพ 8 ภาพการสร้างแปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ	62
ภาพ 9 การสร้างแบบจำลองเศรษฐกิจพอเพียง.....	80

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

จากกระแสของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมในศตวรรษที่ 21 เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมเดิมไปสู่สังคมยุค 4.0 ซึ่งเป็นสังคมด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เป็นไปอย่างก้าวกระโดด ส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ ทัวโลกต่างต้องเผชิญกับความท้าทายและมุ่งพัฒนาประเทศเพื่อก้าวไปสู่การเป็นประเทศชั้นนำ ชีตความสามารถในการแข่งขันของประเทศจึงเป็นดัชนีวัดการพัฒนาของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชีตความสามารถในด้าน การศึกษานับเป็นกลไกสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาชีตความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ในภาพรวม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2561, หน้า ก) จากการจัดอันดับชีตความสามารถในการแข่งขันโดยสถาบันนานาชาติเพื่อพัฒนาการจัดการ (International Institute for Management Development : IMD) ปี 2561 ความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของประเทศไทย อยู่อันดับที่ 56 ลดลง 2 อันดับเมื่อเทียบกับปี 2560 (IMD 2561) จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องเร่งพัฒนาด้านการศึกษาอย่างเร่งด่วน ซึ่งได้ถูกกำหนดไว้ในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 ในยุทธศาสตร์ที่ 2 คือการผลิตและพัฒนากำลังคน การวิจัย และนวัตกรรมเพื่อสร้างชีตความสามารถในการแข่งขันของประเทศ นอกจากนี้ยังได้กำหนดเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) คือ มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, หน้า 79)

ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นี้ถูกพัฒนาขึ้นมาจากเครือข่าย P21 หรือ Partnership for 21st Century Learning ของประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยก็ได้ถูกกำหนดเป็นเป้าหมายของผู้เรียนในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจึงควรเน้นพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อใช้ในการดำรงชีวิตในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน ซึ่งทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะที่ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก เพราะมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีความต้องการที่จะเร่งพัฒนานวัตกรรมและนำมาใช้ในการเพิ่มมูลค่าผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เพื่อเป็นอาวุธสำคัญในการต่อสู้ในสนามแข่งขันของโลก โดยถูกกำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ซึ่งมุ่งเน้นการนำความคิดสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรม เพื่อเพิ่มชีตความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560, หน้า 3)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ถูกปรับปรุงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเนื่องจากโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น ด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีความรู้และนวัตกรรมใหม่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายในเวลาอันรวดเร็ว (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : สสวท.) จากสถานการณ์ดังกล่าวจึงต้องมีการปรับปรุงหลักสูตรเพื่อเป็นแนวทางทางในการพัฒนาผู้เรียนให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลง โดยกำหนดเป้าหมายให้เป็นไปตามแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ที่มุ่งให้การศึกษาและการเรียนรู้มีคุณภาพได้มาตรฐานสากล พัฒนาคนไทยให้มีทักษะการคิดสังเคราะห์ สร้างสรรค์ ต่อยอดสู่นวัตกรรม มีทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี มีการเรียนรู้ต่อเนื่องตลอดชีวิต และส่งเสริมระบบการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สสวท.,2560) ซึ่งจะเห็นว่าหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่เน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา

การจัดการเรียนรู้ในอดีตจะเน้นครูเป็นศูนย์กลาง ใช้การบรรยายในการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนขาดทักษะการคิด ความริเริ่มสร้างสรรค์ การเรียนรู้ด้วยตนเอง และข้อมูลจากบุคคลากรฝ่ายวิชาการ ผลการวัดประเมินปลายปี ผลคะแนนที่ผู้เรียนได้น้อยที่สุดคือ คะแนนจากข้อสอบในส่วนที่เป็นการเขียนแสดงวิธีทำ การอธิบายและให้เหตุผล ผู้เรียนเขียนแสดงวิธีการหาคำตอบและอธิบายเหตุผลด้วยวิธีการซ้ำ ๆ เดิม ไม่พบวิธีการแก้ปัญหาและให้เหตุผลที่แปลกใหม่หรือลอกคำตอบจากเพื่อน และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ผู้วิจัยสอนและให้ทำงานกลุ่ม สร้างชิ้นงาน และวัดประเมินที่ผ่านมาร่วมกับการสอบถามครูผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนในโรงเรียนมากกว่า 10 ปี พบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกิจกรรมกลุ่ม จะมีผู้เรียนเพียง 1 – 2 คนเท่านั้นในแต่ละกลุ่มที่ทำงานตามที่ผู้สอนมอบหมาย ส่วนผู้เรียนคนอื่นภายในกลุ่มไม่ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น รวมไปถึงในภาระงานที่ให้สร้างชิ้นงานก็จะมีผู้เรียนบางคนเท่านั้นที่ออกแบบชิ้นงาน ส่วนผู้เรียนคนอื่นได้เพียงลงมือสร้างชิ้นงานตามที่ถูกออกแบบคิดเท่านั้น จากปัญหาที่พบเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนยังขาดทักษะการคิดสร้างสรรค์ การสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม รวมไปถึงทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น นอกจากปัญหาที่พบนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยทัศนหลักสูตรสถานศึกษาของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ส่วนหนึ่งได้กล่าวถึงทักษะที่ควรสร้างให้เกิดกับผู้เรียนคือ การคิดสร้างสรรค์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM education) ที่เน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา มีรูปแบบการสอนหลายรูปแบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ หนึ่งในนั้นคือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ,

2559, หน้า 16-17) ซึ่งเป็นกระบวนการสอนแบบหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นการสอนให้เด็กรู้จักคิดในด้านต่าง ๆ เช่น การคิดหาเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา ครูสามารถใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์สอนเด็กได้ตั้งแต่ระดับอนุบาลและระดับประถมเป็นต้นไป (วคินส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560, หน้า 55) โดยมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information) ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluating and Design) และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) จากกระบวนการแก้ปัญหา 6 ขั้นตอนดังกล่าว จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น ตั้งแต่การร่วมกันระบุปัญหา การแก้ปัญหา รวมไปถึงการออกแบบชิ้นงานและการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้สร้างสรรค์ชิ้นงานที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง แก้ปัญหา การสร้างชิ้นงานโดยใช้ความรู้จากการบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ร่วมกับการทำงานกับผู้อื่น ส่งเสริมทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน เรื่องร้อยละและอัตราส่วน สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถในการคิดที่หลากหลายแนวทาง เป็นความคิดที่แปลกใหม่ ที่เกิดจากการปรับปรุงความคิดเดิม หรือเป็นความคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำเดิม เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรม ที่อยู่บนฐานของเหตุผลและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ประกอบด้วย การคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม (The Partnership for 21th Century Skills, 2009) และเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็น สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม และตรงตามเป้าหมายตามแผนพัฒนาการศึกษาและแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

คำถามวิจัย

1. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน มีแนวทางการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วนได้หรือไม่อย่างไร

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน

2. เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้โดยใช้ความรู้จากวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบ่งขั้นตอนเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ครูหยิบยกเอาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในชีวิตจริงเป็นประเด็นเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดเรื่องร้อยละและอัตราส่วน แล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาที่เป็นปัญหาจากสถานการณ์ ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงาน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มรวมกันการศึกษา สืบค้นข้อมูล แนวคิดหรือความรู้ทางศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานั้น

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำความรู้ในขั้นที่ 2 มากำหนดวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน โดยคำนึงถึงความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน รวมถึงกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบและประเมินการแก้ปัญหาของชิ้นงาน เพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานต่อผู้อื่นด้วยวิธีการที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

2. ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถในการคิดที่หลากหลายแนวทาง เป็นความคิดที่แปลกใหม่ ที่เกิดจากการปรับปรุงความคิดเดิม หรือเป็นความคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำเดิม เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรม ที่อยู่บนฐานของเหตุผลและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การคิดสร้างสรรค์ คือ ผู้เรียนสามารถ

1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย คือ ผู้เรียนสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง

1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่ คือ ผู้เรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวความคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้

1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไข วิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนางาน คือ ผู้เรียนวิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงานผ่าน

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ คือ ผู้เรียนสามารถ

2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ คือผู้เรียนสามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้

2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน คือ ผู้เรียนแสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณ และกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่ คือ ผู้เรียนเลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ คือ ผู้เรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้

3. การสร้างนวัตกรรม โดยผู้เรียนนำแนวคิดที่มีมาสร้างขึ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

การประเมินทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์จะเก็บรวบรวมข้อมูลจากใบกิจกรรมและแบบสังเกตพฤติกรรม สำหรับด้านการสร้างนวัตกรรม จะเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบประเมินชิ้นงาน

ขอบเขตของงานวิจัย

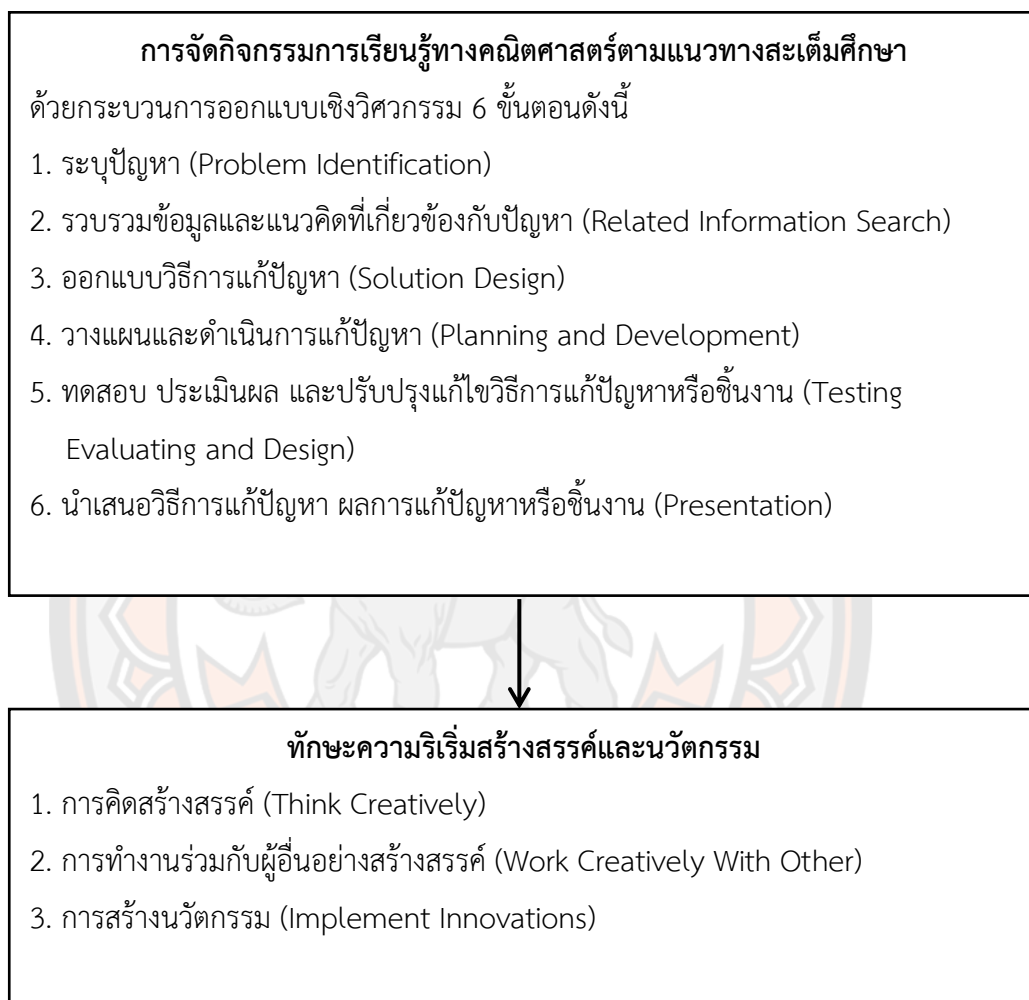
1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี จำนวน 35 คน

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ร้อยละ และอัตราส่วน ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 3 หัวข้อ คือ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ อัตราส่วนและมาตราส่วน และโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราส่วน ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

- 1.1 เป้าหมายหลักสูตร
- 1.2 คุณภาพผู้เรียน
- 1.3 คำอธิบายรายวิชา
- 1.4 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
- 1.5 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 1.6 บริบทของโรงเรียน

2. สะเต็มศึกษา

- 2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา
- 2.2 รูปแบบการบูรณาการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา
- 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาในโรงเรียน
- 2.4 รูปแบบและกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
- 2.5 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

- 3.1 ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 3.2 ความหมายของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 3.3 การพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 3.4 การวัดและประเมินทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยในประเทศ
- 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551(ฉบับปรับปรุง 2560)

นับตั้งแต่การปฏิรูปการศึกษาในปีพุทธศักราช 2542 เป็นเวลากว่า 15 ปีแล้วที่ประเทศไทย ได้มีการประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 และปรับปรุงเป็นหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในขณะที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่มีความรู้และนวัตกรรมใหม่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายในเวลาอันรวดเร็ว ส่งผลให้หลาย ประเทศทั่วโลกมีการพัฒนาทางการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเตรียม ประชากรให้พร้อมกับการเปลี่ยนแปลง จึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องมีการปรับหลักสูตร คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับความรู้และทักษะที่จำเป็น ในโลกปัจจุบันและอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ , 2560, หน้า 4)

1.1 เป้าหมายหลักสูตร

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตร ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 7)

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎี ในสาระคณิตศาสตร์ที่จำเป็น พร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ได้
2. มีความสามารถในการแก้ปัญหา สื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยง ให้เหตุผล และมีความคิดสร้างสรรค์
3. มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจน การประกอบอาชีพ
4. มีความสามารถในการเลือกใช้สื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.2 คุณภาพผู้เรียน

เมื่อเรียนจบการศึกษารายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้เรียนควรมีความรู้ ความสามารถ ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 14)

1. อ่าน เขียนตัวเลข ตัวหนังสือแสดงจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง อัตราส่วน และร้อยละ มีความรู้สึกเชิงจำนวน มีทักษะการบวก การลบ การคูณ การหาร ประมาณ ผลลัพธ์ และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
2. อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิต หาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปเรขาคณิต สร้างรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมและวงกลม หาปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากและนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
3. นำเสนอข้อมูลในรูปแผนภูมิแท่ง ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม ตารางสองทาง และกราฟเส้นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และตัดสินใจ

1.3 คำอธิบายรายวิชา

คำอธิบายรายวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน ค16101 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เวลาเรียน 160 ชั่วโมง

เปรียบเทียบ เรียงลำดับ เศษส่วนและจำนวนคละจากสถานการณ์ต่าง ๆ จำแนกรูปสามเหลี่ยมโดยพิจารณาจากสมบัติของรูปบอกลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดต่าง ๆ ระบุรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบจากรูปคลี่และระบุรูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

เขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณจากข้อความหรือสถานการณ์ โดยที่ปริมาณแต่ละปริมาณเป็นจำนวนนับ หาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ หา ห.ร.ม. และ ค.ร.น. ของจำนวนนับไม่เกิน 3 จำนวน แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับ ห.ร.ม. และ ค.ร.น. หาผลลัพธ์ของการบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเศษส่วนและจำนวนคละ 2 – 3 ขั้นตอน หาผลหารของทศนิยมที่ตัวหารและผลหารเป็นทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่ง แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาการบวก การลบ การคูณ การหารทศนิยม 3 ขั้นตอน แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาอัตราส่วน ปัญหาร้อยละ 2 – 3 ขั้นตอน แสดงวิธีคิดและหาคำตอบของปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป

แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม ความยาวรอบรูปและพื้นที่ของวงกลม สร้างรูปสามเหลี่ยมเมื่อกำหนดความยาวของด้านและขนาดของมุม ใช้ข้อมูลจากแผนภูมิรูปวงกลมในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา

1.4 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกสาระหลักเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จะยึดมาตรฐานและตัวชี้วัด เรื่องร้อยละและอัตราส่วน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน

พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยมีรายละเอียดสาระ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ดังต่อไปนี้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

มาตรฐานที่ ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติการดำเนินการ และนำไปใช้

ตาราง 1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.6	ค 1.1 ป.6/2 เขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณ จากข้อความหรือสถานการณ์	อัตราส่วน อัตราส่วนที่เท่ากัน และมาตราส่วน
	ค 1.1 ป.6/3 หาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้	
	ค 1.1 ป.6/11 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาอัตราส่วน	การแก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วน และมาตราส่วน
	ค 1.1 ป.6/12 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาร้อยละ 2 – 3 ขั้นตอน	การแก้โจทย์ปัญหาร้อยละ

1.5 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกสาระรองเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จะยึดมาตรฐานและตัวชี้วัด ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) โดยมีรายละเอียดสาระ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดดังต่อไปนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐานที่ ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐานที่ ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐานที่ ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตาราง 2 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ป.4	ว 1.2 ป.4/2 บรรยายหน้าที่ของราก ลำต้น ใบ และดอกของพืชดอก โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้	<p>ส่วนต่าง ๆ ของพืชดอกทำหน้าที่แตกต่างกัน</p> <ul style="list-style-type: none"> - รากทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารขึ้นไปยังลำต้น - ลำต้นทำหน้าที่ลำเลียงน้ำต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช - ใบทำหน้าที่สร้างอาหาร อาหารที่พืชสร้างขึ้น คือน้ำตาลซึ่งจะเปลี่ยนเป็นแป้ง - ดอกทำหน้าที่สืบพันธุ์ประกอบด้วย ส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ กลีบเลี้ยง กลีบดอกเกสรเพศผู้ และเกสรเพศเมีย ซึ่งส่วนประกอบ แต่ละส่วนของดอกทำหน้าที่แตกต่างกัน
ป.6	ว 2.1 ป.6/1 อธิบายและเปรียบเทียบการแยกสารผสม โดยการหีบออก การร่อน การใช้แม่เหล็กดึงดูดการรินออก การกรอง และการตกตะกอน โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ รวมทั้งระบุวิธีแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับการแยกสาร	<p>สารผสมประกอบด้วยสารตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไปผสมกันเช่น น้ำมันผสมน้ำ ข้าวสารปนกรวดทราย วิธีการที่เหมาะสมในการแยกสารผสมขึ้นอยู่กับลักษณะ และสมบัติของสารที่ผสมกัน ถ้าองค์ประกอบของสารผสมเป็นของแข็งกับของแข็งที่มีขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจใช้วิธีการหีบออกหรือการร่อนผ่านวัสดุที่มีรู ถ้ามีสารใดสารหนึ่งเป็นสารแม่เหล็กอาจใช้วิธีการใช้แม่เหล็กดึงดูดถ้าองค์ประกอบเป็นของแข็งที่ไม่ละลายในของเหลว อาจใช้วิธีการรินออก การกรอง หรือการตกตะกอน ซึ่งวิธีการแยกสารสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้</p>
	ค 3.2 ป.6/9 ตระหนักถึงผลกระทบของปรากฏการณ์	หากปรากฏการณ์เรือนกระจกรุนแรงมากขึ้น จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก

ชั้น	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
	เรือนกระจก โดยนำเสนอแนวทางการปฏิบัติตนเพื่อลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก	มนุษย์จึงควรร่วมกันลดกิจกรรมที่ก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจก

1.6 บริบทของโรงเรียน

บริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พบว่า เป็นโรงเรียนประถมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ในจังหวัดอุทัยธานี เปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 2 ถึง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีจำนวนผู้เรียนมากกว่าสองพันคน ในระดับชั้นอนุบาลมีจำนวนห้องเรียนระดับชั้นละ 4 ห้อง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 ระดับชั้นละ 8 ห้อง ซึ่งในแต่ละระดับชั้นของประถมศึกษา แบ่งเป็นห้องเรียนพิเศษ MEP ห้องเรียนเพิ่มศักยภาพวิทยาศาสตร์ ห้องเรียนเพิ่มศักยภาพคณิตศาสตร์ และห้องเรียนเพิ่มศักยภาพภาษาอังกฤษ ระดับชั้นละ 1 ห้อง ส่วนที่เหลือเป็นห้องเรียนปกติ และผู้เรียนแต่ละห้องมีจำนวน 35 – 48 คน มีห้องปฏิบัติการครบทุกสาระวิชา

ส่วนบริบทห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พบว่า เป็นห้องเรียนเพิ่มศักยภาพคณิตศาสตร์ มีจำนวนผู้เรียน 35 คน เป็นผู้เรียนหญิง 27 คน ผู้เรียนชาย 8 คน ผู้เรียนส่วนใหญ่เรียนพิเศษเพิ่มเติม ผู้ปกครองมีกำลังสนับสนุน ห้องเรียนเป็นห้องพัดลม อากาศถ่ายเทสะดวก มีหน้าต่าง ประตู มีโต๊ะเรียนที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ มีกระดานไวท์บอร์ดหน้าชั้นเรียน มีสื่ออุปกรณ์เทคโนโลยี คือ เครื่องฉายภาพโปรเจ็คเตอร์ เครื่องฉายภาพ 3 มิติ โรงเรียนอนุญาตให้ผู้เรียนนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือ มาใช้ในโรงเรียนได้เพื่อสืบค้นข้อมูลหรือการทำกิจกรรมการเรียนรู้แล้วแต่กรณี ซึ่งผู้สอนหรือผู้เกี่ยวข้องต้องเป็นผู้ดูแลและขออนุญาตทางโรงเรียนเป็นลายลักษณ์อักษร

2. สะเต็มศึกษา

2.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ 4 สาขาวิชาได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงสู่สถานการณ์ปัญหาในชีวิตหรือเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของผู้เรียน (Vasquez, et al, 2013 อ้างอิงใน วรินทร์ สุภาพ, 2561, หน้า 302-315) ซึ่งลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษาประกอบด้วยหลักการ 5 ข้อ คือ

1. เน้นการบูรณาการ (Focus on Integration) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ และทักษะของ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในระหว่างการเรียนรู้ ตั้งแต่ 2 สาขาวิชาขึ้นไป
2. สร้างความเชื่อมโยง (Establish Relevance) สถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้ในกิจกรรม กับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือการประกอบอาชีพของผู้เรียนในอนาคต
3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (Emphasize Twenty-First-Century Skills) ผ่านการทำกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้
4. มีการท้าทายผู้เรียนให้ได้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนด (Challenge You Students)
5. จัดกิจกรรมที่หลากหลาย (Mix It UP) เน้นกิจกรรมกระตุ้นการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น (active learning) ของผู้เรียน

ชลธิศ สมานิติ (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระโดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตโดยจะเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดตั้งคำถามแก้ปัญหาพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ โดยประเด็นสำคัญหลักคือเน้นที่จะให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาสำคัญ ๆ ในชีวิตจริง

จินตรา พลสุธรรม (2559) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ศาสตร์ไว้ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยนำธรรมชาติและจุดเด่นของแต่ละศาสตร์มารวมกันเพื่อจัดกิจกรรมให้เด็กได้เรียนรู้และพัฒนากระบวนการหรือผลิตสิ่งใหม่ ตลอดจนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในการดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพ

กำธร คงอรุณ (2559) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนแบบบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้บูรณาการเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง

Koehler, Farclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 201-207) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางเทคนิค (Technical Literacy) สามารถนำเนื้อหาความรู้ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหา อย่างผู้มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยี

Roberts (2013 อ้างอิงใน สิริริภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 201-207) อธิบายว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว การหลอมรวมทำได้โดยการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่อยู่บนฐานของการปฏิบัติการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้วิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies)

จากการศึกษาความหมายของสะเต็มศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบบูรณาการของ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ให้เข้ากับโลกแห่งความเป็นจริงที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกแห่งการเปลี่ยนแปลง

2.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียน

การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการสอนให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตจริง โดยการใช้กระบวนการต่าง ๆ บูรณาการกับความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาร่วมกับผู้อื่น รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นผู้สอนจึงควรสนับสนุนผู้เรียนในการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งจากการศึกษาพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียนมี 5 ประเภท (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560, หน้า 34 – 36) ได้แก่

1) โรงเรียนที่สอนสะเต็มอย่างเต็มรูปแบบ คือโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาทุกห้องและทุกชั้นเรียน เป็นโรงเรียนที่ตอบสนองนโยบายของโรงเรียนหรือหลักสูตร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เป็นหลัก และอาจมีการบูรณาการวิชาอื่น ๆ เสริม แต่โรงเรียนที่มีการสอนสะเต็มอย่างเต็มรูปแบบต้องใช้เวลาในการวางแผนเป็นปี ๆ มีการวางแผนพัฒนาอาคารสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ โดยร่วมกับเขตพื้นที่การศึกษา ชุมชน และมหาวิทยาลัย มีการเตรียมครูและผู้บริหาร

2) โรงเรียนที่สอนสะเต็มอย่างไม่เต็มรูปแบบ คือโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเพียงบางวันและบางชั้นเรียน หรือเพียงบางคน อาจเป็นโรงเรียนที่อยู่ในระหว่างการทดลองการนำการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแล้วจึงขยายการสอนไปทุกระดับชั้นทุกห้องเรียน หรือเป็นโรงเรียนที่มีผู้สอนบางคนสามารถจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้

3) โรงเรียนที่สอนสะเต็มเป็นวิชาเสริมหลักสูตร คือโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นวิชาเลือก เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนส่วนใหญ่มีข้อจำกัด การสอนแบบรายวิชาทำให้มีเนื้อหาจำนวนมากและยากต่อการประเมินผล รวมไปถึงการสอนแบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชา เป็นการยากที่ผู้สอนเพียงคนเดียวจะเข้าใจในเนื้อหา

4) โรงเรียนที่จัดการศึกษาเพิ่มเติมเป็นกิจกรรมเสริมหลักเรียน หรือ After School Program โดยมีการเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสำหรับผู้เรียนที่มีความสนใจในเพิ่มเติมศึกษา บางโรงเรียนอาจร่วมมือกับบริษัทต่าง ๆ ให้มาจัดหลักสูตรเพิ่มเติมศึกษาในโรงเรียน หรือโรงเรียนอาจมีผู้สอนในโรงเรียน จัดกิจกรรมเพิ่มเวลาเรียนรู้หลักเล็กเรียน หรืออาจร่วมมือกับผู้ปกครอง ชุมชน ผู้มีความรู้สามารถ เพื่อจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายให้กับผู้เรียน

5) โรงเรียนที่จัดโปรแกรมเพิ่มเติมศึกษาให้กับผู้เรียนในช่วงปิดเทอม อาจร่วมมือกับสถาบันการสอนหรือหน่วยงานอื่นในการจัดกิจกรรมเพิ่มเติมให้กับผู้เรียน อาจมีการรับผู้เรียนนอกเหนือจากผู้เรียนในโรงเรียนมาเรียน หรือมีการจัดกิจกรรมทัศนศึกษาที่ให้ความรู้ด้านเพิ่มเติมศึกษาในการเดินทางไปทัศนศึกษาด้วย

การจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาในโรงเรียนไม่ได้มีข้อกำหนดที่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของโรงเรียนแต่ละโรงเรียน ซึ่งบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยได้ศึกษาพบว่ามีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาได้อย่างไม่เต็มรูปแบบ สามารถจัดการเรียนรู้ได้เพียงบางชั้น และบางห้องเรียนเท่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ครูผู้สอนเพิ่มเติมศึกษา ข้อจำกัดของเวลาและเนื้อหาวิชาที่สอน ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางเพิ่มเติมศึกษาให้กับผู้เรียนห้องเรียนเพิ่มศักยภาพคณิตศาสตร์ ที่มีความพร้อมในเรื่องของเวลาและความร่วมมือจากครูผู้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.3 รูปแบบการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของเพิ่มเติมศึกษา

รูปแบบการบูรณาการเพิ่มเติมศึกษาสู่ชั้นเรียน สามารถบูรณาการการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนได้หลายรูปแบบ (Institute for the Promotion of Teaching Science, 2014 อ้างอิงใน จูตีวรดา พลเยี่ยม, 2561, หน้า 122-135) ได้แก่

1. การบูรณาการภายในสาขาวิชา (Disciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติของ 4 สาขาในเพิ่มเติมศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาสาระและฝึกทักษะแต่ละวิชาแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ครูผู้สอนแต่ละวิชาจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามรายวิชาของตน

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง ครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะการปฏิบัติของ 4 สาขาวิชาในเพิ่มเติม มีการกำหนดหัวข้อหลัก หรือ หัวเรื่องที่จัดการเรียนรู้เหมือนกัน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ เข้ากันได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงาน ช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกัน อย่างน้อย 2 วิชาาร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสอดคล้องและสัมพันธ์กันในการ

จัดการเรียนรู้เชิงวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนต้องพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัด

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชาสำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยความสนใจ หรือปัญหาของผู้เรียน

จากการศึกษารูปแบบการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาสามารถจำแนกได้ 4 รูปแบบ คือ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งในวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการบูรณาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยการบูรณาการแบบสหวิทยาการ พิจารณาเนื้อหาและตัวชี้วัดที่สอดคล้องกัน โดยใช้วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหลัก และวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชารอง เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

2.4 รูปแบบและกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลง เช่น ทักษะการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นรวมถึงการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม ที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนสามารถเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายตามสภาพแวดล้อมหรือบริบทของโรงเรียน (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2562, หน้า 125-133) ยกตัวอย่างเช่น

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning : PBL)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น สร้างความรู้จากกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาการทักษะการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูลเพื่อหาวิธีการในการแก้ปัญหา ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์สภาพและระบุปัญหา เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาโดยอาศัยความรู้พื้นฐานหรือจากการศึกษาเอกสารตำราต่าง ๆ รวมถึงการอธิบายองค์ประกอบของปัญหา โดยให้ทุกคนในกลุ่มเข้าใจปัญหาและสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยหลักของเหตุผล

ขั้นที่ 2 สำรวจสืบหาวิธีการแก้ปัญหา/การหาคำตอบ ขั้นนี้จะเป็นขั้นระดมสมอง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหาที่กำหนดให้รวมทั้งอธิบายเชื่อมโยงข้อมูลหรือปัญหาที่เกี่ยวข้อง ศึกษาค้นคว้าอย่างหลากหลายและกำหนดสิ่งที่ต้องการได้

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ประเมินการตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา เป็นการสังเคราะห์ความรู้ที่ผู้เรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้าและอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกันในกลุ่มว่าความรู้ที่ได้มา มีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหาหรือไม่

ขั้นที่ 4 ดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการที่เลือกไว้ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบด้วยตนเอง เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดในการแก้ไขปัญหา และเป็นการตรวจสอบสมมุติฐานของวิธีการในการแก้ปัญหานั้นด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบวิธีการที่เลือกไว้ เป็นขั้นการรายงานข้อมูลให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากกระบวนการแก้ปัญหาโดยการอภิปรายตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการและประเมินผลการเรียนรู้

2) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เป็นการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สำรวจ ค้นคว้า ทดลองหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยมีการกำหนดขอบเขตของโครงงานที่สอดคล้องกับรายวิชา สภาพปัญหาหรือความถนัดของผู้เรียน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

3) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning : 5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิด ค้นคว้าหาเหตุผลด้วยตนเอง สามารถนำองค์ความรู้ที่นำมาแก้ปัญหากจากการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างความสนใจ (Engage) เป็นกระบวนการนำเข้าสู่บทเรียน โดยหลักการสำคัญคือการทำให้ผู้เรียนสนใจในกิจกรรม เชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมเข้ากับปัจจุบัน เกิดทักษะและคิดเชื่อมโยงความคิดรวบยอดจากประสบการณ์เดิม

ขั้นที่ 2 การสำรวจและค้นหา (Explore) เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจและค้นคว้าสิ่งที่ผู้เรียนต้องการเรียนรู้แต่ละคนและร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

ขั้นที่ 3 การอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการอธิบายความคิดรวบยอดที่ได้จากการสำรวจหรือค้นคว้า จนได้ข้อสรุปร่วมกันและเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์เดิมและสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เข้าด้วยกัน

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้ (Elaborate) เป็นขั้นตอนที่ให้ผู้เรียนได้เพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดนั้นให้กว้างและลึกซึ้งยิ่งขึ้น เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะปฏิบัติตามที่ผู้เรียนต้องการ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

ขั้นที่ 5 การประเมินผล (Evaluate) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับการอธิบายความรู้ความเข้าใจของตนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนประเมินความรู้ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง

4) การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการสอนแบบหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นการสอนให้เด็กรู้จักคิดในด้านต่าง ๆ เช่น การคิดหาเหตุผล การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา ผู้สอนสามารถใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์สอนเด็กได้ตั้งแต่ระดับอนุบาลและระดับประถมศึกษาเป็นต้นไป (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560, หน้า 55) เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ประเทศสหรัฐอเมริกาสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมศาสตร์ก็เพราะต้องการปลูกฝังและสร้างความเคยชินให้เด็กหันมาสนใจและชอบที่จะประกอบอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิศวกรรมศาสตร์ เพราะอาชีพนี้เป็นอาชีพที่ต้องการของตลาดแรงงานในโลกปัจจุบันและโลกอนาคต นอกจากนี้ TEACH Engineering Resources form K – 12 (2014) ได้กล่าวถึงเหตุผลที่สอนวิศวกรรมไว้ว่า

1) โลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ด้วยการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับธรรมชาติและใช้การบูรณาการเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ในการสร้างสิ่งต่าง ๆ ในโลก

2) เป็นการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ที่เด็กได้ลงมือสร้างสิ่งต่าง ๆ

3) เป็นการเพิ่มความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

4) มีบทเรียนในการสืบค้นและกิจกรรม

5) ถ้าไม่ใช่วิศวกรก็จะไม่คิดแก้ปัญหา ทั้งที่วิศวกรรมศาสตร์คือสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา วิศวกรรมศาสตร์เป็นเครื่องมือในการบูรณาการพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ด้วยคำถามปลายเปิดและการลงมือค้นหาด้วยการใช้วัสดุอุปกรณ์บทเรียนที่เหมาะสมกับอายุตามมาตรฐานของรัฐ

6) ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาด้วยการใช้อินเตอร์เน็ตในการเรียนรู้ เพื่อตอบคำถามจากหลักสูตรและบทเรียน เพื่อให้คุ้นเคยกับบทเรียนและเข้าใจโครงสร้างของบทเรียน

7) เพื่อให้เข้าใจวิศวกรรมมากขึ้น เพราะเด็กในศตวรรษที่ 21 ควรเข้าใจว่า วิศวกรรมศาสตร์มีบทบาทอย่างไรในการสร้างเทคโนโลยี

การจัดการเรียนรู้อุปตามแนวทางสะเต็มศึกษา ถึงแม้ว่าจะมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้อหลายรูปแบบ และมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่หมายหลักยังคงเหมือนกันคือพัฒนาและส่งเสริมให้

ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 รู้จักคิดแก้ปัญหา การทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม มีความคิดสร้างสรรค์ ประดิษฐ์หรือสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ ทั้งนี้ รูปแบบที่กล่าวมาเป็นเพียงตัวอย่างบางส่วน ผู้สอนจะใช้รูปแบบใดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ควรคำนึงถึงเป้าหมายหลักของการพัฒนาผู้เรียนที่เน้นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning)

2.5 การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แนวคิดสะเต็มศึกษาจะเน้นการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถดำเนินการได้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (วรินทร์ สุภาพ, 2561, หน้า 302-315)

Robert (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกุล, 2557, น. 104 – 109) ได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษามากมาย จนได้แนววิธีการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกสาระการเรียนรู้หลัก (Select Central Standard) เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หลักสูตร เลือกมาตรฐาน/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้หลักของหลักสูตรสะเต็มศึกษา เพื่อให้ได้ขอบเขตของสาระการเรียนรู้แกนกลางหรือเนื้อหาหลัก และตัวบ่งชี้ที่บอกถึงจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเมื่อผู้สอนเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ของสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งเป็นหลักเสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ให้นำสาขาวิชาที่เหลือทั้งสามเป็นสาระการเรียนรู้เสริมหรือรอง

ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงปัญหาในชีวิตประจำวัน (Align with a Problem) เป็นการคิดเชื่อมโยงว่าสาระการเรียนรู้/เนื้อหาที่เลือกในขั้นที่ 1 สามารถอิงเข้ากับบริบทใด หรือปัญหาใดในสังคมได้บ้าง

ขั้นที่ 3 เลือกสาระการเรียนรู้รองที่สนับสนุนสาระการเรียนรู้หลัก (Support Central Standards with Supplemental Standards) เมื่อเลือกเนื้อหาหลักในขั้นที่ 1 และวิเคราะห์เชื่อมโยงกับปัญหาในขั้นที่ 2 ได้แล้ว ในขั้นที่ 3 นี้ ผู้สอน จะต้องเลือกเนื้อหา/ตัวบ่งชี้/สาระการเรียนรู้ในสาขาวิชาที่เหลือว่าจะมี สาระการเรียนรู้รอง เรื่องใดช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียน บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้หลักที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 4 จัดการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมด (Instruct STEM Standards) ผู้เรียนวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่เลือกไว้ทั้งหมดแล้วนำมาตั้งเป็น จุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องยึดสาระการเรียนรู้หลักที่ได้จากขั้นที่ 1 เป็นสำคัญ สำหรับสาระการเรียนรู้รอง ให้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหา สามารถนำเนื้อหาเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้หลัก

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify and challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มจากการที่ผู้แก้ปัญหาจะตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะระบุอาจประกอบไปด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหาผู้แก้ปัญหาจึงต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้น เพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาด้วย

ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) ขั้นตอนนี้จะทำการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องนั้น ผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ที่สามารถใช้แก้ปัญหาได้ แล้วจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก จากนั้นประเมินแนวคิดเหล่านั้นโดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ในการวางแผนการทำงาน ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนาผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนของการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดลองและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบ และประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามustนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดของ NRC (2012) ซึ่งแนวคิดนี้เป็นแนวคิดที่ สสวท. ใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2559, หน้า 16-17) ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เรา

ระบุดอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุดปัญหา ผู้แก้ปัญหามองพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาคำใหญ่ด้วย

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) หลังจากผู้แก้ปัญหาคำใหญ่ ทำความเข้าใจปัญหาและสามารถระบุดปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาคำใหญ่ดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับผู้แก้ปัญหามองพิจารณาการดำเนินการ ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาคำใหญ่นี้แล้วหรือไม่ และหากมีเขาแก้ปัญหาคำใหญ่อย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง (2) การค้นหาแนวคิด คือการค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาคำใหญ่ได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหามองพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถ

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่ (Solution Design) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคำใหญ่แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำความรู้ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์เพื่อออกแบบวิธีการ กำหนดองค์ประกอบของวิธีการหรือผลผลิต ทั้งนี้ ผู้แก้ปัญหามองอ้างอิงถึงความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่รวบรวมได้ ประเมิน ตัดสินใจเลือกและใช้ความรู้ที่ได้มาในการสร้างภาพร่างหรือกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่ ใช้แก้ปัญหาคำใหญ่และจดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหาคำใหญ่ แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาคำใหญ่ (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการและกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาคำใหญ่ ต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่หรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาคำใหญ่ ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาคำใหญ่มากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหาคำใหญ่

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่ ผลการแก้ปัญหาคำใหญ่หรือชิ้นงาน (Presentation) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาคำใหญ่หรือผลลัพธ์จึงมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาคำใหญ่ต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ



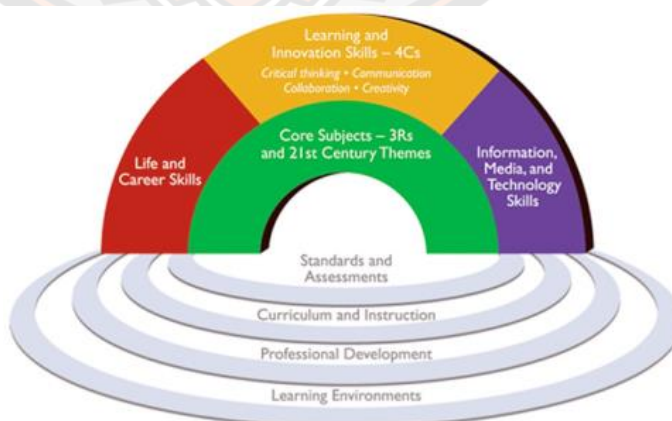
ภาพ 2 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา : Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2016a,p.17
อ้างอิงใน วรินทร์ สุภาพ, 2561, หน้า 302-315

3. ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.1 ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะในศตวรรษที่ 21 มีจุดเริ่มต้นมาจากการประชุมร่วมกันของนักวิชาการหลากหลายสาขาในสหรัฐอเมริกา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาประชากรในประเทศ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับประเทศนานาชาติ โดยกำหนดองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (The Partnership for 21st Century Skills, 2009) (วิจารณ์พานิช, 2555 หน้า 16 – 21)



ภาพ 3 โครงสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21

ที่มา : วิจารณ์ พานิช, 2555

1. สาระหลัก (Core Subjects) การรอบรู้สาระวิชาที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของผู้เรียน สาระวิชาหลักได้แก่ ภาษาอังกฤษ การอ่าน ภาษาของโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ การปกครองและความเป็นพลเมืองที่ดี แต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในยุคศตวรรษที่ 21 โรงเรียนต้องส่งเสริมความเข้าใจเนื้อหาวิชาการให้อยู่ในระดับสูงด้วยการสอดแทรกทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ต่อไปนี้เข้าในทหวิชาหลัก ประกอบด้วย

- 1) ความรู้เกี่ยวกับโลก (Global Awareness)
- 2) ความรู้เกี่ยวกับการเงิน เศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy)
- 3) ความรู้ด้านการเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy)
- 4) ความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy)
- 5) ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

2. ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills)

จะเป็นตัวกำหนดความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน ได้แก่

- 1) ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา
- 3) การสื่อสารและการร่วมมือ

3. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information Media and Technology Skills)

เนื่องด้วยปัจจุบันมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านทางสื่อเทคโนโลยีมากมาย ผู้เรียนจึงต้องมีความสามารถในการแสดงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและปฏิบัติงานได้หลากหลาย โดยอาศัยความรู้ในหลายด้าน ดังนี้

- 1) ความรู้ด้านสารสนเทศ
- 2) ความรู้เกี่ยวกับสื่อ
- 3) ความรู้ด้านเทคโนโลยี

4. ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills)

ในการดำรงชีวิตและทำงานในยุคปัจจุบันให้ประสบความสำเร็จ ผู้เรียนจะต้องพัฒนาทักษะชีวิตที่สำคัญ ดังนี้

- 1) ความยืดหยุ่นและการปรับตัว
- 2) การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง
- 3) ทักษะสังคมและสังคมข้ามวัฒนธรรม

4) การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต (Productivity) และความรับผิดชอบเชื่อถือได้ (Accountability)

5) ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Responsibility)

ทักษะที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่กล่าวมาแล้วนั้น แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ (2560 – 2579) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีคุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs 8Cs) ประกอบด้วยทักษะและคุณลักษณะ ดังนี้

3Rs ได้แก่ การอ่านออก (Reading) การเขียนได้ (Writing) และการคิดเลขเป็น (Arithmetics)

8Cs ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving)

ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (Cross – cultural Understanding)

ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork and Leadership)

ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ (Communication, Information and Media Literacy)

ทักษะด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy)

ทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ (Career and Learning Skills)

ความมีเมตตา กรุณา มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม (Compassion)

3.2 ความหมายของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาหลากหลายได้ให้ความหมายของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้ดังนี้

มณฑิรา บรรพสุทธ์ (2553, หน้า 68) กล่าวว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ ความสามารถในการใช้ความคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย การฝึกปฏิบัติเพื่อส่งเสริมพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ การแสดงความคิดเห็นต่อกรณีปัญหา การออกแบบผลงานผลิต การนำทฤษฎีไปใช้ในการตัดสินใจ

ทิศนา แคมณี (2554, หน้า 193) ได้ให้ความหมายของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมว่า หมายถึง การคิดในทางที่ทำให้ทางที่ทำให้ดีขึ้น หรือการคิดสร้างสิ่งใหม่ ที่มีลักษณะใหม่

แตกต่างไปจากเดิมและเป็นความคิดต้นแบบที่ใช้การได้จริง ได้ผลดีกว่าเดิม และมีความสมเหตุสมผลที่คนทั่วไปยอมรับได้

ไตรรงค์ เมธาผาติกุล (2561, หน้า 19) กล่าวว่า ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นทักษะหรือความสามารถของบุคคลในการค้นหาแนวคิดหรือมุมมองใหม่ ๆ ที่แตกต่างจากคำตอบเดิมและหาคำตอบในสถานการณ์ต่าง ๆ รวมถึงความสามารถในการคิดสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่รู้จักมาก่อนผ่านความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิม

Partnership for 21st century learning (2015) หรือ P21 ได้ให้ความหมายของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมว่าเป็นความสามารถในการคิดได้หลายทิศทาง มีลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ ซึ่งอาจเกิดจากกาคิดปรับปรุงเปลี่ยนแปลงจากความคิดเดิม ให้เป็นความคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างไปจากเดิม เป็นกาคิดเพื่อประดิษฐ์ผลงานขึ้นมาใหม่หรือเป็นการจินตนาการเพื่อสร้างสิ่งใหม่และแก้ปัญหาเดิมที่เกิดขึ้นซึ่งอยู่บนรากฐานของหลักเหตุและผล สามารถจำแนกองค์ประกอบของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในเรื่องของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creatively and Innovation) ได้เป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การคิดสร้างสรรค์ (Think Creatively) โดย

1.1 มีการใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย เช่น การระดมสมอง (Brainstorms) เทคนิค SCAMPER การใช้ผังมโนทัศน์ (Mind mapping) การร่วมมือ (Collaboration) เป็นต้น

1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่

1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไข วิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนางาน

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively whit Other) โดย

2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ

3. การสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations) โดยนำแนวคิดที่มีมาสร้าง ขึ้นเป็นนวัตกรรมที่แปลกใหม่ และนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

จากความหมายของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ไปจากเดิมที่ไม่ซ้ำใคร เพื่อสร้าง นวัตกรรมในการตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ ทำให้มนุษย์ได้รับความสะดวกสบายมาก ยิ่งขึ้น

3.3 การพัฒนาทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นทักษะที่สำคัญที่จะช่วยให้มนุษย์แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง กับชีวิตจริง ในยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงและเป็นทักษะที่นำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่ ใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านั้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

Klausmemeier (1984) ได้ให้หลักการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้ 5 ประการ คือ

1) การสร้างสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออก รวมทั้งจัดอุปกรณ์การเรียนการสอนที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกทั้งด้านความคิด การ เขียน และทางด้านศิลปะ

2) พยายามส่งเสริมทัศนคติที่ดีของครูและของผู้เรียนต่อความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรม เช่นมีใจกว้างที่จะรับความคิดริเริ่มใหม่ ๆ

3) ส่งเสริมการใช้ความคิดต่อเนื่องกัน เช่น ในชั่วโมงภาษาไทยควรจะส่งเสริมให้ ผู้เรียนเขียนทั้งร้อยกรองและร้อยแก้ว และสนับสนุนให้ทุกคนตั้งวัตถุประสงค์ของงาน

4) ส่งเสริมให้สร้างผลงาน ควรจะสังเกตว่าผู้เรียนคนใดบ้างที่มีความริเริ่ม สร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยไม่ต้องคำนึงถึงอายุ เด็กเล็กที่มีความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมก็ควร สนับสนุนตามความสามารถ ไม่ควรจะใช้เกณฑ์จำกัดว่างานบางอย่างเป็นของผู้ใหญ่หรือเด็กเท่านั้น

5) ควรจะให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้ผู้เรียนทราบว่าตนเองทำดี หรือไม่อย่างไร แต่ไม่ควรตำหนิผู้เรียนควรเป็นการให้กำลังใจกับผู้เรียน

อัมพร ม้าคนอง (2553, หน้า 65) ได้ให้แนวทางในการพัฒนาทักษะความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ให้กับผู้เรียน ดังนี้

- 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากความคิดของตน
- 2) สร้างประเด็นเพื่อท้าทายและกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการค้นหาและทดลอง

3) สร้างบรรยากาศของการเรียนรู้อย่างเสรี ให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิดและแสดงออก โดยผู้สอนต้องลดการจำกัดกรอบความคิดและความสนใจของผู้เรียน

4) พยายามให้ผู้เรียนตั้งคำถาม ในขณะที่เดียวกันก็ให้ความสนใจและตอบคำถามแปลก ๆ ของผู้เรียน

5) ลดการอธิบาย แต่ชี้แนวทางให้ผู้เรียนคิด จินตนาการและสร้างสรรค์ผลงาน และแนวคิดใหม่ ๆ จากประสบการณ์ของตนเอง

สสวท. (2560) ได้พูดถึงความสำคัญของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีกระบวนการคิด จินตนาการในการประยุกต์ที่จะนำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่และมีคุณค่า ที่คนส่วนใหญ่คาดไม่ถึงหรือมองข้าม ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นไม่ย่อท้อ อยากรู้อยากเห็น อยากค้นคว้าและทดลองสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์นั้น สรุปได้ดังนี้

1) สร้างบรรยากาศที่ช่วยส่งเสริมความริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิด และนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระภายใต้การให้คำปรึกษา แนะนำของผู้สอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะกับวัยของผู้เรียนและเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่มาใช้แก้ปัญหาได้

2) การใช้ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นปัญหาที่มีหลายคำตอบ หรือมีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบที่หลากหลาย เป็นปัญหาที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียน ทั้งนี้ผู้สอนต้องให้ความสำคัญกับแนวคิดการแก้ปัญหาของผู้เรียนมากกว่าการหาคำตอบ

3) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สร้างปัญหาขึ้นเองที่มีโครงสร้างของปัญหาล้ำกับปัญหาเดิม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจปัญหาเดิมอย่างแท้จริงและเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนอีกด้วย

3.4 วิธีวัดและประเมินทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 การวัดและประเมินทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมนี้ จึงจำเป็นต้องอิงวิธีการวัดและประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่ง ศศิธร บัวทอง (2560, หน้า 1864-1866) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดและประเมินผลทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่เหมาะสม คือการประเมินจากสิ่งที่คุณเรียนได้แสดงให้เห็นถึงว่ามีความรู้ ทักษะความสามารถ ตลอดจนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์อันเป็นผลจากการเรียนรู้ตามที่คุณสอนได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้ วิธีการประเมินผลที่คุณสอนสามารถเลือกใช้ในการประเมินระหว่างเรียน มีดังนี้

1) การประเมินด้วยการสื่อสารส่วนบุคคล ได้แก่

(1) การถามตอบระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้

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

2) การประเมินจากการปฏิบัติ (Performance assessment) เป็นวิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด การประเมินการปฏิบัติผู้สอนต้องเตรียมการในสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ 1) ภาระงานหรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ (Tasks) และ 2) เกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) ซึ่งลักษณะการประเมินโดยเน้นการปฏิบัติจริง มีลักษณะดังนี้

1. ประเมินจากสภาพจริงและทำได้ตลอดเวลากับทุกสถานการณ์ทั้งในและนอกโรงเรียน โดยการ สังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ
2. กำหนดปัญหาหรืองานแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้เรียนสร้างคำตอบเองด้วยการแสดง สร้างสรรค์ ผลิตหรือทำงาน
3. ไม่เน้นการประเมินผลเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่ให้ผู้เรียนผลิต สร้าง หรือทำงานบางอย่าง เน้น ทักษะการคิดที่ซับซ้อน พิจารณาไตร่ตรองการทำงาน และแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา
4. ใช้ข้อมูลหลายอย่างในการประเมิน ต้องพยายามรู้จักผู้เรียนทุกแง่ทุกมุม ข้อมูลจึงต้องได้มาก จากหลายๆ ทาง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีหลายประเภทด้วยกัน
5. เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียน ครู และผู้ปกครอง
6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจว่าจะประเมินตนเองตรงไหน เรื่องอะไร การให้ผู้เรียนมี ส่วนร่วมในการประเมินผลทำให้ผู้เรียนรู้จักวางแผนการเรียนรู้ตามความต้องการของตน กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการเรียน และเกณฑ์การประเมินผลการเรียน ซึ่งเน้นการประเมินผลที่ใช้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่าง แท้จริง
7. ข้อมูลที่ประเมินได้จะต้องสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนและการวางแผนการ สอนของผู้สอนว่าสามารถตอบสนองความสามารถ ความสนใจ และความต้องการของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้ หรือไม่
8. ประเมินด้านต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลายในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง

3) การประเมินตามสภาพจริง (Authentic assessment) เป็นการประเมินผลจากการปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยงานหรือกิจกรรมที่มอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติจะเป็นงานหรือสถานการณ์ที่เป็นจริง (Real life) หรือใกล้เคียงกับชีวิตจริง จึงเป็นงานที่มีสถานการณ์ซับซ้อน (Complexity) และเป็นองค์รวม (Holistic) มากกว่างานปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้ทั่วไป วิธีการประเมินตามสภาพจริงไม่มีความแตกต่าง จากการประเมินจากการปฏิบัติเพียงแต่อาจมีความยุ่งยากในการประเมินผลมากกว่า เนื่องจากเป็นสถานการณ์จริง หรือต้องจัดสถานการณ์ให้ใกล้เคียง แต่จะเกิดประโยชน์กับผู้เรียนมาก เพราะจะทำให้ทราบความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนว่ามีจุดเด่น และข้อบกพร่องในเรื่องใด อันจะนำไปสู่การแก้ไขที่ตรงประเด็นที่สุด มีหลักการประเมินตามสภาพจริงดังนี้

1. การประเมินตามสภาพจริง ไม่เน้นการประเมินทักษะพื้นฐาน (Skill Assessment) แต่เน้นการ ประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อน (Complex Thinking Skill) ในการทำงาน ความร่วมมือในการแก้ปัญหา และ การประเมินตนเองทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน
2. การประเมินตามสภาพจริง เป็นการวัดและประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน
3. การประเมินตามสภาพจริง เป็นการสะท้อนให้เห็นการสังเกตสภาพงานปัจจุบัน (Current Work) ของผู้เรียน และสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง
4. การประเมินตามสภาพจริง เป็นการผูกติดผู้เรียนกับงานที่เป็นจริง โดยพิจารณาจากงาน หลาย ๆ ชิ้น
5. ผู้ประเมินควรมีหลาย ๆ คน โดยมีการประชุมระหว่างกลุ่มผู้ประเมินเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เรียน
6. การประเมินต้องดำเนินการไปพร้อมกับการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง
7. นำการประเมินตนเองมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินตามสภาพที่แท้จริง
8. การประเมินตามสภาพจริง ควรมีการประเมินทั้ง 2 ลักษณะ คือ การประเมินที่เน้นการปฏิบัติจริง และการประเมินจากแฟ้มสะสมงาน

4) การประเมินด้วยแฟ้มสะสมงาน (Portfolio assessment) เป็นวิธีการประเมินที่ช่วยส่งเสริมให้ การประเมินตามสภาพจริงมีความสมบูรณ์ สะท้อนศักยภาพที่แท้จริงของผู้เรียนมากขึ้น โดยการให้ผู้เรียนได้เก็บ รวบรวมผลงานจากการปฏิบัติจริง ทั้งในชั้นเรียนหรือในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ตามสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ มาจัดแสดงอย่างเป็นระบบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความพยายาม เจตคติ แรงจูงใจ พัฒนาการ และความสัมฤทธิ์ผลของการเรียนรู้ของผู้เรียน การวางแผนดำเนินงาน การประเมินด้วยแฟ้มสะสม งานที่สมบูรณ์จะช่วยให้ผู้สอนสามารถประเมินจากแฟ้มสะสมงานแทนการประเมินจากการปฏิบัติจริงได้

นอกจากนี้ อารี พันธุ์มณี (2557, หน้า 229-240 อ้างอิงใน ไตรรงค์ เมธีผาติกุล, 2561, หน้า 41-42) ได้กล่าวไว้ว่า การวัดความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมไม่เพียงทำให้เราทราบระดับความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของเด็ก และเป็นข้อมูลให้สามารถจัดการเรียนการสอนและจัดกิจกรรมให้สอดคล้องเพื่อพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของเด็กให้สูงขึ้นเท่านั้น ยังสามารถสกัดกั้นอุปสรรคต่อการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วย สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์ Abraham (1927) และ Andrew (1930) ได้ศึกษาแบบต่าง ๆ ของความคิดจินตนาการและได้ใช้วิธีการสังเกตเป็นวิธีการวัดในวิธีการหนึ่งในหลายหลายวิธี โดยสังเกตพฤติกรรมการเล่นแบบการทดลอง การปรับปรุง และตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การเล่านิทาน การแต่งเรื่องใหม่ เป็นต้น
2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอดความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดให้หากเป็นวงกลม สีเหลือง และให้เด็กวาดภาพต่อเติมเป็นภาพเป็นต้น
3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดหมึกแล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี
4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินจากงานศิลปะของผู้เรียน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้การบันทึกการสังเกตพฤติกรรมในการการวัดความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการบันทึกผลจากการปฏิบัติตามสภาพจริงของผู้เรียน และนวัตกรรมที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ไตรรงค์ เมธีผาติกุล (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุล ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้น สามารถช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ ด้วยการสร้างแนวคิดใหม่ขึ้นมาโดยผ่านการวิเคราะห์ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ภายใต้ขีดจำกัด และพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้จากขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในแต่ละขั้น นอกจากนี้ยังให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาว่า ผู้สอนควรดูแลและจัดการเวลาที่มี

อยู่ให้ดีเพื่อที่จะได้ทำการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนได้โดยใช้เวลาให้เหมาะสมกับในแต่ละกิจกรรม คำนึงถึงความยากง่ายของชิ้นงานตามแต่ละสถานการณ์นั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมในการคิดสร้างสรรค์ออกมาอย่างเต็มที่ และควรกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมออกมาแต่ไม่เป็นการชักจูงหรือแนะแนวทางให้ผู้เรียนทำตามที่ผู้สอนบอก เพราะพฤติกรรมที่แสดงออกจะไม่ใช่วิธีการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนอย่างแท้จริง

กัธร คงอรุณ (2559) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มี 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล 5) การนำเสนอผลลัพธ์ พบประเด็นที่ควรตระหนักถึงในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การทบทวนความรู้ที่จำเป็นให้กับผู้เรียนสำหรับนำไปใช้ในการแก้ปัญหา การเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง และการกระตุ้นผู้เรียนให้ทำกิจกรรมร่วมกัน

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษานั้น ในบริบทของประเทศไทยมีความแตกต่างจากต่างประเทศ ดังนั้นผู้สอนควรศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง โดยเฉพาะสาระสำคัญในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ที่ต้องบูรณาการร่วมกันในการจัดการเรียนรู้ รวมไปถึงการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นต้องเป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง (Authentic Assessment) และควรใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายและวัดหลายครั้ง จึงได้ข้อสรุปแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษาไว้ดังนี้ 1) ผู้สอนศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในรูปของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของผลการปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem – based Learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project – based Learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) และใช้วิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ 1.การสังเกตพฤติกรรมการทำงาน 2.การสัมภาษณ์ 3.การแสดงผลงาน 4.การบันทึกของผู้เรียน 5.การรายงานตนเอง 6.การประเมินผลภาคปฏิบัติ 7.การประเมินความสามารถ 8.การใช้แฟ้มสะสมผลงาน 9.การทดสอบ 10.การสอบถาม สำหรับการวัดและ

ประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ในกรณีที่ผู้สอนใช้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ผู้สอนสามารถประเมินกิจกรรมการออกแบบเชิงวิศวกรรมของผู้เรียน คือ 1.การระดมความคิด 2.การพัฒนาโมเดลต้นแบบ และ 3.การทำงานเป็นทีม

วรรณธนะ ปัดชา (2559) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากกาจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท. เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดห้วยจรเข้มหาวิทยาลัย พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีทักษะทางด้านสะเต็มศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สสวท. จากการศึกษาดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยได้อภิปรายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการทำกิจกรรมและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 คือผู้เรียนต้องเรียนรู้จากปัญหาในชีวิตจริงที่ต้องเรียนแบบลงมือปฏิบัติ และตระหนักถึงการเป็นพลเมืองที่ดีของสังคม

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Puji , Sarwi and Sri (2018) ได้ศึกษารูปแบบการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เน้นโครงการเป็นฐานเพื่อเพิ่มกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาถึงผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐานที่มีผลต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีการให้แบบทดสอบเพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น พบว่า สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการคิดสร้างสรรค์ได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้อธิบายถึงผลการวิจัยว่า การพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์นั้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่และนำไปปรับให้ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ การเรียนรู้ในปัจจุบันจำเป็นต้องให้ผู้เรียนมีความรู้เท่าทันในยุคโลกาภิวัตน์ด้วย ซึ่งหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้คือสะเต็มศึกษา เพราะเป็นการศึกษาแบบสหวิทยาการ มีแนวคิดเกี่ยวข้องกับการนำความรู้มาใช้ในชีวิตจริง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษานั้นยังช่วยเพิ่มความสนใจของผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกคิดอย่างมีวิจารณญาณ การวิเคราะห์และเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูง

Evrin , Sedef, Canan and Ceren (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจะเน้นไปที่การออกแบบการฝึกสะเต็มและสะเต็มหลังเลิกเรียนเพื่อเพิ่มความสนใจและทัศนคติของผู้เรียนและพัฒนาแบบสำรวจเพื่อวัดทัศนคติที่มีต่อสะเต็ม การกำหนดเป้าหมายและเนื้อหาจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน

คือ การออกแบบตามความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน และการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติของ
 สะเต็ม พบว่า โปรแกรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการด้วยการปฏิบัติจริง มีการร่วมมือกันออกแบบและ
 สอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม การสอนวิธีนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิต
 ของผู้เรียน องค์ความรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมและทักษะคอมพิวเตอร์ กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้
 ปฏิบัติทำให้เกิดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนานาข้อมูล
 เชิงลึกเกี่ยวกับการปฏิบัติการออกแบบเชิงวิศวกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์และ
 มีส่วนร่วมในการออกแบบที่ทำหาย ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมโปรแกรมสะเต็มศึกษานอก
 โรงเรียนอาจสนับสนุนการพัฒนาความสนใจของผู้เรียนในการใฝ่หาอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม
 นอกจากนี้ยังได้ให้ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ว่า การประเมินให้วัดความรู้เดิมก่อน
 ทำกิจกรรมและให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับเขตเขตกิจกรรมและเนื้อหา และ กิจกรรมสะเต็มในอนาคต
 อาจเป็นการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพและนำเสนอแนวทางการทำงานร่วมกันของผู้เรียน
 ผู้เรียนมีปัญหาในการทำกิจกรรมภายใต้ข้อจำกัดของเวลา ในอนาคตอาจเน้นช่วงการออกแบบ
 วิศวกรรมและขั้นตอนการวางแผนของผู้เรียน และติดตามความสนใจของผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับอาชีพ
 สะเต็ม

Tantri , Asep , Dadi and Ida (2016) ได้ทำการสำรวจความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน
 โดยบูรณาการความรู้ของสะเต็มศึกษากับการสร้างสรรคผลผลิตภัณฑ์ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ของ
 ผู้เรียนเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการสร้างผลผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์โดยการบูรณาการความรู้
 สะเต็มศึกษา และผู้เรียนยังแสดงออกถึงความสนใจกิจกรรมการสร้างผลผลิตภัณฑ์ผ่านการบูรณาการ
 สะเต็มศึกษา นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้กล่าวถึงการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาว่ามีความเหมาะสมกับการ
 จัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปมาก สะเต็มศึกษาที่
 เป็นการบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ จึงช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมต่อการดำรงชีวิต และ
 ความคิดสร้างสรรค์ยังเป็นมาตรฐานสำคัญในการแข่งขันของยุคศตวรรษที่ 21 แต่ถึงแม้ว่าสะเต็ม
 ศึกษาจะมีจุดดีคือส่งผลต่อการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแล้ว สะเต็มศึกษาก็ยังมีจุดอ่อนอยู่คือใช้เวลา
 ในการจัดกิจกรรมค่อนข้างนานและมีค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมสูง และผู้เรียนเคยชินกับการเรียน
 แบบเดิม ๆ คือมีผู้สอนเป็นศูนย์กลาง ขาดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่กิจกรรมสร้างสรรค์ผลผลิตภัณฑ์
 แล้วพบปัญหาผู้เรียนจะมีปัญหากับการแก้ปัญหาเหล่านั้น ดังนั้นผู้สอนเองต้องมีการจัดเตรียมความ
 ช่วยเหลือให้กับผู้เรียนและสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนไม่ให้หมดหวังและสามารถสร้างผลผลิตภัณฑ์จนสำเร็จ

Wan et al. (2016) ได้ศึกษาการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการ
 เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับสะเต็มศึกษา ศึกษาผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษา อายุ 13 – 14 ปี
 จำนวน 125 คน วิเคราะห์ทักษะก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม พบว่าหลังการทำกิจกรรมผู้เรียนมี
 ทักษะในศตวรรษที่ 21 เฉลี่ย ในเรื่องของการรู้ดิจิทัล 0.142 การประดิษฐ์ 0.09 การสื่อสาร 0.085

และการคิดสร้างสรรค์ 0.067 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับสะเต็มศึกษาสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ โดยการเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริง นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่เกิดจากการร่วมกันคิดจากสมาชิกในกลุ่ม ช่วยเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ทักษะการทำงานเป็นทีม ช่วยเพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น และช่วยส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงแนวคิดของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งทั้งหมดนี้จะเป็นการช่วยเตรียมผู้เรียนเข้าสู่ความท้าทายของศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนได้คิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริง เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการทำกิจกรรมและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งสามารถพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้



บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อนละและอัตราส่วน โดยใช้การจัดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

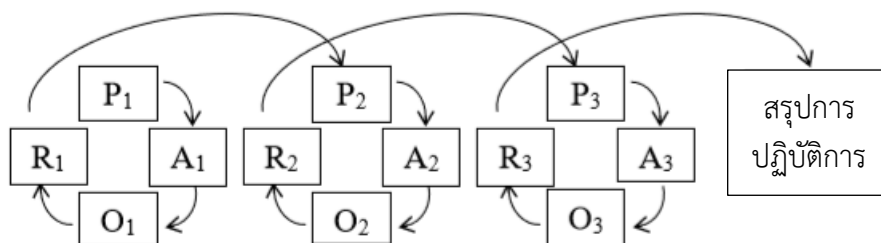
1. ผู้เข้าร่วมวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 35 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ของ Schumuck (2006, pp 8-12 อ้างอิงใน สิริรักษา กิจเกื้อกุล, 2557, หน้า 149-151) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนใน 1 วงจร ดังนี้



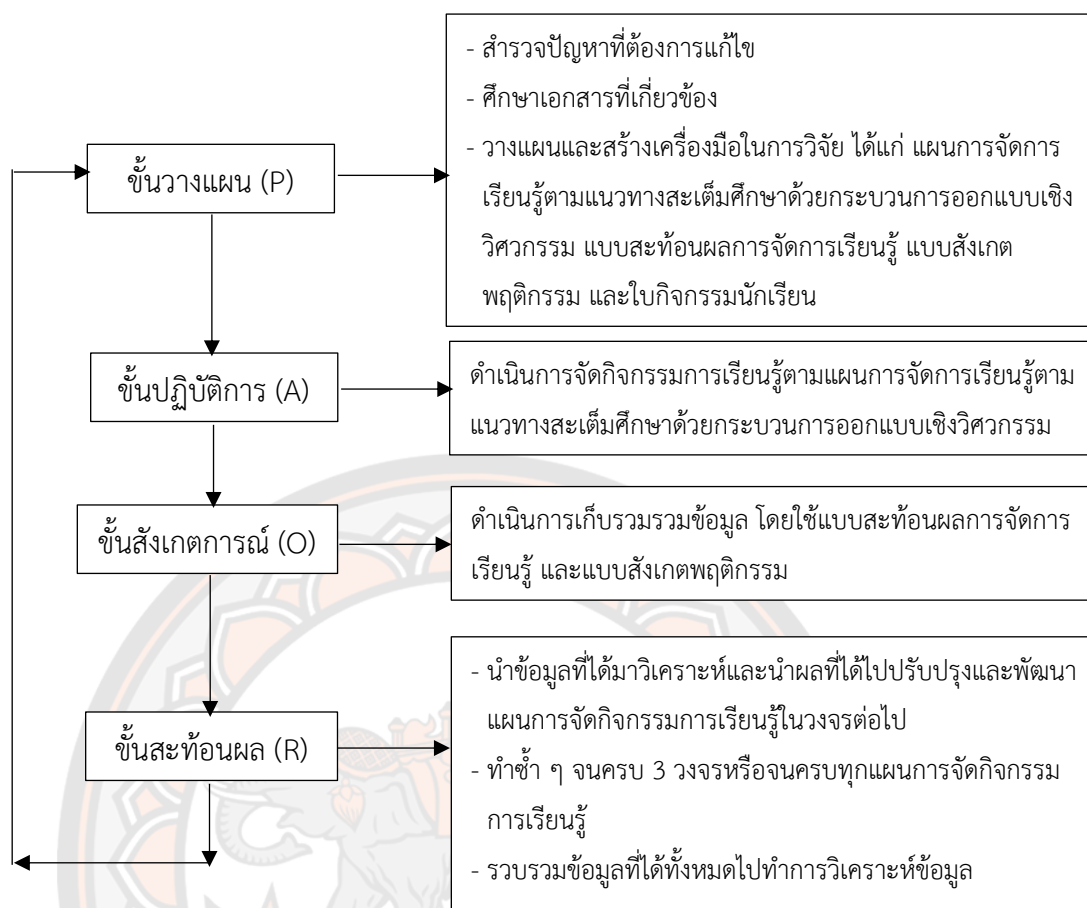
ภาพ 4 วงจรปฏิบัติการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. **ขั้นวางแผน (Plan)** คือ ขั้นตอนที่ผู้วิจัยสำรวจและวิเคราะห์ถึงประเด็นที่ต้องการพัฒนาผู้เรียน เมื่อพบว่าควรพัฒนา ส่งเสริมผู้เรียนในด้านของทักษะในศตวรรษที่ 21 จึงได้กำหนดขอบเขต เป้าหมาย และทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และออกแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางที่ตั้งไว้

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** คือ ขั้นตอนที่ผู้วิจัยนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายตามลำดับขั้นตอนในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการจัดการเรียนรู้ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ต่อ 1 วงจร และดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน หรือ 3 วงจร

3. **ขั้นสังเกตการณ์ (Observation)** คือ ขั้นตอนที่ผู้วิจัยตรวจสอบหาข้อบกพร่องในขณะปฏิบัติการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน เพื่อนำข้อมูลนั้นมาใช้ปรับปรุงแก้ไข และในขั้นตอนนี้โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยจะบันทึกผลการสังเกตลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และเทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มารวบรวมข้อมูลในขณะปฏิบัติการวิจัยกับผู้เรียน แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อหาข้อสรุปของแนวทางปฏิบัติ

4. **ขั้นสะท้อนผล (Reflect)** คือ ขั้นตอนการที่ผู้วิจัยนำผลสรุปจากการสังเกตมาวิพากษ์กับผู้ร่วมวิจัยถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น โดยนำผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนให้ที่ปรึกษางานวิจัยสะท้อนผล เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป ทำซ้ำ ๆ จนครบ 3 วงจร แล้วเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสรุปการดำเนินการวิจัยได้ ดังภาพที่ 4



ภาพ 5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องร้อยละและอัตราส่วน สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แผน รวม 21 ชั่วโมง ได้แก่

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ จำนวน 8 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 อัตราส่วนและมาตราส่วน จำนวน 5 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน จำนวน 8 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม และหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ NRC 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

3.1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของกลุ่มเป้าหมาย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ รายละเอียดของเนื้อหา เรื่องร้อยละและอัตราส่วน ได้แก่ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) และคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3.1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละเนื้อหาสาระของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3 และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับองค์ประกอบของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตารางที่ 4

ตาราง 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในแต่ละเนื้อหาสาระของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการ จัดการ เรียนรู้ที่	เนื้อหา	สะเต็มศึกษา	กิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
1	โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับร้อยละ	S : หน้าที่ของส่วนต่าง ๆ ของพีช T : การใช้อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ E : กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม M : แก้โจทย์ปัญหาร้อยละ	แปลงปลูกผักไร้ดิน สถานการณ์ สร้างแปลงปลูก ผักไร้ดินในพื้นที่จำกัด ไม่มี เวลารดน้ำ ต้องการปลูก ถั่วงอกให้ได้ครั้งละ 500 กรัม และขายกิโลกรัมละ 20 บาท ให้ได้กำไรมากที่สุด โดยลงทุนน้อยที่สุด	8

ตาราง 3 (ต่อ)

แผนการ	จัดการ	เนื้อหา	สะเต็มศึกษา	กิจกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
เรียนรู้ที่	2	อัตราส่วน และมาตรา ส่วน	S : สมบัติของสาร T : การใช้อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ E : กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม M : การหาอัตราส่วนที่ เท่ากันและมาตราส่วน	ไอศกรีมเพื่อสุขภาพ <u>สถานการณ์</u> ทำไอศกรีมโดย ไม่ใช้ไฟฟ้า โดยมีส่วนผสมเป็น น้ำผลไม้อย่างน้อย 2 ชนิด	5
เรียนรู้ที่	3	โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับร้อยละและ มาตราส่วน	S : การใช้ ทรัพยากรธรรมชาติ T : การใช้อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ E : กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม M : วิธีการแก้โจทย์ปัญหา ร้อยละและมาตราส่วน	อยู่อย่างพอเพียง <u>สถานการณ์</u> สร้างแบบจำลอง พื้นที่ตามหลักปรัชญา เศรษฐกิจพอเพียง โดยใช้ มาตราส่วน 1 : 200 แบบจำลองสามมิติที่มีขนาด ไม่เกิน 30 × 40 เซนติเมตร และต่อวงจรไฟฟ้าให้แสงสว่าง	8

จากตารางจะเห็นว่าทุกแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น มีกิจกรรมที่บูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชาคือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การออกแบบเชิงวิศวกรรมและคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในกิจกรรมนั้น

ตาราง 4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับองค์ประกอบของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	องค์ประกอบความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
<p>ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา</p>	<p>1.3 มีการตรวจสอบ แกไขวิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา</p> <p>2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน</p> <p>2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่</p>
<p>ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</p>	<p>1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย</p> <p>2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน</p>
<p>ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</p>	<p>1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย</p> <p>1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่</p> <p>2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่</p>

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	องค์ประกอบความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการ แก้ปัญหา	2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่น เข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้ง สะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน 3. สร้างนวัตกรรม
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน	2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้ง สะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน 2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่ม สร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็น ทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผล สำเร็จ 3. สร้างนวัตกรรม
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผล การแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อ นำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

จากตารางจะเห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ครบทุกองค์ประกอบ

3.1.4 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องร้อยละและอัตราส่วน โดยมีองค์ประกอบแต่ละแผน ดังนี้

1. สารระการเรียนรู้ / มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด
2. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. สารสำคัญ / สารการเรียนรู้
5. ภาระงาน / ชิ้นงาน
6. กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการออกแบบ

เชิงวิศวกรรม

7. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

8. การวัดและประเมินผล

9. บันทึกผลหลังจัดการเรียนรู้

3.1.5 ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ อาจารย์ด้านคณิตศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 และครูผู้มีความเชี่ยวชาญในการสอนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่า 10 ปี จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมไปถึงพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรมกับเวลา ลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรม สื่อที่ใช้ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้นั้นผู้วิจัยใช้แบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามแบบ Likert ให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นลงในใบประเมิน โดยมีรายละเอียดเทียบเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

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

หลังจากนั้นนำผลการประเมินความเหมาะสมของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้อาคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละรายการ แล้วนำไปเทียบเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (รัตนะบัวสนธ์, 2556)

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์การตัดสินผลการประเมิน คือ ใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การคำนวณพื้นที่ พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวม เท่ากับ 0.45 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ และมีประเด็นที่ต้องปรับแก้ ดังนี้ 1) ปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีความกระชับ เข้าใจง่าย 2) ปรับเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมบางขั้นตอนเนื่องจากมีการลงมือปฏิบัติเวลาอาจไม่เพียงพอ 3) ปรับคำถามที่ใช้ถามกระตุ้นผู้เรียนใช้คำถามสั้น ๆ เข้าใจง่าย และเขียนแนวคำตอบของคำถามกำกับ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม

แนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่มีต่อการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้	4.11	0.58	เหมาะสมมาก
2. ด้านสาระการเรียนรู้	4.75	0.29	เหมาะสมมากที่สุด
3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.50	0.48	เหมาะสมมากที่สุด
4. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้	4.71	0.49	เหมาะสมมากที่สุด
5. ด้านวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้	4.67	0.38	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.58	0.45	เหมาะสมมากที่สุด

3.1.6 นำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.1.7 สร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.2 แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ คือ แบบบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยใช้บันทึกการสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.2.1 กำหนดขอบเขตการบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน คือ 1) การจัดการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ได้หรือไม่ อย่างไร 2) การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร 3) ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 4) แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และ 5) ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

3.2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบเขียนบันทึกตามประเด็นที่กำหนดขอบเขตไว้

3.2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยพิจารณาให้ข้อเสนอแนะ

3.3.4 นำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยมาปรับปรุงแก้ไขแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

3.3.5 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้บันทึกข้อมูลในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

3.3.6 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะมีการเก็บข้อมูลที่ได้จากการบันทึกวิดีโอการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในกรณีที่การสังเกตและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยยังไม่ครบถ้วน และเป็นข้อมูลเพื่อให้อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยได้สะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย

3.3 ไบกิจกรรม

ผู้เรียนผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนทำเป็นกลุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างไบกิจกรรม

3.3.2 ศึกษาขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.3.3 ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องร้อยละและอัตราส่วนและศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.3.4 สร้างไบกิจกรรมตามแนวทางขอบเขตของเนื้อหาและความเหมาะสมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยไบกิจกรรมจะประกอบไปด้วยโจทย์ปัญหาสถานการณ์ และกิจกรรมย่อยให้ผู้เรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหา 6 ข้อย่อยที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.3.5 นำไบกิจกรรมที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญท่านเดียวกับที่พิจารณาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา

3.3.6 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขไบกิจกรรมเป็นฉบับสมบูรณ์

3.3.7 นำไบกิจกรรมไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัย

3.4 แบบประเมินชิ้นงาน

ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประเมินนวัตกรรมหรือชิ้นงานของผู้เรียนที่แสดงออกถึงการมีทักษะ ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานอย่างสรรค์ได้ตามเงื่อนไข หรือข้อจำกัดที่กำหนด โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นงานของผู้เรียน

3.4.2 ศึกษาตัวบ่งชี้ถึงการมีทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.4.3 กำหนดขอบเขตของการประเมินชิ้นงาน

3.4.4 สร้างแบบประเมินชิ้นงานตามขอบเขตที่กำหนด

3.4.5 นำแบบประเมินชิ้นงานให้อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยพิจารณาความถูกต้อง และความเหมาะสมกับตัวบ่งชี้ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญท่าน เดียวกับที่ประเมินแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อะไรและไปกิจกรรม

3.4.6 นำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยมาปรับปรุงแบบประเมินชิ้นงาน เป็นฉบับสมบูรณ์

3.4.7 นำแบบประเมินชิ้นงานไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัย

3.5 แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นแบบบันทึกพฤติกรรม ของผู้เรียนที่แสดงออกถึงความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.5.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.5.2 ศึกษาตัวบ่งชี้ถึงการมีทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.5.3 กำหนดขอบเขตของพฤติกรรมในการสังเกต

3.5.4 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.5.5 นำแบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นให้ที่ปรึกษางานวิจัยพิจารณาความถูกต้อง และเหมาะสมกับขอบเขตพฤติกรรม

3.5.6 นำข้อเสนอแนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาปรับปรุงแก้ไขแบบสังเกตพฤติกรรมให้เป็น ฉบับสมบูรณ์

3.5.7 นำแบบสังเกตไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือเพื่อตอบคำถามวิจัย ซึ่งแต่ละเครื่องมือมี ความสัมพันธ์กับคำถามวิจัย ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 ความสัมพันธ์ระหว่างคำถามวิจัยกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือ			
แผนการ จัดการเรียนรู้	แบบสะท้อนผล การจัดการเรียนรู้	แบบประเมิน ชิ้นงาน	แบบสังเกต พฤติกรรมความ ริเริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรม
<p>คำถามวิจัย</p> <p>1. การจัดการเรียนรู้อินทรีย์คณาจารย์ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาช่วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์ และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วน มีแนวทางการจัด กิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร</p> <p>2. การจัดการเรียนรู้อินทรีย์คณาจารย์ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะความริเริ่ม สร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วนได้หรือไม่ อย่างไร</p>	<p>✓ (ผู้ให้ข้อมูลคือ ผู้วิจัย ผู้เข้าร่วม วิจัย และอาจารย์ ที่ปรึกษางานวิจัย)</p> <p>✓</p>	<p>✓ (ผู้ให้ข้อมูล คือผู้วิจัย)</p> <p>✓ (ผู้ให้ข้อมูล คือผู้วิจัย)</p>	<p>✓ (ผู้ให้ข้อมูลคือ ผู้วิจัย)</p>

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการวิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ตามรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 วงจร โดยมีขั้นตอนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ชี้แจงจุดประสงค์การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน
2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องร้อยละและอัตราส่วน โดนใช้เวลาในการจัดกิจกรรมทั้งหมด 21 ชั่วโมง
3. ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต จดบันทึกการทำกิจกรรมลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
4. เมื่อจบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดให้ผู้ร่วมสังเกตและอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยทำการสะท้อนผล เพื่อนำไปปรับปรุงแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป
5. หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 3 แผน จะนำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการสังเกตพฤติกรรม ใบกิจกรรมผู้เรียน และแบบประเมินชิ้นงานผู้เรียนไปทำการวิเคราะห์ โดยการนำข้อมูลมาจัดกลุ่มและลงรหัสกลุ่มข้อมูล ดังตาราง 7

ตาราง 7 ตารางแสดงรหัสการจัดกลุ่มข้อมูลทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

กลุ่มข้อมูล	รหัส	พฤติกรรมบ่งชี้
1.การคิดสร้างสรรค์	T1	ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย คือ ผู้เรียนสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง
	T2	สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่ คือ ผู้เรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้

ตาราง 7 (ต่อ)

กลุ่มข้อมูล	รหัส	พฤติกรรมบ่งชี้
	T3	การตรวจสอบ แก้อไข วิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนางาน คือ ผู้เรียนวิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงานผ่าน
2.การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	W1	พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ คือผู้เรียนสามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้
	W2	รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน คือ ผู้เรียนแสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจรรย์ญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง
	W3	นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้นรวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่ คือ ผู้เรียนเลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
	W4	เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ คือ ผู้เรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล มาวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเพื่อตอบคำถามวิจัย ได้แก่

คำถามที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วน มีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร

โดยผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อนี้มาวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้ให้ข้อมูลคือ ผู้วิจัย ผู้ร่วมการวิจัย และอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. จัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ในหมวดหมู่เดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล
2. ตีความและสรุปผลตามประเด็นของคำถามวิจัย
3. ทำการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผลของผู้วิจัย ผู้ร่วมวิจัย และอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย มาเปรียบเทียบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่
4. สรุปการสะท้อนผลถึงปัญหา อุปสรรค และแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

คำถามที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วนได้หรือไม่ อย่างไร โดยผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ตอบคำถามวิจัยข้อนี้มาวิเคราะห์ข้อมูล มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

1. ใบกิจกรรม

- 1.1 ตรวจสอบคำตอบของผู้เรียนตามเกณฑ์การประเมินความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 1.2 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากการตอบใบกิจกรรม แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ 1. การคิดสร้างสรรค์ 2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ 3. การสร้างนวัตกรรม

1.3 สรุปผลการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมในแต่ละด้าน

2. แบบประเมินชิ้นงาน

- 2.1 ตรวจสอบชิ้นงานของผู้เรียนตามเกณฑ์การประเมินชิ้นงานที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

การประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดีเยี่ยม	ดี	ต้องปรับปรุง
แปลงเพาะ ถั่วงอก	1. สร้างแปลงเพาะถั่วงอก โดยใช้ความรู้เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 2. แปลงแปลงเพาะถั่วงอก สามารถเพาะ ถั่วงอกได้ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ 3. เลือกใช้วัสดุในการสร้างแปลงเพาะถั่วงอก ได้อย่างคุ้มค่าและมีรูปร่างแตกต่างไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ
สูตรไอศกรีม เพื่อสุขภาพ	1. สร้างสูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ ตามหลักโภชนาการ 2. ทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพได้ตามเงื่อนไขของ สถานการณ์ 3. สร้างสูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ
แบบจำลอง เศรษฐกิจ พอเพียง	1. สร้างแบบจำลองโดยใช้หลักการของ เศรษฐกิจพอเพียงและและความรู้เรื่องการต่อ วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง 2. สร้างแบบจำลองได้ตามเงื่อนไขของ สถานการณ์ 3. สร้างแบบจำลองได้อย่างสร้างสรรค์แปลก ใหม่ไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ

2.2 ตรวจสอบการนำความรู้เริ่มสร้างสรรค์มาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2.3 เขียนรายงานผลตามเกณฑ์ อธิบายเชิงบรรยายเป็นความเรียง

2.4 สรุปผลการพัฒนาความรู้เริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมในแต่ละด้าน

3. แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.1 ตรวจสอบผลการบันทึกพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.2 จัดหมวดหมู่ตามองค์ประกอบของความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3.3 เขียนผลตามเกณฑ์และอธิบายผลเชิงบรรยายเป็นความเรียง

3.4 เขียนสรุปผลให้เห็นถึงการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมในแต่ละองค์ประกอบ

ในการวิเคราะห์ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเป็นการศึกษาแนวโน้มของการพัฒนาของจำนวนผู้เรียนที่แสดงออกถึงความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมในแต่ละองค์ประกอบว่ามีทิศทางไปทางใด หากมีจำนวนผู้เรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมมากขึ้นก็หมายความว่าผลการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมในด้านนั้นมีมากขึ้นด้วย โดยมีเกณฑ์วัดการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงเกณฑ์วัดและประเมินผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ประเด็น การประเมิน	ระดับการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม			
	แบบ A	แบบ B	แบบ C	แบบ D
การคิดสร้างสรรค์	มีข้อมูลบ่งชี้สาม รหัส คือ T1, T2 และ T3	มีข้อมูลบ่งชี้เพียง สองรหัส	มีข้อมูลบ่งชี้ เพียงหนึ่งรหัส	ไม่พบข้อมูล บ่งชี้
การทำงานร่วมกับ ผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	มีข้อมูลบ่งชี้สี่รหัส คือ W1 , W2 , W3 และ W4	มีข้อมูลบ่งชี้เพียง สองหรือสามรหัส	มีข้อมูลบ่งชี้ เพียงหนึ่งรหัส	ไม่พบข้อมูล บ่งชี้
การสร้างนวัตกรรม	นำแนวคิดที่มีมา สร้างขึ้นเป็น ชิ้นงานหรือ นวัตกรรมที่แปลก ใหม่ได้	ไม่สามารถนำ แนวคิดที่มีมาสร้าง ขึ้นเป็นชิ้นงานหรือ นวัตกรรมที่แปลก ใหม่ได้	ไม่เกิดแนวคิดที่ จะสามารถ นำมาสร้างขึ้น เป็นชิ้นงาน หรือนวัตกรรม ที่แปลกใหม่ได้	-

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อส่งเสริมทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์ ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน โดยใช้การจัดกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน

ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) และดำเนินการตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผน แบ่งเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Action) ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) และ ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ใช้เวลาทั้งหมดรวม 21 ชั่วโมง โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ

1. ขั้นวางแผน (Plan)

1.1 การเตรียมแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้วางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมทั้งหมด 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน และในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่

เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ โดยใช้กิจกรรมที่ 1 เรื่อง แปลงเพาะถ่วงอกอัตโนมัติ เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันแก้ปัญหาสถานการณ์การสร้างแปลงเพาะถ่วงอกอัตโนมัติโดยไม่ต้องรดน้ำเอง เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหาร การลดภาระค่าใช้จ่าย และการหารายได้เพิ่ม จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโควิด 19 โดยต้องการให้ผู้เรียนสร้างแปลงเพาะถ่วงอกที่สามารถรดน้ำได้เอง และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างแปลงเพาะถ่วงอกให้น้อยที่สุด ดังนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันแก้ปัญหาเหตุการณ์ในครั้งนี้ ซึ่งกิจกรรมนี้ ผู้เรียนร่วมกันสร้างแปลงเพาะถ่วงอกอัตโนมัติจากวัสดุอุปกรณ์ที่จำกัดอย่างสร้างสรรค์ ใช้เงินซื้อวัสดุให้น้อยที่สุด ต้องได้ถ่วงอกในปริมาณที่กำหนด และมีวิธีการทดสอบแปลงเพาะถ่วงอกโดยวัดปริมาณน้ำที่ใช้ไปจากที่กำหนดให้ การเติบโตของถ่วงอก และการชั่งถ่วงอกที่ได้ตามปริมาณที่กำหนด กิจกรรมนี้ผู้เรียนจะได้นำความรู้ในหลายสาขาวิชามานบูรณาการในการแก้ปัญหา ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องร้อยละ เพื่อหาร้อยละในการการเติบโตของเมล็ดพันธุ์ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่ออธิบายว่า น้ำ แสง มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน แรงแม่เหล็ก เพื่อใช้สร้างกัลก้นน้ำสำหรับรดน้ำถ่วงอก และวิชาเทคโนโลยี เรื่อง การเลือกสืบค้นข้อมูล และใช้ข้อมูลที่นำเชื่อถือ

1.1.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน โดยใช้กิจกรรมที่ 2 เรื่อง ไอศกรีมเพื่อสุขภาพ เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันแก้ปัญหาสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโควิด 19 ต่อจากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เมื่อมีการผ่อนคลายสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโควิด 19 จึงต้องการคิดสูตรไอศกรีมรสชาติใหม่ เพื่อเพิ่มยอดขายและดึงดูดลูกค้า และผลิตไอศกรีมโดยไม่ได้ใช้ไฟฟ้า กิจกรรมนี้ผู้เรียนจะร่วมกันคิดค้นสูตรไอศกรีมและหาวิธีการทำไอศกรีมโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ซึ่งผู้เรียนต้องนำความรู้ในหลายวิชามานบูรณาการเพื่อแก้ปัญหานี้ ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและมาตราส่วน เพื่อหาอัตราส่วนของส่วนผสมในการทำไอศกรีมอย่างสร้างสรรค์ ใช้มาตราส่วนในการหาปริมาณของส่วนผสมในการทำไอศกรีมที่มีจำนวนมากขึ้น วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของของเหลวกลายเป็นไอศกรีม และวิชาเทคโนโลยี เรื่องการเลือกสืบค้นข้อมูล และใช้ข้อมูลที่นำเชื่อถือ

1.1.3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน โดยใช้กิจกรรมที่ 3 เรื่อง อยู่อย่างพอเพียง เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนจะร่วมกัน

แก้ปัญหาจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโควิด 19 เพื่อสร้างแบบจำลองในการปรับปรุงที่ดินให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่า ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และต้องติดตั้งหลอดไฟส่องสว่างโดยไม่ใช้สายไฟในแบบจำลอง ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนต้องช่วยกันแก้ปัญหาให้สร้างแบบจำลองให้ได้ตามเงื่อนไข ขนาดเหมาะสม และองค์ประกอบถูกต้องตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง กิจกรรมนี้ผู้เรียนจะได้นำความรู้ในหลายสาขาวิชามารวมกันในการแก้ปัญหา ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์ เพื่อการคำนวณหาอัตราส่วนที่ถูกต้องและเหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง วิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อการต่อวงจรไฟฟ้า และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า วิชาเทคโนโลยี เพื่อการเลือกสืบค้นข้อมูล และใช้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

1.2 การเตรียมเอกสาร

ผู้วิจัยแบ่งเอกสารออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้วิจัย ผู้เรียน และผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับของผู้วิจัยจะมีเอกสารที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับของผู้เรียนจะได้รับเอกสาร คือ ใบกิจกรรม และสำหรับผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ จะได้รับเอกสาร คือ แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

1.3 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนจะต้องร่วมกันสร้างชิ้นงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องเตรียมวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งประเภทของวัสดุอุปกรณ์ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ประเภทที่จัดเตรียมให้ เช่น กรรไกร กาว เชือก และ 2) ประเภทที่ผู้เรียนต้องเลือกใช้วัสดุเอง โดยผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับใบสั่งซื้อสินค้าและทำการเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการ แล้วนำใบสั่งซื้อสินค้ามาให้ผู้วิจัย ผู้วิจัยจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ตามรายการในใบสั่งซื้อสินค้า และผู้เรียนรับวัสดุอุปกรณ์จากผู้วิจัยไปประกอบเป็นชิ้นงาน

1.4 การเตรียมสถานที่

ผู้วิจัยใช้ห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์ เป็นห้องสำหรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่มทั้งหมด 7 กลุ่ม ผู้เรียนนั่งประจำกลุ่มเดิมตลอดการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งช่วงที่เป็นกรให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา และช่วงการสร้างชิ้นงาน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ตั้งกล้องวงจรปิดเพื่อบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยตั้งไว้ทั้งด้านหน้าและด้านหลังห้องเรียน

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** เป็นขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ เวลา 8 ชั่วโมง

2.1 ชั้นการระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มการจัดกิจกรรมโดยการแบ่งกลุ่มให้ผู้เรียน กลุ่มละ 4 – 5 คน หลังจากนั้นผู้วิจัยจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยการให้ผู้เรียนดูคลิปวิดีโอข่าวสถานการณ์ปัญหาโรคระบาดโควิด 19 ในสังคมเมืองที่ผู้คนต้องอาศัยอยู่แต่ภายในบ้าน ปัญหาคนตกงาน ขาดรายได้ และปัญหาด้านอาหาร ความยาวประมาณ 3 นาที แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิด เช่น “จากคลิปวีดีโอที่ผู้เรียนได้รับชมเป็นข่าวเกี่ยวกับอะไร” “จากสถานการณ์ในข่าว ทำให้ผู้เรียนได้รับผลกระทบอย่างไร และมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง” หลังจากนั้นผู้วิจัยแจกใบกิจกรรมที่ 1 แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ ให้ผู้เรียนทุกคนและให้เพิ่มเติมอีก 1 ชุดในแต่ละกลุ่มสำหรับการบันทึก โดยใบกิจกรรมนี้จะมีสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา โดยก่อนทำความเข้าใจปัญหาร่วมกัน ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนแต่ละคนวิเคราะห์ปัญหาและระบุปัญหาของตนเองและบันทึกลงในใบงานของตนเองก่อน หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่ตนเองวิเคราะห์ปัญหาและระบุปัญหาได้ไปแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจของตนเองให้เพื่อนในกลุ่มเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจปัญหาไปในทิศทางเดียวกันแล้ว ผู้เรียนจะต้องระบุปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 1 ของกลุ่ม

2.2 ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 1.1 การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ กิจกรรมย่อยที่ 1.2 กาลักน้ำและแรงโน้มถ่วง และ กิจกรรมย่อยที่ 1.3 ร้อยละ กำไร ขาดทุน โดยผู้วิจัยเป็นผู้นำในการทำกิจกรรม และให้ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อค้นพบ และสรุปแนวคิดหลักของความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมย่อยในแต่ละกิจกรรม บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ของกลุ่ม

2.3 ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันวางแผนการแก้ปัญหาและบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 โดยที่การออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือสร้างแปลงเพาะถั่วงอกนั้น ผู้เรียนจะต้องคำนึงถึงการเลือกใช้สิ่งของให้เหมาะสมกับสถานการณ์และระบุวัสดุต่างที่ต้องการในใบสั่งซื้อ วาดภาพการออกแบบของชิ้นงานที่จะสร้างอย่างละเอียด และคำนึงถึงความปลอดภัยของการใช้เครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน

2.4 ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ตัวแทนผู้เรียนแต่ละกลุ่มมารับของที่ต้องการใช้ในการสร้างแปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติตามรายการใบสั่งซื้อที่ผู้เรียนได้แจ้งไว้กับผู้วิจัย จากนั้นผู้เรียนร่วมกันสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้

2.5 ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มสร้างแปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้เรียนจะได้ทำการทดสอบและประเมินผลการใช้งานว่ามีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและเป็นไปตามเงื่อนไขของสถานการณ์หรือไม่ โดยก่อนการทดสอบผู้เรียนผู้เรียนจะได้รับฟังวิธีการทดสอบจากผู้วิจัย แล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ทำการทดสอบและจดบันทึกผล ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อนที่แสดงต่อชิ้นงานของตน และนำผลที่ได้ไปช่วยกันวิเคราะห์ผลเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1

2.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันออกแบบการนำเสนอผลการแก้ปัญหาให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ และมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยแต่ละกลุ่มจะมีเวลาในการนำเสนอและตอบคำถามประมาณ 5 นาที

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ โดยเก็บจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และรวบรวมจากใบกิจกรรมของผู้เรียน โดยมีประเด็นดังนี้

3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ที่จำเป็นให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในหลายสาขาวิชาได้อย่างเต็มที่ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ โดยในเรื่องนี้ผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนนำความรู้ การหาปริมาณถั่วงอกที่ต้องการเพาะขายให้ได้กำไรตามที่กำหนดเพื่อการลงทุนที่น้อยที่สุด ในการเลือกซื้อวัสดุที่ใช้ในการสร้างแปลงเพาะถั่วงอก ไปใช้ประกอบกับเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและแรงโน้มถ่วงของโลกในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แรงโน้มถ่วงของโลก และเรื่องการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่นำเชื่อถือ ซึ่งอาจเกิดจากผู้วิจัยยังมีความตื่นตัวในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีความคิดเห็นจากผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยยังไม่ได้มีการบูรณาการการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เท่าที่ควร ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและแรงโน้มถ่วงของโลกไปบูรณาการในการแก้ปัญหา และไม่สามารถใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่นำเชื่อถือไปสร้างชิ้นงานได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นจึงควรที่จะมีการทบทวนความรู้ที่

จำเป็นก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย สามารถพิจารณาปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ชั้นการระบุปัญหา

เมื่อผู้วิจัยให้ผู้เรียนดูคลิปวิดีโอข่าวสถานการณ์ปัญหาโรคระบาดโควิด 19 และให้ผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นมีความสนใจในการแสดงความคิดเห็น ดังบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ

- ผู้วิจัย : ขาวนี่เป็นข่าวเกี่ยวกับอะไร
 ผู้เรียน : โควิด 19
 ผู้วิจัย : จากข่าว ผู้เรียนคิดว่าเกิดผลกระทบอะไรบ้าง
 ผู้เรียน : ออกจากบ้านไม่ได้
 ผู้เรียน : มีคนกักตุนอาหาร
 ผู้เรียน : อาหารแพงขึ้น ขาดแคลนอาหาร
 ผู้วิจัย : อะไรบ้างที่ผู้เรียนคิดว่าแพงขึ้น
 ผู้เรียน : ข้าว ไข่ อาหารกระป๋อง ผักก็แพงขึ้น
 ผู้เรียน : แพงขึ้นทุกอย่าง
 ผู้วิจัย : ผู้เรียนแก้ปัญหาหาคาผักที่แพงขึ้นอย่างไร
 ผู้เรียน : กินอย่างอื่นแทน
 ผู้เรียน : ไม่กินผัก
 ผู้เรียน : ปลูกผักกินเอง

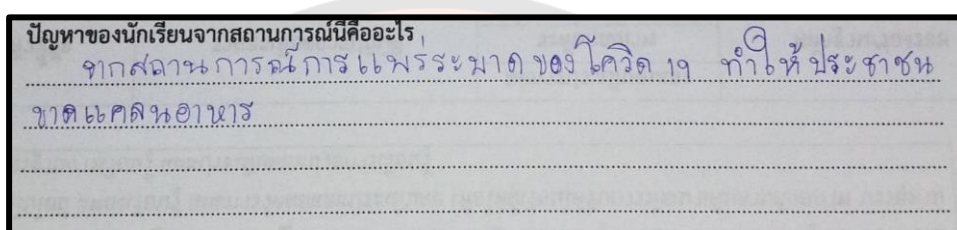
(ผู้เรียนกลุ่มที่ 3, เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้,

15 พฤศจิกายน 2564)

ดังนั้นการแสดงความคิดเห็นเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและต้องการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป และเมื่อให้ผู้เรียนได้เริ่มทำกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในช่วงของการศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาแล้วให้สรุปเป็นของตนเองก่อน พบว่า มีผู้เรียนบางคนที่ไม่ค่อยสนใจทำกิจกรรม

เช่น วาดรูป หรือเล่นกับเพื่อนในกลุ่มหรือต่างกลุ่ม ส่งผลให้การทำกิจกรรมมีความล่าช้า นอกจากนี้ ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ตัวเองวิเคราะห์ไว้แล้วไปแลกเปลี่ยนร่วมกับเพื่อน ดังนั้นผู้วิจัยควรกระตุ้นการทำกิจกรรมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรมมากขึ้น

นอกจากนี้ เมื่อผู้เรียนได้นำความเข้าใจปัญหาของตัวเองไปแลกเปลี่ยนร่วมกับเพื่อน พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีความสับสนในการทำกิจกรรม เช่น ผู้เรียนไม่เข้าใจว่าต้องระบุปัญหาอะไร นอกจากนี้ผู้เรียนไม่มีการพูดถึงการเชื่อมโยงความรู้เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ ในขณะที่แลกเปลี่ยนความเข้าใจจากสถานการณ์ปัญหา



ภาพ 6 ตัวอย่างการระบุปัญหา จากกิจกรรมที่ 1 แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ

จากตัวอย่างภาพ 6 คือ การระบุปัญหาจากสถานการณ์แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ คือ สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 ทำให้ประชาชนเดือดร้อน ขาดแคลนอาหาร ซึ่งในการระบุสถานการณ์ปัญหานั้นผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์ปัญหาก่อน และร่วมกันระบุปัญหานั้นคือ เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโคโรนา 2019 รัฐบาลประกาศให้ประชาชนกักตัวอยู่ที่บ้าน เพื่อลดการแพร่ระบาด และประชาชนเองต่างหวาดกลัวการติดเชื้อ ทำให้การดำเนินชีวิตเปลี่ยนไป คนเริ่มกักตุนสินค้าและอาหาร พ่อค้าแม่ค้าหยุดการค้าขาย ทำให้หลายคนขาดแคลนอาหาร จึงคิดวิธีการแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารโดยการปลูกผักไว้กินเอง แต่ไม่มีเวลาดูแล จึงจะอย่างไรให้สามารถปลูกผักได้โดยไม่ต้องคอยดูแลการรดน้ำ ซึ่งจะเห็นว่า ผู้เรียนยังขาดการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันและไม่สามารถระบุปัญหาได้ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยควรส่งเสริมให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาให้ถูกต้องมากขึ้น โดยการใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน เช่น สถานการณ์ปัญหาว่าอย่างไรบ้าง ผู้เรียนคิดว่าปัญหาที่แท้จริงของเราคืออะไร สถานการณ์ปัญหานี้เกี่ยวกับวิชาอะไรเรื่องอะไรบ้าง

3.2.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันค้นหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาอัตราารงอกของเมล็ดและการสร้างกาลักน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลกเพื่อนำไปใช้ประกอบการแก้ปัญหา เนื่องจากผู้เรียนจะต้องมีการคำนวณหาอัตราารงอกของเมล็ดเพื่อหาจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่

ต้องการปลูกให้ได้จำนวนตรงตามเงื่อนไขและทำความเข้าใจหลักการทำงานของกัลกน้ำเพื่อให้ประกอบกรสร้างแปลงปลูกผักรดน้ำอัตโนมัติ ดังนั้นผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ร่วมกันสืบค้นและรวบรวมข้อมูลและใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ตัวอย่างเช่น 1) จากสถานการณ์ปัญหา ผู้เรียนคิดว่าต้องปลูกผักจำนวนเท่าใดจึงจะเพียงพอต่อความต้องการ 2) ถ้าผู้เรียนต้องการปลูกผักให้ได้จำนวนตามต้องการ ผู้เรียนจะรู้ได้อย่างไรว่าควรใช้จำนวนเมล็ดพันธุ์เท่าใด 3) ถ้าผู้เรียนต้องการปลูกผักโดยไม่ต้องคอยรดน้ำ ควรสร้างแปลงปลูกผักแบบใด

ผู้เรียนยังไม่ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ผู้วิจัยให้จากการทำกิจกรรมย่อย และผู้เรียนไม่ได้นำความรู้จากการทำกิจกรรมไปใช้ประกอบในการหาแนวทางแก้ปัญหา สังเกตได้จากผู้เรียนไม่มีการพูดถึงความรู้เรื่องร้อยละของอัตราการงอก ในการหาจำนวนเมล็ดพันธุ์และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในการหาปริมาณน้ำในการรดน้ำ และความรู้เรื่องแรงโน้มถ่วงโลก ในการสร้างกัลกน้ำเพื่อใช้รดน้ำผักอัตโนมัติ อาจเป็นเพราะว่าผู้เรียนนำความรู้จากประสบการณ์เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยควรเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมกับการแก้ปัญหาในชั้นระบุปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลจากการทำกิจกรรมสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

ผู้เรียนไม่มีการวิเคราะห์ถึงข้อดีข้อเสียของแนวทางการแก้ปัญหานั้น ดังภาพ 7 ดังนั้นผู้วิจัยควรอธิบายหรือพูดถึงความสำคัญของข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมย่อย และบอกถึงแหล่งเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาความรู้ได้ และควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ร่วมกันประเมินแนวคิดเหล่านั้นว่าวิธีการหรือแนวคิดที่ตัวเองและเพื่อนได้ไปสืบค้นนั้นมีความเป็นไปได้ หรือมีข้อดีข้อเสียอย่างไรบ้าง

<p>บันทึกสิ่งที่ค้นพบ/ความรู้จากกิจกรรม</p> <p>การหาร้อยละ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

ภาพ 7 ตัวอย่างการบันทึกข้อค้นพบ/ความรู้จากกิจกรรม จากใบกิจกรรมแปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ

นอกจากนี้ ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหา วิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ปัญหามากมาย ๆ วิธีเนื่องจากผู้เรียนจะยอมรับวิธีการแก้ปัญหของหัวหน้ากลุ่ม แต่เป้าหมายของผู้วิจัยคือการให้ผู้เรียนช่วยกันรวบรวมและสืบค้นข้อมูล ซึ่งสังเกตได้จากผู้เรียนคนที่

เป็นหัวหน้ากลุ่มจะเป็นผู้บันทึกการทำกิจกรรมในใบกิจกรรม และส่วนใหญ่ที่เหลือจะเล่น หรือพูดคุยกับเพื่อน ดังนั้นผู้วิจัยควรกระตุ้นการทำกิจกรรมของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันทำกิจกรรมทุกคน และเพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้มีปฏิสัมพันธ์ในการทำงานหรือการแก้ปัญหาาร่วมกันกับเพื่อน ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยการใช้คำถามถามผู้เรียนคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม เช่น นอกจากวิธีการแก้ปัญหานี้แล้ว ยังมีวิธีการอะไรอีกบ้าง

3.2.3 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

ในขั้นตอนนี้มีผู้เรียนบางกลุ่มไม่ร่วมกันวางแผนหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน เช่น เมล็ดถั่วเขียว ขวดน้ำ สังเกตได้จากมีผู้เรียนบางกลุ่มที่เลือกซื้อวัสดุอุปกรณ์ไปเพียงเล็กน้อย ทำให้วัสดุอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการสร้างชิ้นงาน เมื่อเข้าไปสอบถามอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า ผู้เรียนกลุ่มนี้ไม่ได้วาดภาพออกแบบและเขียนลำดับขั้นตอนการสร้างแปลงปลูกผักอัตโนมัติ จึงทำให้คาดการณ์ประมาณการใช้วัสดุผิดพลาด ดังนั้นผู้วิจัยควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนได้ร่วมกันออกแบบ วาดภาพพร้อมเขียนส่วนประกอบอย่างละเอียด และเน้นย้ำการเขียนลำดับขั้นตอนในการสร้างให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง

3.2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนได้ลงมือสร้างชิ้นงานตามการออกแบบที่ได้วางแผนไว้ พบว่า ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ ดังภาพ 8 แต่ไม่ได้สร้างชิ้นงานตามลำดับขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ ทำให้สร้างชิ้นงานเสร็จล่าช้า นอกจากนี้ในขณะที่ดำเนินการสร้างชิ้นงาน ผู้เรียนไม่ได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นร่วมไปถึงการดำเนินการสร้างชิ้นงาน จะมีเพียงผู้เรียนบางคนในกลุ่มที่ดำเนินการสร้างชิ้นงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหัวหน้ากลุ่ม ส่วนผู้เรียนคนอื่นจะนั่งเล่นหรือพูดคุยกัน และในขณะที่สร้างชิ้นงาน ผู้เรียนไม่ได้ใช้ความระมัดระวัง ไม่คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ จะเห็นได้จากการที่ผู้เรียนนำอุปกรณ์มาเล่นกัน ดังนั้นผู้วิจัยควรกระตุ้นผู้เรียนให้ร่วมกันสร้างชิ้นงาน และเน้นย้ำผู้เรียนให้คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงาน



ภาพ 8 ภาพการสร้างแปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ

3.2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนได้ทดสอบชิ้นงาน พบว่าชิ้นงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มที่สร้างขึ้นไม่ตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องสร้างชิ้นงานที่เป็นแปลงปลูกผักที่สามารถรดน้ำได้เองอัตโนมัติอย่างเป็นเวลาไม่ได้รับน้ำตลอดเวลา และต้องการถั่วงอกจำนวน 1 กิโลกรัม แต่แปลงปลูกผักของผู้เรียนทุกกลุ่มรดน้ำตลอดเวลา โดยใช้วิธีการหยดน้ำเนื่องจากกาลักน้ำที่ทำจากขวดพลาสติกเบาเกินไปทำให้เมื่อน้ำล้นจนเทน้ำออกแล้ว กาลักน้ำไม่กลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิม เป็นผลให้เกิดน้ำหยดตลอดเวลา แล้วเราจะแก้ปัญหานั้นอย่างไร นอกจากนี้ยังพบว่าผู้เรียนบางกลุ่มได้จำนวนถั่วงอกไม่ถึง 1 กิโลกรัม เนื่องจากมีเมล็ดพันธุ์ไม่งอก เมื่อสอบถามผู้เรียน พบว่าผู้เรียนใช้เมล็ดพันธุ์จำนวนเท่ากับที่คำนวณได้โดยไม่ได้เพิ่มจำนวนเมล็ดพันธุ์เพื่อเมล็ดที่จะไม่งอก และพบว่าบางกลุ่มไม่ได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์ก่อนนำมาเพาะ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นถึงปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหานั้น เช่น ทำไมน้ำจึงหยดตลอดเวลา และเน้นย้ำให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการเพาะถั่วงอกและเน้นย้ำให้ผู้เรียนศึกษาวิธีการเพาะถั่วงอกและปฏิบัติตามให้ถูกต้อง

หลังจากที่ผู้เรียนได้ผลทดสอบแล้ว ผู้เรียนจะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัยและเพื่อนร่วมชั้น และนำผลการทดสอบและคำแนะนำไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเริ่มพูดถึงการปรับปรุงชิ้นงานให้ตรงตามเงื่อนไขมากขึ้น เช่น ควรมีการเพิ่มน้ำหนักให้กาลักน้ำ และมีการเพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์ในการเพาะจากการคำนวณอีกเล็กน้อยเพื่อเมล็ดพันธุ์ไม่งอก ดังตัวอย่างจากข้อความในใบกิจกรรม

ควรมีการเพิ่มน้ำหนักให้กาลักน้ำ

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 2, ใบกิจกรรรมที่ 1, 15 พฤศจิกายน 2564)

เพิ่มปริมาณเมล็ดพันธุ์เพื่อเมล็ดที่ไม่งอก

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 8, ใบกิจกรรรมที่ 1, 15 พฤศจิกายน 2564)

นอกจากนี้ พบว่า ผู้เรียนสามารถคำนวณหาจำนวนเมล็ดพันธุ์ในการเพาะเพื่อแก้ปัญหาให้เป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหา โดยนำความรู้เรื่องร้อยละมาใช้ในการคำนวณหาจำนวนเมล็ดพันธุ์ได้อย่างถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจจุดประสงค์ของกิจกรรมนี้ นั่นคือผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละได้

นอกจากนี้เมื่อตรวจการบันทึกการทำกิจกรรมของผู้เรียน ในด้านความรู้ที่ผู้เรียนนำไปใช้ในการบูรณาการในการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนสามารถระบุนิยามความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ทั้งวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้ปัญหาร้อยละการหาจำนวนเมล็ดพันธุ์ และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แรงโน้มถ่วงของโลกวิชาวิทยาศาสตร์ และการสืบค้นข้อมูลและการเลือกใช้ข้อมูลที่เชื่อถือได้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

หลังจากที่ผู้เรียนได้ทำการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงานแล้ว ผู้เรียนจะได้มีโอกาสออกมานำเสนอผลการแก้ปัญหานี้ให้เพื่อนรับฟังหน้าชั้นเรียน แต่พบว่าผู้เรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอผลงาน และรูปแบบการนำเสนอขาดความน่าสนใจ โดยที่ผู้เรียนจะออกมาอ่านข้อมูลของกลุ่มตัวเองให้เพื่อนฟัง และเมื่อจบการนำเสนอแล้วจะรีบกลับเข้ากลุ่มโดยที่ไม่เปิดโอกาสให้เพื่อนได้แสดงความคิดเห็นใดๆ ดังนั้นผู้วิจัยควรให้ผู้เรียนหารูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ เน้นประเด็นสำคัญในการแก้ปัญหา และควรเปิดโอกาสให้เพื่อนได้แสดงความคิดเห็นหรือถามข้อสงสัยในการแก้ปัญหาเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้วย

จากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตพบว่า ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ ขั้นตอนการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนไม่ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ทำให้งานเสร็จล่าช้าซึ่งผู้วิจัยไม่ได้กำหนดเวลาให้กับผู้เรียนอย่างชัดเจนและมีการยืดหยุ่นเวลาให้กับผู้เรียนมากเกินไปเมื่อเห็นว่าผู้เรียนจะสร้างชิ้นงานได้ไม่เสร็จตามที่วางแผนไว้ ดังนั้นผู้วิจัยควรกำหนดเวลาในการดำเนินงานให้ชัดเจนและคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนดำเนินการตามแผนเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อไม่ให้ส่งผลต่อกิจกรรมต่อไป

4. **ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)** เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ คือแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปผลการสังเกตได้ดังนี้ ดังตาราง 10

ตาราง 10 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบเจอ	แนวทางการปรับปรุง
1. ชั้นระบุปัญหา	ผู้เรียนไม่สนใจทำกิจกรรม	กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมโดยการใช้รูปแบบการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ เช่น เกม
	ผู้เรียนสับสนในการระบุปัญหา	อธิบาย โดยการยกตัวอย่างให้ผู้เรียนเข้าใจ
	ผู้เรียนไม่ร่วมกันค้นหาข้อมูล	ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาข้อมูลและบอกแหล่งการค้นหาข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
2. ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	ผู้เรียนไม่ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมย่อย	ควรเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมกับการแก้ปัญหาในชั้นระบุปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจว่าข้อมูลจากการทำกิจกรรมสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้
	ผู้เรียนไม่มีการวิเคราะห์ถึงข้อดีข้อเสียของแนวทางการแก้ปัญหา	อธิบายถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้เรียนเข้าใจ
	ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหาวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธี	กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยการใช้คำถามถามผู้เรียนคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม
3. ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ผู้เรียนไม่วาดภาพออกแบบและเขียนลำดับขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน	ควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนออกแบบ วาดภาพ และเขียนส่วนประกอบของชิ้นงานอย่างละเอียด เพื่อวางแผนการใช้ทรัพยากร

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบเจอ	แนวทางการปรับปรุง
		ต่าง ๆ ได้อย่างคุ้มค่า
4. ชั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ผู้เรียนไม่สร้างชิ้นงานตามลำดับขั้นที่วางแผนไว้	ควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินการแก้ปัญหา
5. ชั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน	ผู้เรียนสร้างชิ้นงานไม่ตรงตามเงื่อนไข	ควรใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นถึงปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหา และเน้นย้ำให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหานั้น
6. ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	ผู้เรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอผลงาน รูปแบบการนำเสนอขาดความน่าสนใจ	ควรช่วยผู้เรียนฝึกพูดโดยการถามคำถามให้ผู้เรียนตอบ และแนะนำวิธีการหรือรูปแบบการนำเสนออื่น ๆ ที่น่าสนใจ

จากตารางที่ 10 คือ ตารางสรุปประเด็นปัญหาที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรที่ 2 ในแต่ละขั้นตอน และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้ เรื่อง ร้อยละ และอัตราส่วน เป็นหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรมีการทบทวนความรู้ที่จำเป็นก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากผู้เรียนจะต้องนำความรู้ การหาจำนวนเฉลี่ยพันธุถั่วเขียว จากอัตราารงอก การหาร้อยละของกำไร ไปใช้ประกอบกับเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และแรงโน้มถ่วงของโลก ในการออกแบบและเลือกใช้สิ่งของอย่างสร้างสรรค์ โดยการเลือกใช้สิ่งของ ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำ เพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด

วงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน

จากผลการสะท้อนผลการปฏิบัติในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. **ขั้นการวางแผน (Plan)** ผู้วิจัยได้นำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติการในวงจรที่ 1 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะกระตุ้นผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน และเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดและนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้คำถามในการกระตุ้น และสำหรับขั้นตอนของการทำกิจกรรมจะมีการปรับเปลี่ยนดังนี้

1.1 ขั้นการระบุปัญหา

ผู้วิจัยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะปัญหาของสถานการณ์ปัญหาและปัญหาในการทำกิจกรรมของผู้เรียนได้ และคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนทุกคนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เพื่อไม่ให้ผู้เรียนในกลุ่มคนใดคนหนึ่งทำกิจกรรมเพียงคนเดียว

1.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยกระตุ้นให้ผู้เรียนทำตามบทบาทหน้าที่ของตนเอง ในการหาข้อมูล หรือแนวทาง ในการแก้ปัญหาร่วมกันโดยการใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้สืบค้นข้อมูลจากและข้อมูลที่นำเชื่อถือด้วยโทรศัพท์สมาร์ทโฟนของผู้เรียน และร่วมกันวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหา หรือข้อมูลที่ผู้เรียนร่วมกันสืบค้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ปัญหา

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้ผู้เรียนออกแบบชิ้นงานในการแก้ปัญหา โดยต้องวาดภาพและเขียนส่วนประกอบของชิ้นงานนั้นอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยจะเน้นย้ำให้ผู้เรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินการแก้ปัญหา

1.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมองเห็นถึงปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหา และเน้นย้ำให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหานั้น

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยจะช่วยผู้เรียนในการฝึกพูดโดยการถามคำถามสั้น ๆ และให้ผู้เรียนตอบคำถาม และแนะนำวิธีการหรือรูปแบบการนำเสนออื่น ๆ ที่น่าสนใจให้กับผู้เรียน

2. **ขั้นปฏิบัติการ (Action)** เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน เวลา 5 ชั่วโมง

2.1 ชั้นการระบุปัญหา

ผู้วิจัยเริ่มกิจกรรมด้วยการนำเสนอบทความหรือคลิปวิดีโอเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของไอศกรีม ไอศกรีมประเภทต่าง ๆ และการทำไอศกรีมในสมัยก่อน เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน แล้วใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิด เช่น “คลิปวิดีโอนี้เกี่ยวกับอะไร” “ในปัจจุบันมีการผลิตไอศกรีมด้วยวิธีใด” “ผู้เรียนคิดว่าเราสามารถทำไอศกรีมโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรใด ๆ ได้หรือไม่ ด้วยวิธีการใด” หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงแจกใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ไอศกรีมเพื่อสุขภาพให้กับผู้เรียนทุกคน และแจกเพิ่มเติมอีกกลุ่มละ 1 ชุด โดยใบกิจกรรมนี้จะมีสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง แล้วให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา โดยก่อนการร่วมกันทำความเข้าใจปัญหา ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละคนวิเคราะห์และระบุปัญหาของตนเองลงในใบกิจกรรมของตนเองก่อน หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละคนจะนำข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาไปแลกเปลี่ยนความเข้าใจร่วมกับเพื่อนในกลุ่มให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจปัญหาไปในทิศทางเดียวกันของกลุ่มแล้ว ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนระบุปัญหา และบันทึกการทำกิจกรรมต่าง ๆ ลงในใบกิจกรรมของกลุ่มที่ผู้วิจัยได้แจกเพิ่มเติมไว้ให้อีก 1 ชุด

2.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 2.1 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน กิจกรรมย่อยที่ 2.2 ทำไอศกรีมโดยไม่จ้อตู้เย็น โดยผู้วิจัยเป็นผู้นำในการทำกิจกรรม และให้ผู้เรียนในแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายข้อค้นพบ และสรุปแนวคิดหลักของความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมย่อย และบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ของกลุ่ม

2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องช่วยกันวางแผนการแก้ปัญหาและบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 จากการทำกิจกรรมที่ 2.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยที่การออกแบบขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือคิดสูตรไอศกรีมและหาวิธีการทำไอศกรีมโดยไม่จ้อตู้เย็นนั้น ผู้เรียนจะต้อง พิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อด้อยของคำตอบหรือแนวทางแก้ไขปัญหาและคำนึงถึงการเลือกใช้สิ่งของให้เหมาะสมกับสถานการณ์ วาดภาพการออกแบบของชิ้นงานที่จะสร้างอย่างละเอียด และคำนึงถึงความปลอดภัยของการใช้เครื่องมือในการสร้างชิ้นงาน

2.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ผู้เรียนนำส่วนผสมที่จัดเตรียมมาวางไว้บนโต๊ะ และวางแผนการดำเนินการการทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพ จากนั้นผู้เรียนร่วมกันสร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้โดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก

2.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพเรียบร้อยแล้วผู้เรียนจะได้ทำการทดสอบและประเมินผลคณะครู 3 ท่าน เป็นผู้ชิมและให้คะแนนไอศกรีมเพื่อสุขภาพของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมให้คำแนะนำในการปรับปรุง โดยก่อนการทดสอบผู้เรียนผู้เรียนจะได้รับฟังวิธีการทดสอบจากผู้วิจัย แล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้ทำการทดสอบและจดบันทึกผลข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อนที่แสดงต่อชิ้นงานของตน และนำผลที่ได้ไปช่วยกันวิเคราะห์ผลเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2

2.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มต้องช่วยกันออกแบบการนำเสนอผลการแก้ปัญหาให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ และมานำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยแต่ละกลุ่มจะมีเวลาในการนำเสนอและตอบคำถามประมาณ 5 นาที

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน โดยเก็บจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และรวบรวมจากใบกิจกรรมของผู้เรียน โดยมีประเด็นดังนี้

3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยเริ่มมีการถ่ายทอดความรู้ที่จำเป็นให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในหลายสาขาวิชาไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยเมื่อตรวจสอบใบบันทึกกิจกรรมของผู้เรียน พบว่า ผู้เรียนสามารถเขียนอัตราส่วน มาตราส่วน และสามารถคำนวณหาอัตราส่วนและมาตราส่วนที่เท่ากันได้ เนื่องจากผู้เรียนได้นำความรู้จากขั้นตอน การทำกิจกรรมย่อย เพื่อเสริมสร้างความคิดรวบยอดของผู้เรียน แต่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้ ผู้วิจัยยังไม่สามารถที่จะทำให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ และวางแผนการเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม และดำเนินการ ตามเวลาที่กำหนดได้

ผู้วิจัยได้มีการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เข้ามาร่วมในการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งสังเกตได้จากครูให้ผู้เรียน ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการหาวิธีการทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็ง โดย ใช้สมบัติของสารแต่ผู้เรียนก็ยังไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา ตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ เนื่องจากการทดลองชิ้นงานของผู้เรียน ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของเวลา ดังนั้นผู้วิจัยควรอธิบายหรือยกตัวอย่างให้ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้และนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา

3.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้เป็นขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ชั้นการระบุปัญหา

ในขั้นนี้เมื่อผู้วิจัยให้ผู้เรียนดูคลิปวิดีโอเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของ ไอศกรีม ไอศกรีมประเภทต่าง ๆ และการทำไอศกรีมในสมัยก่อน และให้ผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น ทำให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นมีความสนใจในการแสดงความคิดเห็น และเมื่อผู้เรียนร่วมกันศึกษาสถานการณ์ปัญหาแล้ว พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจในการทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น แต่มีผู้เรียนบางคนพูดคุยกันว่า สถานการณ์ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ เป็นเรื่องของการทำอาหาร ทำให้ผู้เรียนที่ไม่ชอบการทำอาหารไม่ค่อยสนใจอยากทำกิจกรรม

ปัญหาคือ ผู้เรียนที่ไม่ชอบการทำอาหาร ไม่สนใจการถามกิจกรรม

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 3, เทปบันทึกการจัดการเรียนรู้, 13 ธันวาคม 2564)

ดังนั้นผู้วิจัย ควรอธิบายบทบาทหน้าที่ ขอแต่ละคนในกลุ่ม ให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ ตามความถนัดของผู้เรียน และอธิบายกับผู้เรียนให้เห็นถึงความสำคัญของบทบาทหน้าที่ของแต่ละคน และในช่วงของการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เริ่มมีความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหาทำให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะปัญหาที่มาวินพบเจอและปัญหาที่ผู้เรียนต้องระบุได้ โดยสังเกตได้จากการระบุปัญหาในใบกิจกรรม พบว่ารักเรียนระบุปัญหาว่า ต้องทำไอศกรีมที่มีส่วนผสมของน้ำผลไม้อย่างน้อย 2 อย่าง โดยไม่ใช้ไฟฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจประเด็นปัญหาได้ถูกต้องมากขึ้น

3.2.2 ชั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เริ่มพูดคุยกันถึงวิธีการในการแก้ปัญหามากขึ้น โดยการจะต้องหา อัตราส่วนของส่วนผสมในการทำไอศกรีมและวิธีการทำไอศกรีมโดยไม่จ้อตู้เย็น ดังบทสนทนาของผู้เรียน

... เราคิดว่าจากสถานการณ์เหมือนกับการทำไอศกรีมหลอดน้ำหวานหรือน้ำอัดลมต่าง ๆ เพราะว่าไอศกรีมหลอดทำในถังน้ำแข็ง

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 7 ,เทปบันทึกการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้, 13 ธันวาคม 2564)

จากตัวอย่างบทสนทนาของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนเริ่มนึกถึงแนวทางการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา แต่ผู้เรียนไม่รู้ว่าจะหาความรู้ได้จากที่ไหน และไม่รู้นอกจากจะต้องคิดสูตรการทำไอศกรีม ต้องคำนวณหาอัตราส่วนของส่วนผสมนั้น และวิธีการทำไอศกรีมโดยไม่จ้อตู้เย็นด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทำไอศกรีมหลอดแล้ว ผู้เรียนจะต้องรู้อะไรอีก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดว่า ในช่วงของการทางกิจกรรมย่อย ผู้เรียนได้รับความรู้ อะไรบ้างจากการทำกิจกรรมนั้น ซึ่งผู้เรียนจะได้ศึกษาวิธีการคำนวณหาอัตราส่วน การเขียนอัตราส่วน การหาอัตราส่วนจากอัตราส่วนที่กำหนดให้ และปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำแข็งที่สามารถเปลี่ยน ของเหลวให้กลายเป็นของแข็งได้ และผู้วิจัยจะถามต่อว่า จากความรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการทำกิจกรรม ย่อยนั้น ผู้เรียนสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร หลังจากนั้นผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหา ความรู้เพิ่มเติม โดยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลน่าเชื่อถือ

นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เรียนภายในกลุ่มเริ่มมีการพูดคุยสนทนาแลกเปลี่ยน ข้อมูลที่ได้ค้นพบกันมากขึ้น สังเกตได้จากการที่ผู้เรียน เริ่มถามเพื่อนในกลุ่มว่า ได้รับข้อมูลอะไรบ้าง จากการสืบค้น ผู้เรียนที่สืบค้นก็จะอธิบายข้อมูลของตนเอง ส่วนเพื่อนที่เหลือจะคอยรับฟังและแสดง ความคิดเห็น

3.2.3 ชั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยสังเกตพบว่ามีผู้เรียนบางกลุ่มที่ไม่มีการวางแผน หรือออกแบบการ แก้ปัญหา หรือการสร้างชิ้นงาน และเมื่อเข้าไปสอบถามอย่างไม่เป็นทางการ พบว่า ผู้เรียนคิดว่าจะ ออกแบบไปพร้อม ๆ กับการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากไม่อยากให้เสียเวลาและมีผู้เรียนบางกลุ่มที่ไม่ ยอมวาดภาพ การออกแบบการสร้างชิ้นงานก่อนการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากกลัวว่าชิ้นงานที่เสร็จจะไม่ ตรงตามแบบ จึงตั้งใจจะวาดการออกแบบการสร้างชิ้นงานหลังจากที่สร้างชิ้นงานเสร็จสิ้นแล้ว ดังนั้น ผู้วิจัยควรมีวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของการออกแบบการสร้างชิ้นงาน โดยการวาด ภาพและระบุส่วนประกอบต่าง ๆ ของชิ้นงานอย่างละเอียด

นอกจากนี้พบว่า มีผู้เรียนบางกลุ่ม มีวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสมกับ การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงาน วัสดุอุปกรณ์เหลือใช้จำนวนมาก เมื่อเข้าไปสอบถามอย่าง ไม่เป็นทางการถึงสาเหตุ ที่เตรียมอุปกรณ์มามากเกินความจำเป็นของผู้เรียนกลุ่มนี้ พบว่า ผู้เรียนคิด ว่า เตรียมมาเหลือดีกว่าขาด ดังนั้นผู้วิจัยควรเน้นและปลูกจิตสำนึกการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ให้ เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และข้อจำกัด ความคุ้มค่า คุ่มทุน แต่ได้ประสิทธิภาพ

3.2.4 ชั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยสังเกตพบว่ามีผู้เรียนบางกลุ่มที่ไม่ได้มีการวางแผนการ แก้ปัญหา หรือการสร้างชิ้นงาน และเมื่อเข้าไปสอบถามอย่างไม่เป็นทางการพบว่า ผู้เรียน ไม่อยาก เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากการเขียนลำดับขั้นตอน ในการแก้ปัญหา หรือการสร้างชิ้นงานนั้น ต้องเขียนอย่างละเอียดทำให้เสียเวลาในการสร้างชิ้นงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงควร อธิบายให้ผู้เรียนเห็นถึงความสำคัญของการวางแผน การแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานก่อนการลงมือ ปฏิบัติจริง

นอกจากนี้ ยังมีผู้เรียนบางกลุ่มที่เขียนลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา ไม่ละเอียด ดังนั้นผู้วิจัยควรมีวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการวางแผนการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานโดยการเขียนลำดับขั้นตอนการสร้างอย่างละเอียด และเน้นย้ำให้ผู้เรียนดำเนินการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานตามลำดับขั้นตอนที่ผู้เรียน ได้วางแผนไว้

3.2.5 ขั้นการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และผู้เรียนทุกคนมีความสนใจในการทดสอบชิ้นงานของกลุ่มตัวเองและเพื่อน

หลังจากที่ผู้เรียนได้นำผลการทดสอบ ชิ้นงาน แนะนำผลการทดสอบ ไปปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาชิ้นงานให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและตรงตามเงื่อนไขของปัญหา พบว่าผู้เรียนพูดถึงการนำความรู้เรื่อง อัตราส่วน ของส่วนผสม ในการทำไอศกรีม ประกอบกับการเลือกใช้ปริมาณเกลือมาใช้ในการปรับปรุงชิ้นงานด้วย สังเกตได้จากการตอบคำถามของผู้เรียน เมื่อผู้วิจัยเข้าไปสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ถึงวิธีการปรับปรุงชิ้นงาน ดังตัวอย่าง

... เราอาจจะต้องเพิ่มปริมาณน้ำตาลลงไปในส่วนผสมในการทำไอศกรีม เพราะเมื่อส่วนผสมในการทำไอศกรีมแข็งเป็นไอศกรีมแล้ว ทำให้รสชาติจืด ไม่เหมือนกับตอนที่ยังเป็นน้ำ และอาจจะต้องเพิ่มปริมาณเกลือลงในน้ำแข็ง เพื่อให้ส่วนผสมกลายเป็นไอศกรีมเร็วขึ้น

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 3, ผู้ให้สัมภาษณ์, 16 ธันวาคม 2564)

นอกจากนี้เมื่อให้ผู้เรียนเขียนระบุความรู้ที่ผู้เรียนนำไปใช้ในการบูรณาการในการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนสามารถระบุ ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ต้องใช้ความรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร และสารอาหาร ด้านคณิตศาสตร์ ต้องใช้ความรู้เรื่อง อัตราส่วน และด้านเทคโนโลยี ต้องใช้ความรู้ในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

3.2.6 ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังมีการนำเสนอผลการทำกิจกรรมด้วยวิธีการอ่านให้เคลื่อนกลุ่มอื่นฟัง แต่มีการแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามกับเพื่อนต่างกลุ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยควรให้ผู้เรียนหารูปแบบการนำเสนอผลลัพธ์หรือชิ้นงาน ให้มีความน่าสนใจมากขึ้น เช่น การนำเสนอโดยอธิบายจากชิ้นงานที่สร้างขึ้น

จากการสะท้อนความคิดของผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้พบว่า ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยขบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้ นั้น มีข้อจำกัดมากเกินไป ทำให้ส่งผลต่อการสร้างชิ้นงานอย่างสร้างสรรค์ ดังนั้นผู้วิจัย จึงควรเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานที่หลากหลายมากขึ้น

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สามารถสรุป ปัญหาและอุปสรรคที่พบได้เป็นประเด็นตามขั้นตอนดังนี้ 1) การระบุปัญหา พบว่า มีผู้เรียนบางส่วนไม่สนใจในการทำกิจกรรม 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า ผู้เรียนไม่ทราบว่าต้องสืบค้นหาข้อมูลจากแหล่งใด และยังไม่แสดงออกถึงการคิดหาวิธีการใหม่ ๆ 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนบางกลุ่มไม่มีการวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และบางกลุ่มยังใช้แนวคิดวิธีการแบบเดิม 4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนไม่เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานเป็นลำดับขั้นตอน 5) การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน พบว่า ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงาน และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาปรับปรุงชิ้นงานได้ 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พบว่า การนำเสนอของผู้เรียนยังขาดความน่าสนใจและความคิดสร้างสรรค์

4. ขั้นตอนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการสังเกตการณ์มาวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการวงจรต่อไป ซึ่งข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ คือ แบบสะท้อนความคิดของผู้วิจัยและของผู้ร่วมสังเกตการณ์ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงจรถัดไปให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นคือ ผู้วิจัยจะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้พยายามใช้ความคิดในการนำความรู้ จากหลายสาขาวิชาไปใช้ในการแก้ปัญหา และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดหาวิธีการแก้ปัญหาหรือเทคนิคแนวคิดใหม่ ๆ ในการสร้างชิ้นงาน

นอกจากนี้ผู้วิจัยควรหาแนวทางในการแก้ปัญหาและอุปสรรค ได้แก่ 1) การระบุปัญหา มีผู้เรียนบางส่วนไม่สนใจในการทำกิจกรรม ผู้วิจัยควรกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งใจทำกิจกรรม 2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ผู้เรียนไม่ทราบว่าต้องสืบค้นหาข้อมูลจากแหล่งใด และยังไม่แสดงออกถึงการคิดหาวิธีการใหม่ ๆ ผู้วิจัยยกตัวอย่างแหล่งการสืบค้นหาข้อมูล วิธีการเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการใหม่ ๆ อย่างสร้างสรรค์ 3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนบางกลุ่มไม่มีการวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และบางกลุ่มยังใช้แนวคิดวิธีการแบบเดิม ผู้วิจัยควรอธิบายให้ผู้เรียนทราบถึงความสำคัญและประโยชน์ของการวางแผนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้แนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายไม่ซ้ำเดิม 4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนไม่เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานเป็นลำดับ

ขั้นตอน ผู้วิจัยควรอธิบายถึงความสำคัญ และข้อดีของการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้าง
 ขึ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน 5) การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน ไม่
 เพราะปัญหาในขั้นตอนนี้ เนื่องจากผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงาน และนำผลที่ได้จากการทดสอบมาปรับ
 รุ้งชิ้นงานได้ 6) การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน การนำเสนอของผู้เรียนยัง
 ขาดความน่าสนใจและความคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยควรให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็นในรูปแบบที่มี
 ความน่าสนใจยิ่งขึ้น เช่นการนำเสนอโดยการอธิบายจากชิ้นงาน

**ตาราง 11 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการ
 ออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2**

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบเจอ	แนวทางการปรับปรุง
1. ขั้นระบุปัญหา	ไม่พบปัญหา	-
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง กับปัญหา	ผู้เรียนไม่ทราบว่าต้องสืบ ค้นหาข้อมูลจากแหล่งใด	ยกตัวอย่างแหล่ง การสืบค้นข้อมูล วิธีการเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ
3. ขั้นออกแบบวิธีการ แก้ปัญหา	ผู้เรียนไม่มีการวางแผน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	อธิบายให้ผู้เรียนทราบถึงความสำคัญ และประโยชน์ของการวางแผนออกแบบ วิธีการแก้ปัญหา
	ผู้เรียนใช้แนวคิดวิธีการ แบบเดิม	กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้แนวคิดวิธีการ แก้ปัญหาที่หลากหลายไม่ซ้ำเดิม
4. ขั้นวางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา	ผู้เรียนไม่เขียนขั้นตอนการ แก้ปัญหาหรือการสร้าง ชิ้นงานเป็นลำดับขั้นตอน	อธิบายถึงความสำคัญ และข้อดีของการ เขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้าง ชิ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน
5. ขั้นทดสอบ ประเมินผลและ ปรับปรุงแก้ไขวิธีการ หรือชิ้นงาน	ไม่พบปัญหา	-
6. ขั้นนำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	การนำเสนอของผู้เรียนยังขาด ความน่าสนใจและความคิด สร้างสรรค์	ควรให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็นใน รูปแบบที่มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น เช่นการ นำเสนอโดยการอธิบายจากชิ้นงาน

จากตาราง 11 คือ ตารางสรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ในแต่ละขั้นตอน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังค้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้เรื่องอัตราส่วนและมาตราส่วนเป็นหลักในการจัดกิจกรรม ควรมีการทบทวนความรู้ที่จำเป็นก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากผู้เรียนจะต้องนำความรู้ เรื่องการหาอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ของส่วนผสมต่าง ๆ ในการทำไอศกรีม รวมไปถึงสมบัติของสาร การเปลี่ยนสถานะของสารจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง และ คุณสมบัติของสารอาหาร เพื่อให้สามารถเลือกใช้ส่วนผสมต่าง ๆ ในการทำไอศกรีมได้อย่างเหมาะสมตรงตามเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

วงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน

จากผลการสะท้อนการทำกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทาง การปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินกิจกรรมดังต่อไปนี้

1. ขั้นการวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้นำผลการสะท้อนผลการปฏิบัติการในวงจรที่ 2 มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน เพื่อให้แผนการจัดการเรียนรู้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะเพิ่มการติดตามการทำกิจกรรมของผู้เรียนให้มากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้จากหลายสาขาวิชาไปใช้ให้เกิดผล และพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

1.1 ขั้นหาระบุปัญหา

ผู้วิจัยปรับสถานการณ์ให้น่าสนใจ หาวิธีการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่น่าสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม และจะคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งใจทำกิจกรรม

1.2 ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ผู้วิจัยจะช่วยยกตัวอย่างแหล่งสืบค้นข้อมูล วิธีการเลือกข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการใหม่ ๆ อย่างสร้างสรรค์

1.3 ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยอธิบายให้ผู้เรียนได้ทราบถึงความสำคัญและประโยชน์ของการวางแผน ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้แนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายไม่ซ้ำเดิม

1.4 **ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา**

ผู้วิจัยอธิบายถึงความสำคัญ และข้อดีของการเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน

1.5 **ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน**

ผู้วิจัยจะดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงานตามที่เคยได้ดำเนินกิจกรรม

1.6 **ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน**

ผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้นำเสนอความคิดเห็นในรูปแบบที่มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น เช่นการนำเสนอโดยการอธิบายจากชิ้นงาน

2. **ขั้นการปฏิบัติการ (Action) เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย**

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน เวลา 8 ชั่วโมง

2.1 **ขั้นการระบุปัญหา**

ผู้วิจัยเริ่มต้นกิจกรรมนำเสนอข่าวสถานการณ์ปัญหาการต่อสู้กับโรคระบาดโควิด 19 โดยใช้หลักการเศรษฐกิจพอเพียง เมื่อผู้เรียนดูจบให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงประเด็นเกี่ยวกับข่าว โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนช่วยกันคิด เช่น “ข่าวนี้เป็นข่าวเกี่ยวกับอะไร” “ผู้เรียนคิดว่าเศรษฐกิจพอเพียงช่วยให้ฝ่าวิกฤตโควิด 19 ได้อย่างไร” “ผู้เรียนมีจะนำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ได้อย่างไร” หลังจากนั้นผู้วิจัยแจกใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง อยู่อย่างพอเพียง ให้ผู้เรียนคนละ 1 ชุด และแจกเพิ่มให้แต่ละกลุ่มอีกกลุ่มละ 1 ชุด โดยใบกิจกรรมนี้จะมีสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง แล้วให้ผู้เรียนแต่ละคนทำความเข้าใจปัญหาและระบุปัญหาตามความเข้าใจของตนเองในใบกิจกรรมที่ 3 ของตนเอง หลังจากนั้นผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา โดยให้ผู้เรียนแต่ละคนแลกเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองให้เพื่อนภายในกลุ่มเกิดความเข้าใจปัญหาที่ตรงกัน เมื่อผู้เรียนแต่ละกลุ่มมีความเข้าใจปัญหาไปในทิศทางเดียวกัน ภายในกลุ่มแล้ว ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนระบุปัญหาลงในใบกิจกรรมที่ 3 ของกลุ่ม

2.2 **ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา**

ผู้เรียน แต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันหาแนวทางการแก้ปัญหา โดยสามารถหาได้จากการทำกิจกรรมย่อยที่ 3.1 เรื่อง มาตราส่วนขนานคิด และกิจกรรมย่อยที่ 3.2 เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยผู้วิจัยให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงสถานการณ์ปัญหากันภายในกลุ่มแล้วตอบคำถามในใบกิจกรรมและบันทึกสิ่งที่ค้นพบหรือความรู้จากกิจกรรมลงในใบกิจกรรมกลุ่ม

2.3 ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยอธิบายถึงเกณฑ์การให้คะแนนให้ผู้เรียนเข้าใจ และให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนการแก้ปัญหา ลงในใบกิจกรรมของกลุ่ม กิจกรรมย่อยที่ 3.3 โดยขั้นตอนการออกแบบในแต่ละขั้นตอนหรือการสร้างชิ้นงานนั้น ผู้เรียนจะต้องวาดแผนภาพและส่วนประกอบของชิ้นงานอย่างละเอียด โดยพิจารณาจากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้และเงื่อนไขของการสร้างชิ้นงาน รวมไปถึงต้องคำนึงความปลอดภัยในการใช้วัสดุอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน และบันทึกข้อควรระวังในการทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรม

2.4 ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ก่อนการลงมือสร้างชิ้นงาน ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงาน โดยผู้เรียนต้องกำหนดมาตราส่วน คำนวณหาขนาดของแบบจำลอง และระบุวัสดุที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ และเขียนขั้นตอนการสร้างชิ้นงานอย่างละเอียดลงในใบกิจกรรมแล้วจึงนำมาส่งให้ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้อง เมื่อผู้วิจัยได้ตรวจสอบแล้วผู้วิจัยจึงมอบวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานให้กับผู้เรียนไปดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ ดังภาพ

2.5 ขั้นการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

เมื่อผู้เรียนได้สร้างชิ้นงานแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนดแล้ว ให้ผู้เรียนนำชิ้นงานมาส่ง จากนั้นผู้วิจัยและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นต่อชิ้นงาน ตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างชิ้นงานตามเงื่อนไข ผู้เรียนจดบันทึกคะแนนที่ได้ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้วิจัยและเพื่อนที่แสดงต่อชิ้นงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม บันทึกปัญหาที่พบและแนวทางแก้ปัญหา จากนั้นนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบการนำเสนอผลงานการแก้ปัญหาของตนเองให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ และในการสร้างชิ้นงานของนั้นผู้เรียนใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมาช่วยในการสร้างชิ้นงานได้อย่างไร จากนั้นให้ผู้เรียนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนกลุ่มละประมาณ 3 – 5 นาที และตอบคำถามท้ายกิจกรรม

3. ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละและอัตราส่วน ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์จัดกิจกรรมการเรียนรู้บันทึกผลการสังเกตลงในแบบสะท้อนความคิด และเก็บรวบรวมใบกิจกรรมของผู้เรียนโดยมีประเด็นดังนี้

3.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์หรือไม่อย่างไร

ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เรียนเกิดการบูรณาการความรู้ได้หลากหลายวิชา สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ เนื่องจากผู้เรียนสามารถคำนวณหา มาตราส่วนของพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง และผู้เรียนสามารถนำความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ ในเรื่องของ วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย มาใช้ประกอบกับเรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน ในการแก้ปัญหา และผู้เรียนยังสามารถใช้เทคนิควิธีการ ความคิดสร้างสรรค์ ในการแก้ปัญหาหรือการสร้างชิ้นงาน และจากการสะท้อนความคิดของผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย มีการนำความรู้วิชาต่างๆที่มากกว่าวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละและอัตราส่วน มาใช้ประกอบการสอนสังเกตได้จากผู้เรียนมีความใช้ความรู้ เรื่องของการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายและนอกจากนี้ผู้วิจัยยังมีชี้แนะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเชิญวิทยากรผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญมาช่วยสอนผู้เรียนในการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผู้วิจัยสามารถถ่ายทอดความรู้ ในหลายสาขาวิชา ให้ผู้เรียนได้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

3.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ปัญหาและอุปสรรคจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

3.2.1 ชั้นการระบุปัญหา

หลังจากผู้วิจัยเริ่มทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในชั้นการระบุปัญหา พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่จะให้ความสนใจทำกิจกรรมและสามารถร่วมกันศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาร่วมกันได้อย่างตรงประเด็น เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ยอมรับและรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน และผู้เรียนสามารถร่วมกันระบุปัญหาได้ ดังบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ

- | | |
|-------------------|--|
| ผู้เรียนคนที่ 1 : | จากสถานการณ์ปัญหาเราต้องสร้าง
แบบจำลองเศษฐกิจพอเพียงขนาด
ไม่เกิน 30 × 40 เซนติเมตร |
| ผู้เรียนคนที่ 2 : | ใช่ แล้วต้องมีไฟส่องสว่างด้วย เราต้อง
ต่อวงจรไฟฟ้าด้วย |
| ผู้เรียนคนที่ 3 : | งั้นเราสร้างแบบจำลองขนาด 30 × 40
เซนติเมตร เลยไหม เราว่าขนาดกำลังดี |

ผู้เรียนคนที่ 1 : แล้วขนาดมันจะทำกับที่เขากำหนดไหม
 ผู้เรียนคนที่ 3 : อ้อ นี่ไง เขากำหนดมาตราส่วนมาให้
 ผู้เรียนคนที่ 2 : ใช่ เราต้องใช้มาตราส่วนหาขนาดของ
 แบบจำลองก่อน แล้วต้องไม่เกิน
 30 × 40 เซนติเมตร ด้วย

(ผู้เรียนกลุ่มที่ 6, เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้,

21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากตัวอย่างบทสนทนาอย่างไม่เป็นทางการ คือ การร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของผู้เรียน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ผู้เรียนแต่ละคนเสนอความคิดเห็นของตนเอง สมาชิกภายในกลุ่มรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนและร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาวิธีการแก้ปัญหา รวมไปถึงข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหานั้นจนสามารถร่วมกันระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง

3.2.2 ขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นของการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ผู้วิจัยจะนำผู้เรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 3.1 และกิจกรรมย่อยที่ 3.2 โดยในกิจกรรมย่อยที่ 3.2 นั้น เป็นกิจกรรมเกี่ยวกับการต่อวงจรไฟฟ้า ผู้วิจัยได้เชิญคุณครูผู้มีความรู้ความสามารถความเชี่ยวชาญในเรื่องของวงจรไฟฟ้ามาช่วยให้ความรู้กับผู้เรียน จากนั้นผู้เรียนบันทึกผลการทำกิจกรรม และข้อค้นพบจากการทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยแจกให้ นอกจากนี้ผู้เรียนยังมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่นำเชื่อถือ โดยผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างแหล่งข้อมูลในการสืบค้น ซึ่งผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลและหาข้อมูลที่นำเชื่อถือได้นำมาประกอบเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

เมื่อผู้วิจัยได้สัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ถึงการนำข้อค้นพบ จากการทำกิจกรรม และการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนแต่ละกลุ่ม สามารถนำข้อค้นพบ และข้อมูลที่สืบค้น มาใช้ในการแก้ปัญหา ได้ ดังตัวอย่างการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ

ผู้วิจัย : จากการทำกิจกรรมและการสืบค้นข้อมูล
 ผู้เรียนได้ทราบข้อมูลอะไรบ้าง ที่สามารถ
 นำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ ได้

ผู้เรียนคนที่ 1 : ได้รู้วิธีการคำนวณหา มาตราส่วน การหา
 ระยะทางจริงจากมาตราส่วนที่กำหนดให้ และ
 การคำนวณหาระยะทางในแผนที่

- ผู้วิจัย : แล้วผู้เรียนนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างไร
- ผู้เรียนคนที่ 1 : ก็เอามาใช้คำนวณหา ขนาดของแบบจำลอง โดย
ใช้มาตราส่วนที่เขากำหนดให้
- ผู้วิจัย : อืม แล้วมีข้อมูลอื่นอีกไหม
- ผู้เรียนคนที่ 2 : มีค่ะ วิธีการต่อวงจรไฟฟ้าค่ะ เอามาใช้ตอนเรา
ต่อวงจรไฟฟ้า ในแบบจำลองค่ะ
- ผู้วิจัย : แล้วมีข้อมูลที่ผู้เรียนไปหาเพิ่มมาใหม่ค่ะ
- ผู้เรียนคนที่ 3 : มีค่ะ หนูไปหาข้อมูลเกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียง
- ผู้วิจัย : หาข้อมูลเกี่ยวกับเศรษฐกิจพอเพียงมาทำไมคะ
- ผู้เรียนคนที่ 3 : ก็ดูว่าเศรษฐกิจพอเพียงมีอะไรบ้างจะได้แบ่ง
พื้นที่ในการสร้างแบบจำลอง
(ผู้เรียนกลุ่มที่ 5, เทปบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้,

22 กุมภาพันธ์ 2565)

แต่ผู้วิจัยต้องการทราบว่า ข้อมูลที่ผู้เรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลนั้นมีความ
น่าเชื่อถือหรือไม่ มีการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลใด ดังนั้นผู้วิจัยควรที่จะสอบถามผู้เรียน และตรวจสอบ
ความถูกต้องของข้อมูลที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ทำการสืบค้น

3.2.3 ขั้นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้น ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบาย
วัสดุอุปกรณ์ที่ภูมิใจได้จัดเตรียมให้ ให้ผู้เรียนได้ทราบ เงื่อนไขของแบบจำลองและเกณฑ์การให้
คะแนน จากนั้น ผู้เรียนร่วมกัน เมื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น นำเสนอความคิดของตนเอง และร่วมกัน
วิเคราะห์สรุปเป็นแนวคิดของกลุ่ม จากนั้นผู้เรียนจะวาดภาพการออกแบบแบบจำลองที่ติดตาม
แนวทางเศรษฐกิจพอเพียง และเขียนวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างละเอียด

3.2.4 ขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

เมื่อผู้เรียนได้ทำการวาดแผนภาพการออกแบบการสร้างแบบจำลอง การใช้
ที่ดินตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงเรียบร้อยแล้ว จะร่วมกันวางแผนโดยการเขียนลำดับขั้นตอนใน
การสร้างแบบจำลอง จากนั้นผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนนำการวาดภาพการออกแบบการสร้างแบบจำลอง และ
การวางแผนการดำเนินการของผู้เรียนมาส่งให้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้อง เมื่อผู้วิจัยได้ตรวจสอบ
แล้วจึงแจกวัสดุอุปกรณ์ให้ผู้เรียนไปดำเนินการตามแผนที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจากการตรวจสอบแล้ว
พบว่า ผู้เรียนทุกกลุ่มสามารถวาดแผนภาพการออกแบบการสร้างแบบจำลอง และเขียนลำดับขั้นตอน
ในการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง อาจจะมีบางกลุ่มที่ว่าแผนภาพการออกแบบและเขียนลำดับขั้นตอน

ไม่ชัดเจน ซึ่งผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำกับผู้เรียนเพิ่มเติมจนผู้เรียนสามารถวาดแผนภาพและเขียนระดับขั้นตอนการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง ดังภาพ 9



ภาพ 9 การสร้างแบบจำลองเศรษฐกิจพอเพียง

3.2.5 ขั้นการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และยิ่งไปกว่านั้น พบว่า ชิ้นงานของผู้เรียนไม่ซ้ำกันเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการใช้เทคนิควิธีการใหม่ ๆ การคิดสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน แต่มีผู้เรียนบางกลุ่ม ที่ชิ้นงานยังไม่เรียบร้อยเนื่องจากทำไม่ทัน และบางกลุ่มยังติดปัญหาในขั้นตอนการต่อวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถคำนวณหาขนาดของแบบจำลองโดยใช้มาตราส่วน ที่โจทย์กำหนดให้ หาขนาดของแบบจำลองได้ตรงตาม ขนาดของพื้นที่จริง และยังสามารถเลือกใช้รูปแบบการต่อวงจรไฟฟ้า วาดแผนภาพการต่อวงจรไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง จากการทดสอบและประเมินผล ผู้วิจัยได้ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มอภิปรายถึง ชิ้นงานของเพื่อนบอกข้อดีและขอปรับปรุงแก้ไขของชิ้นงาน เมื่อเรียนได้อภิปรายถึงชิ้นงานเรียบร้อยแล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะทำการจดบันทึกข้อเสนอแนะจากผู้วิจัยและเพื่อนภายในชั้นเรียนมาวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่มและสรุปเป็นข้อดีและขอปรับปรุงของชิ้นงานของตน

3.2.6 ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้เรียนทุกกลุ่มมีการนำเสนอผลการทำกิจกรรมที่มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ด้วยการนำชิ้นงานของกลุ่มตนเองมาใช้ประกอบในการนำเสนอและผู้ฟังตามความเข้าใจของผู้เรียนเอง โดยไม่ต้องอ่านจากใบกิจกรรม นอกจากนี้ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจกับเพื่อนได้อย่างสนุกสนาน

จากการสะท้อนความคิดของผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า ปัญหาและอุปสรรคที่พบเจอจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง

วิศวกรรม คือ อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานไม่เพียงพอ แต่เมื่อผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เข้าไปสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการผู้วิจัย พบว่า อุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานมีน้อย เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหาในการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่ง

4. ชั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากชั้นการสังเกตการณ์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ผล คือแบบสะท้อนความคิดของผู้วิจัยและของผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

ชั้นการระบุปัญหา พบว่า ผู้เรียนสามารถร่วมกันศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา ร่วมกันได้อย่างตรงประเด็นและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสามารถระบุปัญหาได้ สำหรับการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พบว่า ผู้เรียนมีการ นำข้อมูล มาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ สามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่สิ่งที่ควรปรับปรุงคือ ผู้วิจัยควรมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือว่าข้อมูลที่ผู้เรียนได้สืบค้นนั้นมาจากแหล่งข้อมูลใด สำหรับการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถวางแผนภาพการออกแบบ ชิ้นงานได้อย่างถูกต้อง และสามารถลงรายละเอียดถึงวัสดุที่ใช้ ในการสร้างชิ้นงานลงในแผนภาพการออกแบบชิ้นงานได้ สำหรับการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนสามารถ เขียนลำดับขั้นตอนการดำเนินการ การสร้างชิ้นงาน ได้อย่างถูกต้อง สามารถสร้างชิ้นงานภายใต้ข้อจำกัดของวัสดุอุปกรณ์ และสามารถสร้างชิ้นงานได้เสร็จทันตามเวลาที่กำหนด สำหรับการทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน พบว่า ผู้เรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด และสำหรับการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน พบว่า ผู้เรียนสามารถนำเสนอผลการทำกิจกรรมได้น่าสนใจด้วยการนำชิ้นงานของกลุ่มตนเองมาใช้ประกอบในการนำเสนอ และพบว่า ผู้เรียนสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน ได้

ตาราง 12 สรุปแนวทาง การกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบเจอ	แนวทางการปรับปรุง
ชั้นระบุปัญหา	ไม่พบปัญหา	ไม่พบปัญหา
ชั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	ผู้วิจัยต้องการทราบว่า ข้อมูลที่ผู้เรียนได้ทำการสืบค้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่	ตรวจสอบถามผู้เรียน และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้ทำการสืบค้น
ชั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ไม่พบปัญหา	ไม่พบปัญหา

ขั้นตอนที่	ประเด็นที่พบเจอ	แนวทางการปรับปรุง
ขั้นวางแผนและ ดำเนินการแก้ปัญหา	ไม่พบปัญหา	ไม่พบปัญหา
ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการหรือชิ้นงาน	ไม่พบปัญหา	ไม่พบปัญหา
ขั้นนำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการ แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	ไม่พบปัญหา	ไม่พบปัญหา

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวทางของ สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน และเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ใบกิจกรรม แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบประเมินชิ้นงาน โดยระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริง หลังจากที่ได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบ 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งการวิเคราะห์ผลดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ
2. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน
3. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน

1. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ

หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ในสถานการณ์ปัญหา “แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ” ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 1

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (วงจรปฏิบัติการที่ 1)	จำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบ (ร้อยละ)			
	แบบ A	แบบ B	แบบ C	แบบ D
1. การคิดสร้างสรรค์	1 (14.29)	6 (85.71)	0 (00.00)	0 (00.00)
2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	2 (28.57)	5 (71.43)	0 (00.00)	0 (00.00)
3. การสร้างนวัตกรรม	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (00.00)	0 (00.00)

หมายเหตุ

ระดับคุณภาพด้านการคิดสร้างสรรค์

แบบ A หมายถึง สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง
2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้ครบทั้ง 3 ข้อ

แบบ B หมายถึง สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง
2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

ที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 2 ข้อ

แบบ C หมายถึง สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง
2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 1 ข้อ

แบบ D หมายถึง ไม่สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง
2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้

ระดับคุณภาพด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

แบบ A หมายถึง สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ

แบบ B หมายถึง สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ เพียง 2 – 3 ข้อ

แบบ C หมายถึง สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้า

แสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ เพียง 1 ข้อ แบบ D หมายถึง ไม่สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้

ระดับคุณภาพด้านการสร้างนวัตกรรม

แบบ A หมายถึง สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้

แบบ B หมายถึง ไม่สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้

แบบ C หมายถึง ไม่เกิดแนวคิดที่สามารถนำมาสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้

จากข้อมูลในตาราง 13 เมื่อพิจารณาการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า ด้านการคิดสร้างสรรค์ จำนวนกลุ่มผู้เรียนที่สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้ครบทั้ง 3 ข้อ แบบ A จำนวน 1 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 14.29 และจำนวนกลุ่มผู้เรียนที่สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 2 ข้อ แบบ B ผู้เรียนส่วนใหญ่ จำนวน 6 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 85.71 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4)

สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ จำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 เกิดการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แบบ B นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้เพียง 2 - 3 ข้อ ผู้เรียนส่วนใหญ่จำนวน 5 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71.43 และด้านการสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนส่วนใหญ่ แบบ A จำนวน 5 กลุ่ม นั่นคือ สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างขึ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 71.43 และ แบบ B จำนวน 2 กลุ่ม นั่นคือ ไม่สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างขึ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 28.57

2. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน

หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน วงจรปฏิบัติการที่ 2 ในสถานการณ์ปัญหา “ไอศกรีมเพื่อสุขภาพ” ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มผู้เรียนตามการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากใบกิจกรรม ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบในวงจรปฏิบัติการที่ 2

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (วงจรปฏิบัติการที่ 1)	จำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามความริเริ่มสร้างสรรค์และ นวัตกรรมแต่ละแบบ (ร้อยละ)			
	แบบ A	แบบ B	แบบ C	แบบ D
1. การคิดสร้างสรรค์	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (00.00)	0 (00.00)
2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (00.00)	0 (00.00)
3. การสร้างนวัตกรรม	7 (100.00)	0 (00.00)	0 (00.00)	0 (00.00)

จากข้อมูลในตาราง 14 เมื่อพิจารณาการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า ด้านการคิดสร้างสรรค์ จำนวนกลุ่มผู้เรียนที่สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้ครบทั้ง 3 ข้อ ผู้เรียนส่วนใหญ่ แบบ A จำนวน 5 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71.43 และจำนวนกลุ่มผู้เรียนที่สามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 2 ข้อ แบบ B จำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนส่วนใหญ่ แบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ จำนวน 5 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 71.43 เกิดการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แบบ B นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้เพียง 2 - 3 ข้อ จำนวน 2 กลุ่ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57 และด้านการสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนทุกกลุ่มแบบ A นั่นคือ สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างขึ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 100.00

3. ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน

หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน วงจรปฏิบัติการที่ 3 ในสถานการณ์ปัญหา “อยู่อย่างพอเพียง” ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบประเมินชิ้นงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มผู้เรียนตามการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากใบกิจกรรม ดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงจำนวนกลุ่มผู้เรียนตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบในวงจรปฏิบัติการณ์ที่ 3

การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (วงจรปฏิบัติการณ์ที่ 1)	จำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามความริเริ่มสร้างสรรค์และ นวัตกรรมแต่ละแบบ (ร้อยละ)			
	แบบ A	แบบ B	แบบ C	แบบ D
1. การคิดสร้างสรรค์	7 (100.00)	0 (00.00)	0 (00.00)	0 (00.00)
2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์	7 (100.00)	0 (00.00)	0 (00.00)	0 (00.00)
3. การสร้างนวัตกรรม	5 (71.43)	2 (28.57)	0 (00.00)	0 (00.00)

จากข้อมูลในตาราง 15 เมื่อพิจารณาการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า ด้านการคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนทุกกลุ่ม แบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้ครบทั้ง 3 ข้อ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100.00 ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนทุกกลุ่ม แบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณ์ญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100.00 และด้านการสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนส่วนใหญ่ จำนวน 5 กลุ่ม แบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ คิดเป็นร้อยละ 71.43 การสร้างนวัตกรรม แบบ B จำนวน 2 กลุ่ม นั่นคือ ผู้เรียนไม่สามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.57

ตาราง 16 อัตราส่วน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการ
ออกแบบเชิงวิศวกรรม ทั้ง 3 สถานการณ์

ระดับ คะแนน	จำนวนกลุ่มผู้เรียนจำแนกตามความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละแบบ (ร้อยละ)											
	แบบ A			แบบ B			แบบ C			แบบ D		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
1. การคิด สร้างสรรค์	1(14.29)	5(71.43)	7(100.00)	6(85.71)	2(28.57)	-	-	-	-	-	-	-
2. การ ทำงาน ร่วมกับ ผู้อื่นอย่าง สร้างสรรค์	2(28.57)	5(71.43)	7(100.00)	5(71.43)	2(28.57)	-	-	-	-	-	-	-
3. การสร้าง นวัตกรรม	5(71.43)	7(100.00)	5(71.43)	2(28.57)	-	2(28.57)	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : S1 หมายถึง สถานการณ์ที่ 1 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1
S2 หมายถึง สถานการณ์ที่ 2 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2
S3 หมายถึง สถานการณ์ที่ 3 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากตาราง 16 จะเห็นว่า การคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถแบบ B นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 2 ข้อ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์จะเห็นได้ว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถแบบ A และ B นั่นคือ ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ หรือ 2 – 3 ข้อ ด้านการสร้างนวัตกรรม จะเห็นว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงความสามารถแบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยเชิงปฏิบัติการผลการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีต่อการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน และเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วนเมื่อได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา จากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการสำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 35 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานีดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละและอัตราส่วน จำนวน 8 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 อัตราส่วนและมาตราส่วน จำนวน 5 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วนและมาตราส่วน จำนวน 8 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 21 ชั่วโมง โดยมีเครื่องมือในการวิจัยดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีผลการวิจัยดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วนขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ผู้สอนเริ่มจากการใช้วิดีโอ ภาพ ข่าว นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อท้าทายความคิดของผู้เรียน และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนโดยกล่าวถึงสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง หรือเป็นสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคย สถานการณ์ปัญหานั้นต้องมีความชัดเจน มีความน่าสนใจ และให้ระบุประเด็น

ปัญหาออกมาสำเร็จ อาจมีการแยกเงื่อนไขของจากปัญหาเพื่อให้ผู้เรียนไม่เกิดความสับสน ซึ่งสถานการณ์ปัญหาที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมานั้นจะเป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ เรื่องการคำนวณหาร้อยละและอัตราส่วน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาใช้ในการสถานการณ์ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นผู้สอนควรสร้างสถานการณ์ปัญหาให้มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ เรื่องการคำนวณหาร้อยละและอัตราส่วน วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งสถานการณ์ปัญหาควรมีความชัดเจนในเรื่องของปัญหา และเงื่อนไข เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจถึงกระบวนการในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และควรให้ผู้เรียนได้ศึกษา ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาเป็นรายบุคคลก่อน เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละคนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง แล้วไปแลกเปลี่ยนความรู้หรือแนวคิดของตนเองกับเพื่อนในกลุ่มได้รับฟังกัน เพื่อนำไปสู่การสรุปการระบุปัญหาของสถานการณ์ ซึ่งขั้นนี้จะนำไปสู่การพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการคิดสร้างสรรค์และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ได้

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาแก่ผู้เรียนด้วยตัวเองหรือเชิญผู้มีความรู้ความชำนาญในเรื่องนั้นมาช่วยเป็นผู้ให้ความรู้กับผู้เรียน และให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาว่าใช้ความรู้วิชาใด เรื่องใด มาช่วยในแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทั้งนี้ผู้สอนอาจมีใบความรู้หรือใบกิจกรรมให้กับผู้เรียน เพื่อบันทึกข้อค้นพบที่ได้จากการทำกิจกรรมและบันทึกผลสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมโดยต้องให้ความสำคัญของแหล่งที่มาของข้อมูลที่นำเชื่อถือ จากนั้นให้ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาแลกเปลี่ยนกัน ว่ามีความเหมือน หรือแตกต่างกันอย่างไร แนวทางการแก้ปัญหาอยู่ในทิศทางเดียวกันหรือไม่ แล้วสรุปเป็นความคิดรวบยอดของกลุ่ม แล้วพิจารณาถึงความเป็นไปได้ สำหรับแก้ไขสถานการณ์ปัญหา ผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูล หาแนวทางการแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี และให้วิเคราะห์ถึงข้อดีข้อเสียของวิธีการแก้ปัญหานั้น รวมไปถึงความเป็นไปได้ของการใช้วิธีการในการแก้ปัญหา แล้วบันทึกความรู้ที่ใช้ในการแก้ปัญหาลงในใบกิจกรรม ในระหว่างที่ผู้เรียนกำลังทำกิจกรรม ผู้สอนอาจกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดกระบวนการคิดเพื่อขึ้นไปในการแก้ปัญหา เช่น การใช้คำถาม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนทำหน้าที่ของตนเองและไม่คุยเล่นกันในระหว่างการทำกิจกรรมและยังช่วยพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ด้วย

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้สอนให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาจากแนวคิด ความรู้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมาจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้เขียนลงในใบกิจกรรม นำข้อมูลเหล่านั้นมาบูรณาการกัน เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยผู้สอนควรเน้นย้ำเรื่องของการวาดแผนภาพ การสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหานั้น โดยต้องระบุส่วนประกอบ วัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานอย่าง

ละเอียด เพื่อวางแผนการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการสร้างชิ้นงานได้อย่างคุ้มค่า อีกทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียน
 แบ่งหน้าที่ในการดำเนินการให้เป็นระเบียบ เพื่อจะได้ไม่มีผู้เรียนที่ไม่มีหน้าที่ ซึ่งขั้นนี้จะช่วยพัฒนา
 ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ได้

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้สอนควรให้ผู้เรียนช่วยกันวางแผนดำเนินการ โดยเน้นย้ำให้เขียนลำดับขั้นตอนการ
 ทำงานต่าง ๆ ตามลำดับและดำเนินการแก้ไขปัญหาสถานการณ์ดังกล่าวตามลำดับขั้นตอนที่ได้
 วางแผนไว้ โดยอธิบายถึงความสำคัญ ข้อดีของการเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาย่างละเอียด
 ซึ่งในความเป็นจริงแล้วผู้เรียนอาจจะทำขั้นที่ 4 ก่อนขั้นที่ 3 ก็สามารทำได้ เนื่องจากว่า การ
 ออกแบบก่อน แล้วดำเนินการสร้างนวัตกรรมหรือแก้ปัญหานั้นอาจใช้เวลานานกว่าสร้าง
 นวัตกรรมหรือดำเนินการแก้ปัญหาคิดไว้ แล้วค่อยกลับไปเขียนการออกแบบทีหลัง หรือจะ
 ออกแบบคร่าวๆ แล้วดำเนินการแก้ปัญหาก็เสร็จสิ้น จึงกลับไปเขียนแบบที่ชัดเจนถูกต้อง ซึ่งขั้นนี้จะ
 นำไปสู่การพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการสร้างนวัตกรรมได้

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้สอนควรให้ผู้เรียนได้ทดสอบผลงานของตนเองว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ หาก
 สถานการณ์ปัญหาใดใดที่ไม่มีการสร้างชิ้นงาน ให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาแทน ถ้าผู้เรียน
 ได้ทดสอบผลงานเสร็จสิ้นแล้ว ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนผู้เรียนในชั้นเรียน ได้
 ร่วมกันแสดงความคิดเห็น เสนอแนะความคิดเห็นต่าง ๆ ข้อดี ข้อเสีย แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน แล้วให้
 กลุ่มผู้เรียนที่ออกมาทดสอบผลงานกลับไปปรับปรุงผลงานอีกครั้งตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนออกมานำเสนอแนวคิดหรือความรู้ในการแก้ปัญหา รวมไปถึงแนวคิด
 ในการปรับปรุงและผลที่ได้จากการปรับปรุง โดยการใช้คำถามเพื่อช่วยให้ผู้เรียนคิด กล่าวตอบ และ
 ยกตัวอย่างวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้เลือกใช้วิธีการนำเสนอที่น่าสนใจนำเสนอผลงาน นอกจากนี้
 ผู้สอนควรให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงการนำความรู้ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน วิเคราะห์เพื่อถอด
 ความรู้ที่เกี่ยวข้องตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ
 วิศวกรรมศาสตร์ โดยวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจ อาจมีสื่อหรือไม่ก็ได้ขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละ
 กลุ่ม ซึ่งขั้นนี้จะสามารถเห็นภาพรวมทั้งหมดของกระบวนการในการแก้ปัญหาดังกล่าว ของแต่ละกลุ่ม
 พัฒนาทักษะการนำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับ
 ข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

จากผลการวิจัยสามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย
 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์
 และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน ดังตารางที่ 17

ตาราง 17 ตารางแสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ตามบทบาทของผู้สอนและผู้เรียน

ขั้นตอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์จนสามารถระบุปัญหาได้ครบถ้วน	ทำความเข้าใจในสถานการณ์ปัญหา วิเคราะห์ปัญหา และระบุปัญหาจากสถานการณ์
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	ให้ข้อมูลที่จำเป็นในการนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหา และบอกแหล่งข้อมูลในการสืบค้น และใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ ใช้ตอบปัญหาใดในขั้นที่ 1	รวบรวมข้อมูลที่ได้จากผู้สอนและการสืบค้น วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ และใช้ข้อมูลตอบปัญหาที่ระบุไว้ในขั้นที่ 1
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	ตรวจสอบการวาดแผนภาพการสร้างชิ้นงานหรือการแก้ปัญหา นั้น โดยต้องระบุส่วนประกอบวัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานอย่างละเอียดก่อนมอบอุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานให้กับผู้เรียน	วาดภาพการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา ระบุส่วนประกอบและวัสดุที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานอย่างละเอียด
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ตรวจสอบการเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ตามลำดับและเน้นย้ำให้ผู้เรียนดำเนินการแก้ไขปัญหตามลำดับขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ โดยอธิบายถึงความสำคัญข้อดีของการเขียนลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา	เขียนลำดับขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ตามลำดับและดำเนินการแก้ไขปัญหตามลำดับขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการ	ให้ผู้เรียนทดสอบชิ้นงานตามเงื่อนไขของสถานการณ์ เปิด	นำชิ้นงานมาทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด และบันทึกผลการ

ขั้นตอน	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	โอกาสให้ ผู้เชี่ยวชาญ และ เพื่อนผู้เรียนในชั้นเรียน ได้ ร่วมกันแสดงความคิดเห็น เสนอแนะความคิดเห็นต่าง ๆ ข้อดี ข้อเสีย และข้อควร ปรับปรุง เพื่อเป็นแนวทางให้ ผู้เรียนนำไปปรับปรุงชิ้นงาน	ทดสอบ ข้อดี ข้อเสีย และข้อควรปรับปรุง
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน	ให้ผู้เรียนออกมานำเสนอ แนวคิดหรือความรู้ในการ แก้ปัญหา รวมไปถึงแนวคิดใน การปรับปรุงและผลที่ได้จาก การปรับปรุง โดยการใช้คำถาม สั้น ๆ ให้ผู้เรียนตอบ เพื่อช่วย ให้ผู้เรียนคิด กล้าตอบ และ ยกตัวอย่างวิธีการนำเสนอที่ น่าสนใจให้ผู้เรียนได้เลือกใช้ วิธีการนำเสนอนั้นนำเสนอ ชิ้นงาน	เลือกวิธีการ และนำเสนอ แนวคิดหรือความรู้ในการ แก้ปัญหา รวมไปถึงแนวคิดใน การปรับปรุงชิ้นงาน และผล จากการปรับปรุงชิ้นงาน

2. ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ผลการศึกษาการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การคิดสร้างสรรค์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสังเกต พฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดสร้างสรรค์ได้ ซึ่งผู้เรียนสามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ผู้เรียนส่วนใหญ่ อยู่ในกลุ่มแบบ B นั่นคือ สามารถปฏิบัติได้เพียง 2 ข้อ ซึ่งความสามารถที่ผู้เรียนยังขาดอยู่คือแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้เรียนหาวิธีการแก้ปัญหามิได้เวลาที่จำกัด ผู้เรียนมีเวลาการรวบรวมข้อมูลน้อยเกินไป รวมไปถึงทักษะการคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการพัฒนาค่อนข้างนาน

2.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดสร้างสรรค์ได้ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทั้ง แบบ A และ แบบ B นั่นคือผู้เรียนสามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกริธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ ครบทั้ง 4 ข้อ หรือ 2 – 3 ข้อ ทักษะด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ต้องใช้การสื่อสาร การมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่ม ซึ่งรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมกลุ่มซึ่งทำให้ผู้เรียนได้ฝึกใช้ทักษะด้านการสื่อสาร ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

2.3 การสร้างนวัตกรรม

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากใบกิจกรรม แบบประเมินชิ้นงาน และแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดสร้างสรรค์ได้ ผู้เรียนส่วนใหญ่ มีทักษะการสร้างนวัตกรรมในรูปแบบ A นั่นคือผู้เรียนสามารถสามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา มีขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการ

สร้างชิ้นงานจนสามารถคิดค้นนวัตกรรมหรือสร้างเป็นชิ้นงานได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และ นวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง ร้อยละอัตราส่วน ที่
พัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ด้วย
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน สอดคล้องกับ กำจร คงอรุณ (2559) ที่กล่าวว่า สะเต็ม
ศึกษา คือ การจัดการเรียนแบบบูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี
คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ โดยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้บูรณาการเพื่อแก้ปัญหาใน
ชีวิตจริง สอดคล้องกับ จินตรา พลสุธรรม (2559) กล่าวว่า สะเต็มศึกษาคือการจัดการเรียนรู้ที่บูรณา
การศาสตร์ทั้ง 4 ศาสตร์ไว้ด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และ
คณิตศาสตร์ (M) โดยนำธรรมชาติและจุดเด่นของแต่ละศาสตร์มารวมกันเพื่อจัดกิจกรรมให้เด็กได้
เรียนรู้และพัฒนากระบวนการหรือผลิตสิ่งใหม่ ตลอดจนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในการดำรงชีวิตได้
อย่างมีคุณภาพ โดยแต่ละขั้นตอนมีแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยการใช้วิดีโอ ภาพ หรือสถานการณ์ปัญหาที่
น่าสนใจ ทำทลายความคิดของผู้เรียน ซึ่งสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นเกี่ยวข้องกับวิชาคณิตศาสตร์
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยอาศัยความรู้เหล่านี้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม เช่น
กิจกรรม “แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ” ผู้วิจัยได้สร้างสถานการณ์ขึ้นมาว่า “จากสถานการณ์การแพร่
ระบาดของโรคติดเชื้อโคโรน่า (โควิด 19) ทำให้เกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ เช่น คนว่างงาน ปัญหา
เศรษฐกิจ การขาดแคลนอาหาร มาวินเป็นหนึ่งในผู้ที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์นี้ เนื่องจากต้อง
ปิดร้านไอศกรีมที่เป็นรายได้หลักของครอบครัว ถึงแม้ว่ามาวินจะปรับตัวโดยการขายผ่านช่องทาง
ออนไลน์ แต่รายได้ก็ไม่เพียงพอ มาวินจึงเกิดความคิดอยากสร้างรายได้ใช้อื่นเพิ่มเติม จึงสืบค้น
ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตและพบว่าการเพาะถั่วงอกปลอดสารเป็นทางเลือกที่ดี เพราะถั่วงอกเป็นพืชโต
เร็ว ใช้เวลาเพียง 3 วัน ก็สามารถเก็บขายได้ในราคา กิโลกรัมละ 20 บาท นอกจากนี้ยังสามารถเก็บไว้
รับประทานเองได้ด้วย ซึ่งจากข้อมูล ถั่วงอก 100 กรัม สามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้ 500 กรัม ซึ่ง
ปัจจัยหลักในการเติบโตของถั่วงอกคือการให้น้ำ แต่มาวินไม่มีเวลารดน้ำ เพราะต้องออกไปทำงานที่
ร้านไอศกรีม มาวินจึงอยากได้แปลงเพาะถั่วงอกที่สามารถรดน้ำได้เองอัตโนมัติ โดยต้องการเพาะ

ถั่งออกในครั้งแรกให้ได้อย่างน้อย 1 กิโลกรัม แต่ต้องลงทุนน้อยที่สุด ถ้าผู้เรียนเป็นมาวิน ผู้เรียนจะทำอย่างไร” ซึ่งในกิจกรรมนี้จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การหาร้อยละ วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงแม่เหล็ก และปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และ วิชาการงานอาชีพและเทคโนโลยี เรื่อง การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตจริง มีความน่าสนใจ และต้องใช้ความรู้วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการงานอาชีพและเทคโนโลยีมาช่วยกันแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น เป็นการบูรณาการความรู้จากหลายวิชาเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับ สสวท. (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต และยังสอดคล้องกับ ชลาธิป สมานทิโต (2558) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระโดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญ และจำเป็นต่อการดำรงชีวิตโดยจะเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดตั้งคำถามแก้ปัญหาพัฒนาทักษะการสืบค้นข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆโดยประเด็นสำคัญหลักคือเน้นที่จะให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาสำคัญ ๆ ในชีวิตจริง และยังสอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2562, หน้า 125-133) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในโรงเรียน ว่าเป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมแห่งการเปลี่ยนแปลง เช่นทักษะการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นรวมถึงการสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรม ที่เกิดจากการบูรณาการความรู้ในสาขาวิชาต่าง ๆ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้สอนสามารถเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้หลากหลายตามสภาพแวดล้อมหรือบริบทของโรงเรียน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยเป็นผู้ให้ความรู้กับผู้เรียน นอกจากนี้ยังให้ผู้เรียนร่วมกันศึกษาหาข้อมูลความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแนวทางในการแก้ปัญหา เมื่อผู้เรียนร่วมกันหาข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูล ร่วมกันแสดงความคิดเห็นของตนเองและเพื่อนในกลุ่มจนเกิดข้อสรุป แล้วเขียนข้อมูลความรู้แนวทางการแก้ปัญหาจากวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ลงในใบกิจกรรม โดยที่ผู้วิจัยเป็นผู้คอยกระตุ้นผู้เรียนในการทำกิจกรรมและอำนวยความสะดวกในเรื่องต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอ้อม (2562, หน้า 125-133) ได้เสนอหลักสำคัญว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดค้นคว้าหาเหตุผลด้วยตนเอง สามารถนำองค์ความรู้ที่นำมาแก้ปัญหาจากการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำงานออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือออกแบบชิ้นงานให้ชัดเจนโดยคำนึงถึงปัญหาและเงื่อนไขของสถานการณ์ ซึ่งนำความรู้ที่จากขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้ง วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี บูรณาการเพื่อร่วมกันแก้ปัญหา โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยต้องเตรียมอุปกรณ์ให้กับผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้มีความเพียงพอเพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลา เพราะถ้าผู้เรียนไม่มีอุปกรณ์ในการทำกิจกรรมจะทำให้ผู้เรียนว่าง และคุยกันในคาบเรียน เตรียมความพร้อมในด้านของเนื้อหาให้เป็นอย่างดีเพื่อที่จะสามารถให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่อกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ อีกทั้งต้องมีการกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน ตรงต่อเวลา ซึ่งสอดคล้องกับ Roberts (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 104-109) ได้ทำการศึกษา แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักศึกษามากมายจนได้แนววิธีการออกแบบหน่วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาว่า ในการวางแผนการทำงาน ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนาผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ในขั้นนี้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยเขียนลำดับขั้นตอนการทำงานตั้งแต่ศึกษาปัญหาจนกระทั่งผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาคือ แล้วดำเนินการแก้ไขปัญหสถานการณ์นั้น ๆ ตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ออกแบบไว้จากขั้นที่ 3 อย่างละเอียด ซึ่งอาจมีผู้เรียนบางกลุ่ม ที่ทำขั้นที่ 4 ก่อนหรือทำขั้นที่ 4 แล้วกลับไปแก้ไขในขั้นที่ 3 ดังนั้นในขั้นนี้ผู้วิจัยจะคอยให้คำแนะนำผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ทั้งในเรื่องการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ การให้ความรู้ในขณะที่ผู้เรียนกำลังดำเนินการแก้ไขปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนได้ดำเนินการอย่างราบรื่นหาวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานจนสำเร็จ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกมาทดสอบชิ้นงานของตนเอง พร้อมบอกถึงวิธีการและกระบวนการในการแก้ปัญหาตามสถานการณ์นั้น โดยมีผู้วิจัย ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนผู้เรียนคอยรับฟัง แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะจนครบทุกกลุ่ม หลังจากนั้นผู้เรียนแต่ละกลุ่มปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานของตนเองอีกครั้งตามข้อเสนอที่ได้แล้วเตรียมนำเสนอในขั้นที่ 6 โดยผู้วิจัยควรมีการตั้งคำถามให้กับผู้เรียนแต่ละกลุ่ม เพื่อกระตุ้นความคิดผู้เรียนให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ เพื่อสะท้อนความคิดของผู้เรียนออกมา ซึ่งสอดคล้องกับ Roberts (2013 อ้างอิงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2557, หน้า 104-109) ผู้สอนจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานการออกแบบหน้าชั้นเรียน จากนั้น กระตุ้นให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ ตั้งคำถามและให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับ

ผลงานนั้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องบันทึก ข้อเสนอแนะของผู้สอนและเพื่อนผู้เรียนไว้เพื่อการปรับปรุงแก้ไข ผลงาน ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้ฝึกการคิดวิจารณ์งานควบคู่ไปด้วย

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ในขั้นนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผลการพัฒนา ชิ้นงานที่ได้ไปปรับปรุงจากคำแนะนำในขั้นที่ 5 อธิบายถึงกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ความรู้วิชา ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทั้งวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ผ่านกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่รับฟัง และสามารถพัฒนาความคิดต่อยอดไปได้ โดยผู้วิจัยคอยให้ คำแนะนำ และประเด็นเพิ่มเติมที่ผู้เรียนยังอธิบายไม่ครบถ้วนหรืออธิบายคลาดเคลื่อน ซึ่งสอดคล้อง กับ ศูนย์สะสมเต็มศึกษาแห่งชาติ (2559, หน้า 16-17) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุงทดสอบและ ประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอ ผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

2. ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ผลการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้วิเคราะห์จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 3 ชนิด ผู้วิจัยได้ อภิปรายผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำแนกตามทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังนี้

ด้านการคิดสร้างสรรค์ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้าน การคิดสร้างสรรค์อยู่ในแบบ B นั่นคือ ผู้เรียนสามารถ 1) บอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ 3) วิเคราะห์ผลดีผลเสียของ แนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการพัฒนาชิ้นงาน ได้เพียง 2 ข้อ ซึ่งข้อ 2) มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้ เป็นข้อที่ผู้เรียนแสดงพฤติกรรม ออกมาได้น้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะสมเต็มศึกษาเป็นการจัด กิจกรรมที่ผ่านกระบวนการวิศวกรรมโดยมีการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งผู้เรียนอาจ ได้รับข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหมือนกันหรือผู้เรียนมีการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเดียวกัน ทำให้ แนวคิดในการแก้ปัญหาของผู้เรียนเหมือนกัน สอดคล้องกับ Puji , Sarwi and Sri (2018) ได้ศึกษา รูปแบบการเรียนรู้สะสมเต็มศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐานเพื่อเพิ่มกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะ การคิดสร้างสรรค์ สำหรับผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาถึงผลที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้

โครงการเป็นฐานที่มีผลต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน พบว่าสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการคิดสร้างสรรค์ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้อธิบายถึงผลการวิจัยว่า การพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์นั้น รูปแบบการจัดการเรียนรู้ต้องมีความเหมาะสมกับผู้เรียน นอกจากนี้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานซึ่งเวลาในการทำกิจกรรมในครั้งนี้อาจไม่เพียงพอสำหรับผู้เรียนเพราะผู้วิจัยต้องใช้เวลาเป็นข้อจำกัดในการแก้ปัญหาด้วย สอดคล้องกับ Tantri , Asep , Dadi and Ida (2016) ได้ทำการสำรวจความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนโดยบูรณาการความรู้ของสะเต็มศึกษากับการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการสร้างผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์โดยการบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษา และผู้เรียนยังแสดงออกถึงความสนใจกิจกรรมการสร้างผลิตภัณฑ์ผ่านการบูรณาการสะเต็มศึกษา ถึงแม้ว่าสะเต็มศึกษาจะมีจุดคือส่งผลกระทบต่อความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนแล้ว สะเต็มศึกษาก็ยังมีจุดอ่อนอยู่คือใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างนานและมีค่าใช้จ่ายในการทำกิจกรรมสูง

ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ในแบบ A และ B นั่นคือ ผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถ 1) สามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้ 2) แสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณ์ญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง 3) เลือกรูปแบบนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) สามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้ จำนวนกลุ่มที่แสดงพฤติกรรมครบทั้ง 4 ข้อ หรือ 2 - 3 ข้อ มีจำนวนเท่ากัน อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมกลุ่ม ต้องมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้การจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นมีขั้นตอนของการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งต้องใช้ทักษะการสื่อสารจึงทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ Baran (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจะเน้นไปที่การออกแบบการฝึกสะเต็มและสะเต็มหลังเลิกเรียนเพื่อเพิ่มความสนใจและทัศนคติของผู้เรียนและพัฒนาแบบสำรวจเพื่อวัดทัศนคติที่มีต่อสะเต็ม การกำหนดเป้าหมายและเนื้อหาจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนคือ การออกแบบตามความสนใจและประสบการณ์ของผู้เรียน และการมีส่วนร่วมในการปฏิบัติของสะเต็ม พบว่าโปรแกรมสะเต็มศึกษาแบบบูรณาการด้วยการปฏิบัติจริง มีการร่วมมือกันออกแบบและสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติม การสอนวิธีนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของผู้เรียน

ด้านการสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการสร้างนวัตกรรมในแบบ A นั่นคือ ผู้เรียนสามารถนำแนวคิดที่มีมาสร้างขึ้นเป็นชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่แปลกใหม่ได้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนของการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีการดำเนินการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนดำเนินการสร้างชิ้นงานได้จนสำเร็จ สอดคล้อง กับ Wan et al. (2016) ได้ศึกษาการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับสะเต็มศึกษา ศึกษาผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษา อายุ 13 – 14 ปี จำนวน 125 คน วิเคราะห์ทักษะก่อนและหลังการเข้าร่วมกิจกรรม พบว่าหลังการทำกิจกรรมผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 เฉลี่ย ในเรื่องของการรู้ดิจิทัล 0.142 การประดิษฐ์ 0.09 การสื่อสาร 0.085 และการคิดสร้างสรรค์ 0.067 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานบูรณาการกับสะเต็มศึกษาสามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้ โดยการเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาในชีวิตจริง นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ได้ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่เกิดจากการร่วมกันคิดจากสมาชิกในกลุ่ม ช่วยเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ทักษะการทำงานเป็นทีม ช่วยเพิ่มทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนให้สูงขึ้น และช่วยส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการเชื่อมโยงแนวคิดของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งทั้งหมดนี้จะเป็นการช่วยเตรียมผู้เรียนเข้าสู่ความท้าทายของศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้สรุปแนวคิดและข้อเสนอแนะจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1 การนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนควรให้ความสำคัญในการทำกิจกรรมตั้งแต่ขั้นที่ 1 คือขั้นระบุปัญหา ควรเน้นย้ำให้ผู้เรียนระบุปัญหาที่พบเจอจากสถานการณ์ให้ถูกต้องครบทุกปัญหาที่เป็นเงื่อนไขของสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนต่อไปได้อย่างถูกต้อง

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นการจัดกิจกรรมที่มีลำดับขั้นตอนการทำงาน การวางแผน การออกแบบ การแก้ปัญหา บนข้อจำกัดของความคุ้มค่า คุ้มทุน และได้ประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้สอนควรเน้นย้ำผู้เรียนให้ดำเนินการ

ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้บนข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาร่วมกับวิทยาการคำนวณ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการศาสตร์จากหลายวิชาซึ่งหนึ่งในนั้นคือเทคโนโลยี หากเน้นการใช้เทคโนโลยีโดยการใช้เทคนิควิธีการสอนวิทยาการคำนวณ อาจส่งผลต่อการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้

2.2 ควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเพิ่มเติมโดยเน้นไปที่การพัฒนาด้านการคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากเป็นด้านที่ค่อนข้างพัฒนายากใช้เวลาในการพัฒนานานกว่าด้านอื่น จึงควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีเวลาในการทำกิจกรรมมากหรือเป็นการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของผู้เรียนเอง เช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการทำโครงงานหรือการศึกษาค้นคว้าอิสระ

2.3 ควรสร้างแบบวัดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อประเมินผลควบคู่ไปกับใบกิจกรรมและแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2562). การพัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 2. พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.
- กำธร คงอรุณ. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- จินตรา พลสุธรรม. (2559). การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อความหมายของเด็กปฐมวัย. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).
- จำรัส อินทลาภาพร (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ*, 8(1), 62-74.
- ชลธิศ สมานิติ. (2558). เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดการกิจกรรมบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์สำหรับปฐมวัย. เมื่อวันที่ 18 มกราคม และ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ณ สมาคมอนุบาลแห่งประเทศไทย.
- ฐิติวรดา พลเยี่ยม. (2561). สะเต็มศึกษา: ความเข้าใจเบื้องต้นสู่ห้องเรียนบูรณาการ. *วารสารครูพิบูล*, 5(2), 122-135.
- ไตรรงค์ เมธาชาติกุล. (2561). การพัฒนาความรู้เริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง สภาพสมดุลงานของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- ทศนา แคมณี. (2554). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มณฑิรา บรรพสุทธิ. (2553). การพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทักษะชีวิตของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วย การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร).
- วนิษา สุภาพ. (2561). การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา: วิธีการ ความหวัง และความท้าทาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 20(4), 302-315.
- วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วรรณธนะ ปัดชา. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการจัดการเรียนรู้แบบ
 สะเต็มศึกษา กับการจัดการเรียนรู้แบบ สลวท เรื่อง อัตราส่วนตรีโกณมิติ สำหรับผู้เรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ห้า โรงเรียนวัดห้วยจรเข้มหาวิทยาลัย. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,
 มหาวิทยาลัยศิลปากร).
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสด
 ศรีสุขศึกษา.
- ศศิธร บัวทอง. (2560). การวัดและประเมินทักษะการเรียนรู้โรศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช*, 10(2), 1856-1867.
- (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, (2559). *คู่มือหลักสูตรอบรมสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริม
 การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและ
 สาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)
 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
 ลาดพร้าว.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา STEM Education .*วารสารศึกษาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(3), 201-207.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจ
 และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564*. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2563, จาก
https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=6420&filename=develop_issue
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579*.
 กรุงเทพฯ: พิมพ์ที่ บริษัท พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2561). *สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล ปี 2561
 (IMD 2018)*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ที่ บริษัท 21 เซ็นจูรี จำกัด.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). *ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
 แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Evrin Baran, Sedef Canbazoglu Bilici, Canan Mesutoglu, Ceren Ocak. (2016).
International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology,
 4(1), 9-19.
- Partnership for 21st century learning (2015). *Partnership for 21st century learning
 A Network of Battelle*. สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2563, จาก
<http://www.battelleforkids.org/networks/p21>

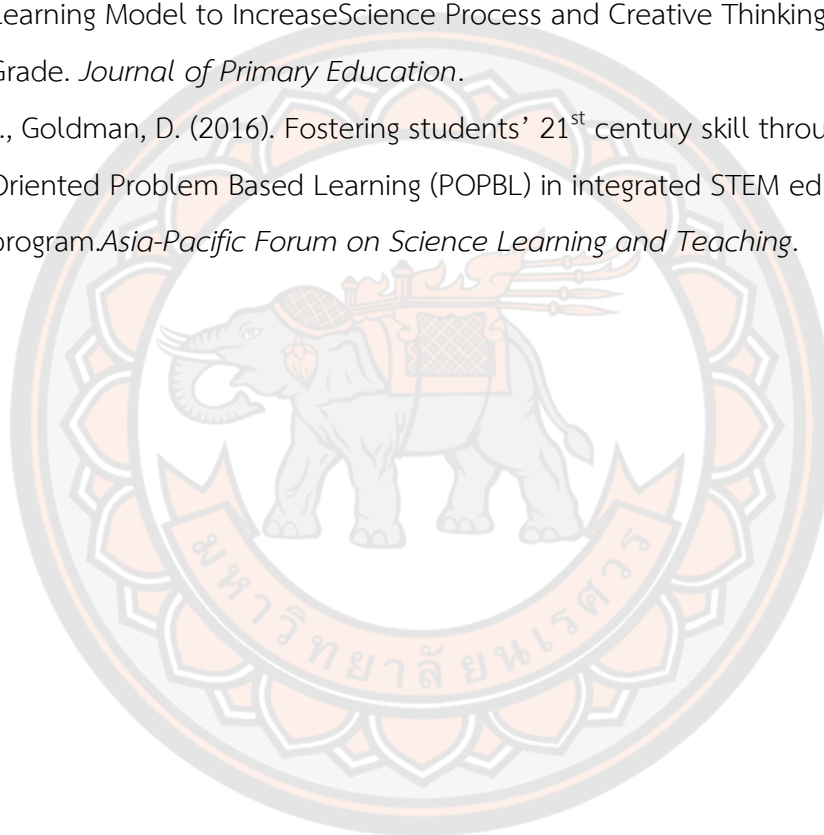
Tantri Mayasari , Asep Jadarohman , Dadi Rusdiana and Ida Kaniawati. (2016).

Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products. *AIP Conference Proceedings*.

The Partnership for 21st Century Skills. (2009). *P21 Framework Definitions*. สืบค้นเมื่อ 29 มีนาคม 2563 จาก http://www.p21.org/documents/P21_Framework_Definitions.pdf.

Tri Puji , Sarwi and Sri Susilogati Surmarti. (2018). STEM-Based Project Based Learning Model to Increase Science Process and Creative Thinking Skill of 5th Grade. *Journal of Primary Education*.

Wan, J., Goldman, D. (2016). Fostering students' 21st century skill through Project Oriented Problem Based Learning (POPBL) in integrated STEM education program. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*.





รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การค้นคว้าอิสระ เรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน มีรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

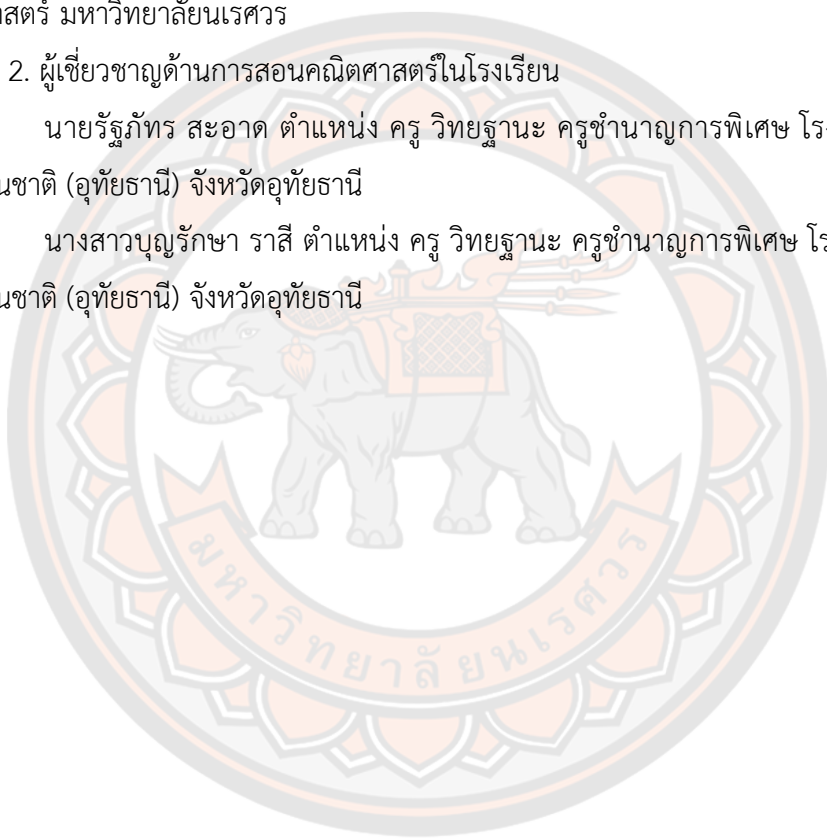
1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์/คณิตศาสตร์ศึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษ กลิ่นเอี่ยม อาจารย์ประจำ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน

นายรัฐภัทร สะอาด ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทัยธานี) จังหวัดอุทัยธานี

นางสาวบุญรักษา ราสี ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทัยธานี) จังหวัดอุทัยธานี



**ตัวอย่าง แบบประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วน
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

แบบประเมินแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องร้อยละและอัตราส่วน ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังนี้

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

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่..... เรื่อง

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้					
1.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด					
1.2 สอดคล้องกับสาระสำคัญ					
1.3 ครอบคลุมด้านความรู้					
1.4 ครอบคลุมด้านทักษะกระบวนการ					
1.5 ครอบคลุมด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์					
1.6 ครอบคลุมด้านการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม					
2. ด้านสาระการเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
2.2 มีความถูกต้อง					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
2.3 เหมาะสมกับเวลา					
3. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
3.1 กิจกรรมมีขั้นตอนสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
3.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม					
3.3 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการบูรณาการความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา					
3.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกัน					
3.5 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา					
3.6 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
4. ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
4.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
4.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
5. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
5.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
5.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม					
5.4 สอดคล้องกับเกณฑ์ประเมิน					

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงนาม.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ตัวอย่าง แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินใบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบของใบกิจกรรม โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 5 ระดับ ดังนี้

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

ใบกิจกรรมที่..... เรื่อง

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ด้านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเชิงวิศวกรรม					
1.1 ระบุปัญหา					
1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา					
1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา					
1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา					
1.5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน					
1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน					
2. ด้านการบูรณาการความรู้					
2.1 ด้านวิทยาศาสตร์					
2.2 ด้านเทคโนโลยี					
2.3 ด้านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์					
2.4 ด้านคณิตศาสตร์					

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
3. ด้านการพัฒนาทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม					
3.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย					
3.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่					
3.3 มีการตรวจสอบ แก้ไข วิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนางาน					
3.4 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ					
3.5 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นรวมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน					
3.6 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่					
3.7 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ					
3.8 การสร้างนวัตกรรม					
4. ภาพรวมของกิจกรรม					
5.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของผู้เรียน					
5.2 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับเวลา					
5.3 กิจกรรมน่าสนใจ ได้ใช้บริบทในชีวิตจริง					
5.4 กิจกรรมเหมาะสมกับการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม					

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงนาม.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ตัวอย่าง แบบประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียน (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

โปรดพิจารณาว่าพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนแต่ละข้อที่สังเกตมีความสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงทางวิศวกรรมหรือไม่ โดนพิจารณาจากพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ดังนี้

ทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ความสามารถในการคิดที่หลากหลายแนวทาง เป็นความคิดที่แปลกใหม่ ที่เกิดจากการปรับปรุงความคิดเดิม หรือเป็นความคิดที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำเดิม เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือนวัตกรรม ที่อยู่บนฐานของเหตุผลและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การคิดสร้างสรรค์ โดยผู้เรียน

1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย คือ ผู้เรียนสามารถบอกแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 แนวทาง

1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่ คือ ผู้เรียนมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างไม่ซ้ำเดิมและไม่ซ้ำกับเพื่อน อาจเป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากแนวคิดเดิมหรือเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนก็ได้

1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไข วิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนางาน คือ ผู้เรียนวิเคราะห์ผลดีผลเสียของแนวทางในการแก้ปัญหาและเลือกใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับปัญหาในการพัฒนาชิ้นงาน

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ โดยผู้เรียน

2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ คือผู้เรียนสามารถสื่อสารแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเองด้วยวิธีการต่าง ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้

2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน คือ ผู้เรียนแสดงออกถึงการรับฟังและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณและกล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่ คือ ผู้เรียนเลือกวิธีการนำเสนอแนวคิดของตนเองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ คือ ผู้เรียนสามารถนำข้อเสนอแนะจากผู้อื่นไปปรับปรุงชิ้นงานของตนเองได้

ซึ่งผู้วิจัยแบ่งจุดประสงค์ของพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) คือ ครูหยิบยกเอาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในชีวิตจริงเป็นประเด็นเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับตัวชี้วัดเรื่องร้อยละและอัตราส่วน แล้วผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระบุปัญหาที่เป็นปัญหาจากสถานการณ์ ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของการแก้ปัญหา และสร้างชิ้นงาน

1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไขวิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มรวมกันการศึกษา สืบค้นข้อมูล แนวคิดหรือความรู้ทางศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานั้น

1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย

2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำความรู้ในขั้นที่ 2 มากำหนดวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน โดนคำนึงถึงความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหา

- 1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
- 1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือ

แนวความคิดใหม่

- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมี

ประสิทธิภาพ

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มกำหนดขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงาน รวมถึงกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน

- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมี

ประสิทธิภาพ

- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้อง

กับการทำงาน

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานที่สร้างขึ้นมาทดสอบและประเมินการแก้ปัญหาของชิ้นงาน เพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงขั้นตอนการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้อง

กับการทำงาน

2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) คือ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานต่อผู้อื่นด้วยวิธีการที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ เพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

แบบประเมินแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อ
พิจารณาความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน
ช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

คะแนน 1 ถ้าท่านเห็นด้วยว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

คะแนน 0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

คะแนน -1 ถ้าท่านไม่เห็นด้วยว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา					
1	มีการตรวจสอบ แก้ไขวิเคราะห์ และประเมินแนวคิด ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา				
2	พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่น เข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ				
3	รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้ง สะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน				
4	นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ ในการสร้างแนวคิดใหม่				
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา					
1	ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่ หลากหลาย				
2	พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่น เข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ				
3	รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้ง สะท้อนผลที่เกี่ยวข้อง				

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา					
1	ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย				
2	สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่				
3	พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ				
4	นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่				
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา					
1	พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ				
2	รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้อง				
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน					
1	รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน				
2	เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ				

ชื่อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน					
1	นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ ในการสร้างแนวคิดใหม่				

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงนาม.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ตัวอย่าง แบบประเมินแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

แบบประเมินแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใช้สำหรับผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งระดับความคิดเห็นมี 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

คะแนน 1 ถ้าท่านเห็นด้วยว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

คะแนน 0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

คะแนน -1 ถ้าท่านไม่เห็นด้วยว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม

ข้อ	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			หมายเหตุ
		+1	0	-1	
1	การจัดการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้หรือไม่อย่างไร				
2	การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้หรือไม่อย่างไร				
3	ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม				
4	แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป เพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น				

บันทึกความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

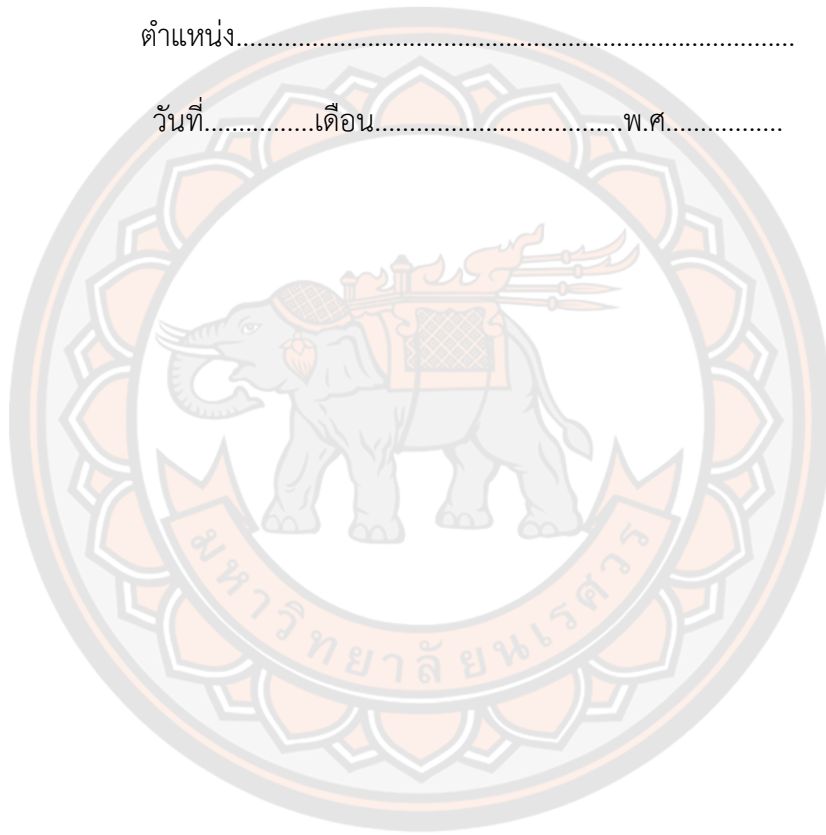
.....

ลงนาม.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ตัวอย่าง แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

จุดประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วย
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง ร้อยละและอัตราส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

ชื่อกิจกรรม.....

คำชี้แจง ให้ผู้บันทึกข้อมูลสังเกตการณ์จัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แล้วบันทึกในประเด็นดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้เป็นการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การจัดการเรียนรู้สามารถพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน

ได้หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สะท้อนผล

()

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



ตัวอย่าง แบบสังเกตพฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่องร้อยละ และอัตราส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....

ชื่อกิจกรรม.....

คำชี้แจง

ให้ผู้บันทึกสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และบันทึกพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงออกถึงความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่พบในแต่ละขั้นตอน

พฤติกรรมความริเริ่มสร้างสรรค์

1. การคิดสร้างสรรค์

- 1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
- 1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่
- 1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไขวิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
- 2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับ

ข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

- 2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ

รายการสังเกต	พฤติกรรมบ่งชี้
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	
1.3 มีการตรวจสอบ แก่ไขวิเคราะห์ และ ประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา
2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

รายการสังเกต	พฤติกรรมบ่งชี้
ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	
1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	
1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่

รายการสังเกต	พฤติกรรมบ่งชี้
2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	
2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	
2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

รายการสังเกต	พฤติกรรมบ่งชี้
2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจาก ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและ การสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้ เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผล สำเร็จ
ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	
2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิด ที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับ ข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้าง แนวคิดใหม่

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

()

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ตัวอย่าง แบบประเมินชิ้นงาน

แบบประเมินชิ้นงาน

คำชี้แจง

ให้ผู้ประเมินบันทึกคะแนนการประเมินนวัตกรรมหรือชิ้นงานที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแต่ละกิจกรรมตามเกณฑ์ที่กำหนด

นวัตกรรม/ ชิ้นงาน	กลุ่มที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
แปลงเพาะ ถั่วอกอัตโนมัติ								
สูตรไอศกรีมเพื่อ สุขภาพ								
แบบจำลองสาม มิติเศรษฐกิจ พอเพียง								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

การประเมิน	ระดับคะแนน		
	ดีเยี่ยม	ดี	ต้องปรับปรุง
แปลงเพาะถั่วงอก	1. สร้างแปลงเพาะถั่วงอก โดยใช้ความรู้เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช 2. แปลงแปลงเพาะถั่วงอก สามารถเพาะถั่วงอกได้ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ 3. เลือกใช้วัสดุในการสร้างแปลงเพาะถั่วงอก ได้อย่างคุ้มค่าและมีรูปร่างแตกต่างไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ
สูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพ	1. สร้างสูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่มีประโยชน์ตามหลักโภชนาการ 2. ทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพได้ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ 3. สร้างสูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ
แบบจำลองเศรษฐกิจพอเพียง	1. สร้างแบบจำลองโดยใช้หลักการของเศรษฐกิจพอเพียงและและความรู้เรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้อย่างถูกต้อง 2. สร้างแบบจำลองได้ตามเงื่อนไขของสถานการณ์ 3. สร้างแบบจำลองได้อย่างสร้างสรรค์แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร	มีเพียง 2 ข้อ	มีเพียง 1 ข้อ

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

เรื่อง อัตราส่วนและมาตราส่วน

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ชื่อหน่วย ร้อยละและอัตราส่วน เวลา 5 ชั่วโมง
กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ระดับ ประถมศึกษาตอนปลาย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

สาระการเรียนรู้

สาระหลัก : สาระหลัก

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต

สาระรอง : วิทยาศาสตร์

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และการนำไปใช้

สาระรอง : วิทยาศาสตร์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ตัวชี้วัด**สาระหลัก : สาระหลัก**

ค 1.1 ป.6/2 เขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณ จากข้อความหรือสถานการณ์

ค 1.1 ป.6/3 หาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้

สาระรอง : วิทยาศาสตร์

ว 1.2 ป.6/1 ระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทาน

ว 1.2 ป.6/3 ตระหนักถึงความสำคัญของสารอาหาร โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนในส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพ

ว 4.2 ป.6/3 ใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

วิเคราะห์ผลการเรียนรู้

1. ด้านความรู้

สาระหลัก

1.1 ผู้เรียนเข้าใจความหมายของอัตราส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณได้

1.2 ผู้เรียนหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดได้

สาระรอง

1.3 ผู้เรียนสามารถระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทานได้

1.4 ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของสารอาหาร โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนในส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพ

2. ด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 ผู้เรียนสามารถเขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณสองปริมาณได้

ถูกต้อง

2.2 ผู้เรียนเลือกใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 ผู้เรียนใช้ทักษะของการคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้

3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

- 3.1 ใฝ่เรียนรู้
- 3.2 มุ่งมั่นในการทำงาน
- 3.3 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนบอกความหมายของอัตราส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณได้ (K)
2. ผู้เรียนหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดได้ (K)
3. ผู้เรียนระบุสารอาหารและบอกประโยชน์ของสารอาหารแต่ละประเภทจากอาหารที่ตนเองรับประทานได้ (K)
4. ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของสารอาหาร โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนในส่วนที่เหมาะสมกับเพศและวัย รวมทั้งปลอดภัยต่อสุขภาพ (K)
5. สามารถเขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณสองปริมาณ (P)
6. เมื่อกำหนดหัวข้อค้นคว้าผู้เรียนสามารถใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลได้ (P)
7. ใช้ทักษะของการคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้ (P)
8. ผู้เรียนมีความใฝ่รู้มุ่งมั่นในการทำงานจนสำเร็จและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (A)

สาระสำคัญ

1. อัตราส่วน คือ การเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ เขียนในรูป $a : b$ เมื่อ a แทนจำนวนแรก และ b แทนจำนวนที่ 2
2. การหาอัตราส่วนที่เท่ากัน ใช้หลักการคูณ หรือการหาร ซึ่งเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปเศษส่วน $\frac{a}{b}$ เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ
3. สารอาหารที่อยู่ในอาหารมี 6 ประเภทได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ วิตามิน และน้ำ
4. สารอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายแตกต่างกัน โดยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย ส่วนเกลือแร่ วิตามิน และน้ำ เป็นสารอาหารที่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่ช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ

สาระการเรียนรู้

คณิตศาสตร์	อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน
วิทยาศาสตร์	สารอาหาร

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (15 นาที)

จะเกิดทักษะความรู้เริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 1.3 มีการตรวจสอบ แก้ไขวิเคราะห์ และประเมินแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา
- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

ทำงาน

- 2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยนำเสนอบทความหรือคลิปวิดีโอเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของไอศกรีม ไอศกรีมประเภทต่าง ๆ และการทำไอศกรีมในสมัยก่อน จากนั้นให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงประเด็นเกี่ยวกับคลิปวิดีโอ



ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=lgEg3BJv8f4&t=128s>

เมื่อผู้เรียนดูจบให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงประเด็นเกี่ยวกับคลิปวิดีโอ ดังนี้

- คลิปวีดีโอนี้เกี่ยวกับอะไร (ประวัติความเป็นมาของไอศกรีม)
- ในปัจจุบันมีการผลิตไอศกรีมด้วยวิธีใด (ใช้เครื่องจักร , เครื่องปั่นไอศกรีม , แขนผู้เย็น)
- ผู้เรียนคิดว่าเราสามารถทำไอศกรีมโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรใด ๆ ได้หรือไม่ ด้วยวิธีการใด (ได้ คือการทำไอศกรีมในหลอดสังกะสีแช่น้ำแข็ง)

2. ครูแบ่งผู้เรียนออกเป็น 8 กลุ่ม เท่า ๆ กัน แจกใบกิจกรรมที่ 2 กลุ่มละ 1 ชุด แล้วนำผู้เรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม

มาวินเปิดร้านไอศกรีม เมื่อมาถึงร้าน แต่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโคโรนา (โควิด 19) ถึงแม้ว่าสถานการณ์จะเบาบางลง แต่จำนวนลูกค้าก็ยังไม่เพิ่มขึ้น มาวินจึงคิดทำไอศกรีมสูตรใหม่ เมื่อทำการศึกษาข้อมูลจากร้านไอศกรีมร้านต่าง ๆ มาวินจึงตัดสินใจทำไอศกรีมเชอร์เบท ซึ่งเป็นไอศกรีมที่มีส่วนผสมของผลไม้ ดีต่อสุขภาพ และเหมาะกับหน้าร้อน โดยใช้ส่วนผสมของน้ำผลไม้อย่างน้อย 2 อย่าง ผสมกันเกิดเป็นรสชาติใหม่ พร้อมตั้งชื่อให้น่าสนใจ มาวินจึงต้องทดลองทำไอศกรีมตามสูตรที่คิดไว้ แต่พบว่าไม่มีเครื่องปั่นไอศกรีม จึงคิดหาวิธีในการทำไอศกรีมโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องใช้ไฟฟ้าใด ๆ และทำให้ส่วนผสมนั้นกลายเป็นไอศกรีมได้เร็วที่สุดในเวลาที่จำกัด นอกจากนี้ยังต้องทดลองทำไอศกรีมโดยใช้ส่วนผสมต่าง ๆ ให้ประหยัดและคุ้มค่าที่สุด ถ้านักเรียนเป็น มาวิน นักเรียนควรทำอย่างไร

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (45 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

1. ครูให้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงสถานการณ์ปัญหากันภายในกลุ่มแล้วตอบคำถามในใบกิจกรรม

2. ครูให้ผู้เรียนร่วมกันภายในกลุ่มศึกษาใบความรู้ในใบกิจกรรมและตอบคำถาม

3. ครูนำผู้เรียนทำกิจกรรมย่อย 2.1 “อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน” ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผล บันทึกข้อค้นพบ และตอบคำถามในใบกิจกรรม

4. ครูและผู้เรียนร่วมกันสรุปถึงวิธีการการอัตราส่วนและการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (60 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน

1. ครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายข้อมูลความรู้ ข้อค้นพบ ที่ได้จากกิจกรรมที่ 2.1
2. ครูนำผู้เรียนทำกิจกรรมย่อย 2.2 “ทำไอศกรีมโดยไม่จ้อดูเย็น” ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายผล บันทึกข้อค้นพบ และตอบคำถามในใบกิจกรรม

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (40 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 1.1 ใช้เทคนิคของการสร้างสรรค์ทางความคิดที่หลากหลาย
- 1.2 สร้างสรรค์แนวคิดที่ใหม่และมีคุณค่าทั้งจากแนวความคิดเดิมหรือแนวความคิดใหม่
- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

1. ครูนำผู้เรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 2.3 “ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา” การทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยครูแจ้งรายการวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดไว้ ให้เวลาผู้เรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มในการเลือกส่วนผสมและออกแบบ

2. ครูให้ผู้เรียนนำเสนอสูตรไอศกรีมเพื่อสุขภาพ และนัดหมายให้ผู้เรียนเตรียมส่วนผสมเพื่อทำกิจกรรมในชั่วโมงถัดไป

ชั่วโมงที่ 4 – 5

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (35 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 2.1 พัฒนา ปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ
- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
3. สร้างนวัตกรรม

1. ผู้เรียนนำส่วนผสมที่จัดเตรียมมาวางไว้บนโต๊ะ และวางแผนการดำเนินการการทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพโดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก
2. ครูแจกวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จัดเตรียมให้กับผู้เรียน และให้เวลากับผู้เรียนในการทำไอศกรีม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการหรือชิ้นงาน (60 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

- 2.2 รับฟัง และยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่นพร้อมทั้งสะท้อนผลที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน
- 2.4 เรียนรู้จากข้อผิดพลาด เนื่องจากความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรมและการสร้างนวัตกรรมเป็นทักษะที่ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทำซ้ำจนเกิดผลสำเร็จ
3. สร้างนวัตกรรม

1. เมื่อหมดเวลาที่กำหนด ครูให้ผู้เรียนนำชิ้นงานมาส่ง จากนั้นครูและผู้เรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็น
2. คณะครู 3 ท่าน เป็นผู้ชิมและให้คะแนนไอศกรีมเพื่อสุขภาพของผู้เรียนแต่ละกลุ่มพร้อมให้คำแนะนำในการปรับปรุง
3. ผู้เรียนจดบันทึกข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อนที่แสดงต่อชิ้นงานของตน จากนั้นนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ
4. ผู้เรียนทำไอศกรีมเพื่อสุขภาพอีกครั้งตามคำแนะนำของครู 3 ท่าน และร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มถึงรสชาติและประโยชน์ตามหลักโภชนาการ

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (25 นาที)

จะเกิดทักษะความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้แก่

2.3 นำเสนอความคิดเริ่มต้นและความคิดที่สร้างสรรค์ขึ้น รวมทั้งทำความเข้าใจกับข้อจำกัดที่มีอยู่เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแนวคิดใหม่

1. ครูให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานของตนเอง
2. ผู้เรียนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม
2. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

แหล่งการเรียนรู้เพิ่มเติม

อินเทอร์เน็ต ข้อมูลที่เกี่ยวกับการการทำไอศกรีม

การวัดผลและประเมินผล

ด้านความรู้ (K)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมิน	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ผู้เรียนบอกความหมายของอัตราส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณได้	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
ผู้เรียนหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดได้	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
จำแนกสารในชีวิตประจำวันที่มีสมบัติความเป็นกรด – เบสได้	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมิน	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
1. สามารถเขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณสองปริมาณ	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
2. เมื่อกำหนดหัวข้อค้นคว้า ผู้เรียนสามารถใช้อินเทอร์เน็ตในการค้นหาข้อมูลได้	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
3. ใช้ทักษะของการคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาได้	ตรวจใบกิจกรรม	ใบกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

ด้านคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม (A)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีวัดและประเมิน	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
1. ใฝ่เรียนรู้	สังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
2. มุ่งมั่นในการทำงาน	สังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป
3. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	สังเกตพฤติกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์	ผ่านเกณฑ์ระดับดีขึ้นไป

บันทึกผลหลังสอน

1. ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน
()

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



แบบบันทึกคะแนน

รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เรื่อง.....

ชื่อกิจกรรม.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนบันทึกคะแนนลงในแบบบันทึกตามการประเมิน

กลุ่มที่	รายการการประเมิน				
	ชิ้นงาน (30 คะแนน)	การบูรณาการ (20 คะแนน)	การออกแบบ (30 คะแนน)	นำเสนอชิ้นงาน (20 คะแนน)	คะแนนรวม (100 คะแนน)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

แบบประเมินด้านความรู้

ชื่อกิจกรรม

เรื่อง

คำชี้แจง ให้ผู้บันทึกข้อมูลตรวจใบกิจกรรม แล้วเขียนบันทึกในประเด็นดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	ชื่อกลุ่ม	รายการประเมิน					
		คณิตศาสตร์	ผ่าน	ไม่ผ่าน	วิทยาศาสตร์	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

ระดับคุณภาพ

- 4 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 3 คะแนน หมายถึง ดี
- 2 คะแนน หมายถึง พอใช้
- 1 คะแนน หมายถึง น้อย

เกณฑ์การตัดสิน ผ่านตั้งแต่ระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การวัดและประเมินด้านความรู้

ประเด็น การ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1(น้อย)
คณิตศาสตร์	สามารถนำความรู้เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากันไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องทั้งหมด	สามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากันไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	สามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากันไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องบางส่วน	สามารถนำความรู้เรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากันไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องเป็นส่วนน้อย
วิทยาศาสตร์	สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องทั้งหมด	สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องบางส่วน	สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ถูกต้องเป็นส่วนน้อย

แบบประเมินด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชื่อกิจกรรม

เรื่อง

คำชี้แจง ให้ผู้บันทึกข้อมูลตรวจใบกิจกรรม แล้วเขียนบันทึกในประเด็นดังต่อไปนี้

กลุ่ม ที่	รายการประเมิน			รวม	ผลการประเมิน	
	ผู้เรียนสามารถ เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบของ ปริมาณสอง ปริมาณได้	ผู้เรียนเลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหา ข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ	ผู้เรียนใช้ทักษะ ของการคิดสร้า สรรค์ในการ แก้ปัญหาและ สร้างชิ้นงานเพื่อ แก้ปัญหาได้		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

ระดับคุณภาพ

10 - 12 หมายถึง ดีมาก

7 - 9 หมายถึง ดี

4 - 6 หมายถึง พอใช้

1 - 3 หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การตัดสิน ผ่านตั้งแต่ระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การวัดและประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ผู้เรียนสามารถ เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบของ ปริมาณสอง ปริมาณได้อย่าง ถูกต้องทั้งหมด	เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบของ ปริมาณสอง ปริมาณได้อย่าง ถูกต้องทั้งหมด	เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบของ ปริมาณสอง ปริมาณได้อย่าง ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบของ ปริมาณสอง ปริมาณได้อย่าง ถูกต้อง เป็นส่วนน้อย	เขียนอัตราส่วน แสดงการ เปรียบเทียบ ของปริมาณ สองปริมาณได้ อย่างถูกต้อง
ผู้เรียนเลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูล อย่างมี ประสิทธิภาพ	มีร่องรอยการ เลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลที่ ใช้ในการ แก้ปัญหาให้เห็น ทั้งหมด	มีร่องรอยการ เลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลที่ ใช้ในการ แก้ปัญหาให้เห็น ส่วนใหญ่	มีร่องรอยการ เลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหาข้อมูลที่ ใช้ในการแก้ปัญหา ให้เห็นส่วนน้อย	ไม่มีร่องรอย การเลือกใช้ อินเทอร์เน็ตใน การค้นหา ข้อมูลที่ใช้ใน การแก้ปัญหา ให้เห็น
ผู้เรียนใช้ทักษะ ของการคิดสร้าง สรรค์ในการ แก้ปัญหาและ สร้างชิ้นงานเพื่อ แก้ปัญหาได้	ใช้เทคนิคของการ คิดที่หลากหลาย สร้างสรรค์ แนวคิดใหม่ ตรวจสอบและ ประเมินแนวคิด ได้ถูกต้องทั้งหมด	ใช้เทคนิคของ การคิดที่ หลากหลาย สร้างสรรค์ แนวคิดใหม่ ตรวจสอบและ ประเมินแนวคิด ได้ถูกต้องเป็น ส่วนใหญ่	ใช้เทคนิคของการ คิดที่หลากหลาย สร้างสรรค์แนวคิด ใหม่ ตรวจสอบ และประเมิน แนวคิดได้ถูกต้อง เป็นส่วนน้อย	ใช้เทคนิคของ การคิดที่ หลากหลาย สร้างสรรค์ แนวคิดใหม่ ตรวจสอบและ ประเมิน แนวคิดได้ไม่ ถูกต้องทั้งหมด

แบบประเมินด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชื่อกิจกรรม

เรื่อง

คำชี้แจง ให้ผู้บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แล้วเขียนบันทึกในประเด็นดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	รายการประเมิน			รวม	ผลการประเมิน	
	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์		ผ่าน	ไม่ผ่าน
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

ระดับคุณภาพ

- 10 – 12 หมายถึง ดีมาก
 7 – 9 หมายถึง ดี
 4 – 6 หมายถึง พอใช้
 1 – 3 หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์การตัดสิน ผ่านตั้งแต่ระดับดีขึ้นไป

เกณฑ์การวัดและประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็น การประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา	เข้าเรียนตรง	เข้าเรียนตรง
	ตั้งใจเรียน เอาใจใส่	ตั้งใจเรียน เอาใจ	เวลา ตั้งใจเรียน	เวลา ตั้งใจเรียน
	มีความ	ใส่ มีความ	เอาใจใส่ มีความ	เอาใจใส่ มีความ
	ขยันหมั่นเพียร	ขยันหมั่นเพียร	ขยันหมั่นเพียร	ขยันหมั่นเพียร
	และมีส่วนร่วมใน	และมีส่วนร่วมใน	และมีส่วนร่วม	และมีส่วนร่วม
	การเรียนรู้ทุกครั้ง	การเรียนรู้บ่อยครั้ง	ในการเรียนรู้ บางครั้ง	ในการเรียนรู้ น้อยครั้ง
มุ่งมั่นในการทำงาน	ตั้งใจทำงานด้วย	ตั้งใจทำงานด้วย	ตั้งใจทำงานด้วย	ตั้งใจทำงานด้วย
	ความมุ่งมั่น	ความมุ่งมั่น	ความมุ่งมั่น	ความมุ่งมั่น
	พยายาม อดทน	พยายาม อดทน	พยายาม อดทน	พยายาม อดทน
	งานเสร็จตาม	งานเสร็จตาม	งานเสร็จตาม	งานเสร็จตาม
	เป้าหมายเป็นแบบ	เป้าหมายเป็นแบบ	เป้าหมายเป็น	เป้าหมายเป็น
	อย่างได้ทุกครั้ง	อย่างได้บ่อยครั้ง	แบบอย่างได้ บางครั้ง	แบบอย่างได้ น้อยครั้ง
ทำงานร่วมกับผู้อื่น อย่าง สร้างสรรค์	นำเสนอและสื่อสาร	นำเสนอและ	นำเสนอและ	นำเสนอและ
	แนวคิดใหม่ ๆ ให้	สื่อสารแนวคิดใหม่	สื่อสารแนวคิด	สื่อสารแนวคิด
	ผู้อื่นเข้าใจได้ รับฟัง	ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจได้	ใหม่ ๆ ให้ผู้อื่น	ใหม่ ๆ ให้ผู้อื่น
	และยอมรับความ	รับฟัง และยอมรับ	เข้าใจได้ รับฟัง	เข้าใจได้ รับฟัง
	ความเห็นของผู้อื่น นำ	ความคิดเห็นของ	และยอมรับ	และยอมรับ
	ข้อผิดพลาดมาใช้	ผู้อื่น นำ	ความคิดเห็น	ความคิดเห็น
สร้างชิ้นงานหรือ	ข้อผิดพลาดมาใช้	ของผู้อื่น นำ	ของผู้อื่น นำ	
พัฒนาแนวคิดได้	สร้างชิ้นงานหรือ	ข้อผิดพลาดมา	ข้อผิดพลาดมา	
ทุกครั้ง	พัฒนาแนวคิดได้	ใช้สร้างชิ้นงาน	ใช้สร้างชิ้นงาน	
	บ่อยครั้ง	หรือพัฒนา	หรือพัฒนา	
		แนวคิดได้	แนวคิดได้น้อย	
		บางครั้ง	ครั้ง	

ตัวอย่างใบบันทึกการทำกิจกรรม

กิจกรรมที่ 1

“แปลงเพาะถั่วงอกอัตโนมัติ”

- สมาชิก
1.
 2.
 3.
 4.
 5.
 6.

คำชี้แจง ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ บันทึกการทำกิจกรรม และตอบคำถามให้ครบทุกข้อ

สถานการณ์ปัญหา

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อโคโรนา (โควิด 19) ทำให้เกิดปัญหาในด้านต่าง ๆ เช่น คนว่างงาน ปัญหาเศรษฐกิจ การขาดแคลนอาหาร มาวินเป็นหนึ่งในผู้ที่ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์นี้ เนื่องจากต้องปิดร้านไอศกรีมที่เป็นรายได้หลักของครอบครัว ถึงแม้ว่ามาวินจะปรับตัวโดยการขายผ่านช่องทางออนไลน์ แต่รายได้ก็ยังไม่เพียงพอ มาวินจึงเกิดความคิดอยากสร้างรายได้่อ่างอื่นเพิ่มเติม จึงสืบค้นข้อมูลในอินเทอร์เน็ตและพบว่า การเพาะถั่วงอกปลอดสารเป็นทางเลือกที่ดี เพราะถั่วงอกเป็นพืชโตเร็ว ใช้เวลาเพียง 3 วัน ก็สามารถเก็บขายได้ในราคากิโลกรัมละ 20 บาท นอกจากนี้ยังสามารถเก็บไว้รับประทานเองได้ด้วย ซึ่งจากข้อมูล ถั่วงอก 100 กรัม สามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้ 500 กรัม ซึ่งปัจจัยหลักในการเติบโตของถั่วงอกคือการให้น้ำ แต่มาวินไม่มีเวลารดน้ำ เพราะต้องออกไปทำงานที่ร้านไอศกรีม มาวินจึงอยากได้แปลงเพาะถั่วงอกที่สามารถรดน้ำได้เองอัตโนมัติ โดยต้องการเพาะถั่วงอกในครั้งแรกให้ได้อย่างน้อย 1 กิโลกรัม แต่ต้องลงทุนน้อยที่สุด ถ้านักเรียนเป็นมาวิน นักเรียนจะอย่างไร

ปัญหาของผู้เรียนจากสถานการณ์นี้คืออะไร

ผู้เรียนต้องทำอะไรเพื่อแก้ปัญหานี้

ปัญหานี้มีข้อจำกัดอะไรบ้าง

จากปัญหานี้ผู้เรียนต้องการทราบข้อมูลอะไรบ้างเพื่อแก้ปัญหานี้

กิจกรรมย่อย 1.1

“การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์”

คำชี้แจง ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม บันทึกผลและตอบคำถามกิจกรรม

อุปกรณ์

1. เมล็ด ถั่วเขียว ทานตะวัน คะนํ้า และผักชี อย่างละ 1 ซอง
2. ถาดพลาสติก 3 ใบ
3. แก้วพลาสติก 3 ใบ
4. น้ำเปล่า

วิธีการทำกิจกรรม

1. นำเมล็ดเทใส่ถาดพลาสติกแยกตามชนิดและนับจำนวนเมล็ดแต่ละชนิด
2. เทน้ำเปล่าลงในแก้วพลาสติกครึ่งแก้ว จากนั้นนำเมล็ดใส่ลงไป ตั้งทิ้งไว้ 5 – 10 นาที สังเกตและบันทึกผลลงในตาราง (ทำเช่นนี้กับเมล็ดแต่ละชนิด)

บันทึกกิจกรรม

เมล็ด	ลักษณะของเมล็ด	จำนวนเมล็ดทั้งหมด	จำนวนเมล็ดที่ลอยน้ำ	จำนวนเมล็ดที่จมน้ำ
ถั่วเขียว				
ทานตะวัน				
ค่านํ้ายอด				
ผักบุง				

จากตาราง จำนวนเมล็ดผักชนิดใดมีจำนวนเมล็ดที่ตีมากที่สุดและคิดเป็นร้อยละเป็นเท่าไรจาก
จำนวนเมล็ดทั้งหมด (แสดงวิธีหาคำตอบ)

.....

.....

.....

.....

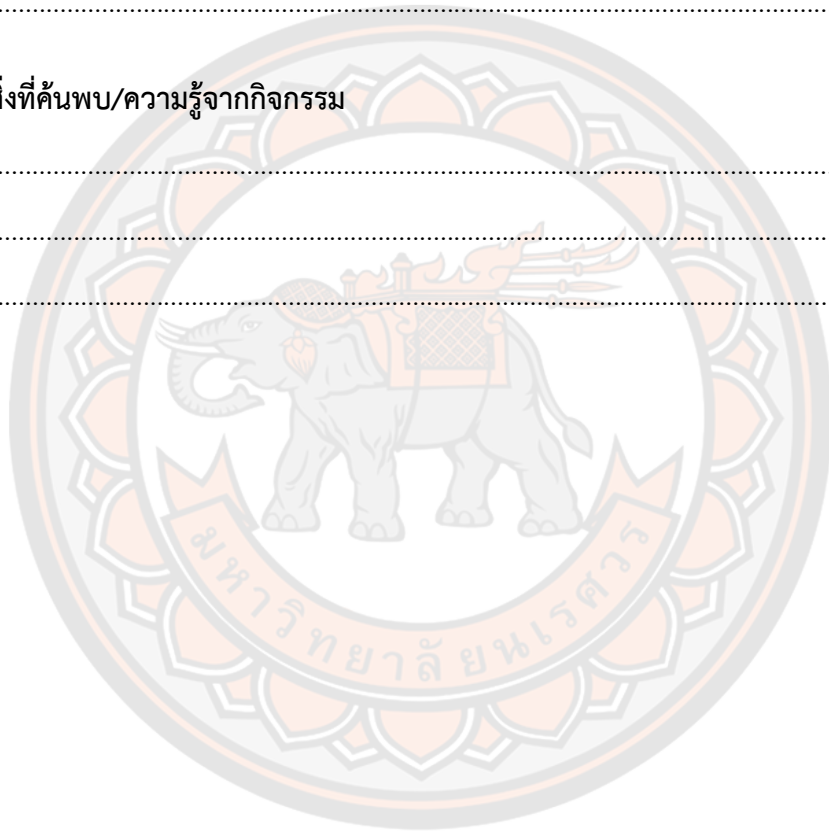
.....

บันทึกสิ่งที่ค้นพบ/ความรู้จากกิจกรรม

.....

.....

.....



กิจกรรมย่อย 1.2

“กัลกน้ำและแรงโน้มถ่วง”

คำชี้แจง ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม บันทึกผลและตอบคำถามกิจกรรม

อุปกรณ์

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| 1. หลอดดูดน้ำชนิดงอ | 2. ขวดน้ำเปล่า |
| 3. สายยางมาโคร | 4. หัวน้ำหยด |
| 5. ขวดพลาสติก 600 มิลลิลิตร | 6. ตะเกียบ |
| 7. เชือก | 8. ปืนกาว |
| 9. หัวแรง | 10. เทปกาว |

วิธีการทำกิจกรรม

1. เติมน้ำลงไปหลอดดูดน้ำจนเต็ม ใช้นิ้วมืออุดปลายหลอดด้านยาว นำปลายหลอดด้านสั้นจุ่มลงในขวดน้ำเปล่า จากนั้นปล่อยนิ้วที่อุดปลายหลอดด้านยาว สังเกตและบันทึกข้อค้นพบ
2. เปลี่ยนจากหลอดดูดน้ำชนิดงอเป็นสายยางมาโคร ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อที่ 1 จากนั้นนำหัวน้ำหยดใส่ปลายสายยางด้านที่น้ำไหลออก สังเกตและบันทึกข้อค้นพบ
3. นำขวดน้ำพลาสติก 600 มิลลิลิตร มาตัดออก 1/3 ของความยาวขวด จากนั้นตัดเฉียงด้านปลายขวด โดยมีความยาวเป็น 1/2 ของความยาวส่วนที่ตัดแล้ว
4. ให้หัวแรงเจาะรูด้านข้างขวดพลาสติกทั้งสองข้างให้ตรงกัน จากนั้นนำตะเกียบใส่เข้าไปในรูที่เจาะไว้ และนำเชือกมัดปลายตะเกียบทั้งสองข้างไว้กับหลักที่เตรียมไว้ให้เสมอกัน
5. นำปลายสายยางที่ใส่หัวน้ำหยด จากข้อที่ 2 ให้นำหยดลงบริเวณปลายขวดที่ตัดเฉียง สังเกตและบันทึกข้อค้นพบ

บันทึกข้อค้นพบ/ความรู้จากกิจกรรม

.....

.....

.....

ผู้เรียนสามารถนำความรู้จากกิจกรรมกาต้มน้ำและแรงโน้มถ่วงไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร
บ้าง จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....



กิจกรรมย่อย 1.3

“ร้อยละ กำไร ขาดทุน”

คำชี้แจง ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษาค้นคว้าข้อมูลและตอบคำถาม

1. ให้ความหมายของคำต่อไปนี้

ทุน หมายถึง

.....

กำไร หมายถึง

.....

ขาดทุน หมายถึง

.....

2. อธิบายความหมายของประโยคต่อไปนี้

ได้กำไร ร้อยละ 20 หมายถึง

.....

ขาดทุน 10% หมายถึง

.....

3. ผู้เรียนลงทุนขายลูกชิ้นปิ้ง 500 บาท ถ้า

3.1 ผู้เรียนขายได้เงินทั้งหมด 600 บาท แสดงว่าผู้เรียนได้กำไรหรือขาดทุนคิดเป็นร้อยละเท่าใดของเงินทุน (แสดงวิธีหาคำตอบ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 ผู้เรียนต้องการขายให้ได้กำไร 30% ผู้เรียนต้องขายให้ได้เงินทั้งหมดกี่บาท (แสดงวิธีหาคำตอบ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ราคาขายถั่วงอก ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท กำหนดให้เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว 100 กรัม สามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้ 500 กรัม ถ้าเมล็ดพันธุ์ที่นำมาเพาะถั่วงอก มีอัตราการงอกเพียง 70%

4.1 ผู้เรียนจะสามารถเพาะเป็นถั่วงอกได้กี่กรัม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 ผู้เรียนลงทุนเพาะถั่วงอก 150 บาท ถ้าต้องการกำไร 20% ผู้เรียนต้องเพาะถั่วงอกให้ได้อย่างน้อยเท่าใด

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมย่อย 1.4
“ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา”

คำชี้แจง ให้สมาชิกในกลุ่มร่วมกันออกแบบแปลงเพาะถั่วงอกจากข้อมูลที่ได้ศึกษามา ตามเงื่อนไข หรือ

ข้อจำกัดจากสถานการณ์ที่กำหนดในกิจกรรม (วาดภาพพร้อมเขียนคำอธิบายอย่างละเอียด)

อุปกรณ์ที่มีให้

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. กรรไกร | 2. ถังน้ำขนาด 6 ลิตร |
| 3. คัทเตอร์ | 4. แก้วพลาสติก |
| 5. กระดาษ A4 | 6. ถาดพลาสติก |
| 7. หัวแร้ง | 8. เชือก |
| 9. ไม้เสียบลูกชิ้น | 10. ตะเกียบไม้ |
| 11. ปืนกาว | 12. เทปกาว |
| 13. สายยางมาโคร | 14. หัวน้ำหยด |

อุปกรณ์ที่ต้องซื้อเพิ่ม

รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
ขวดน้ำพลาสติก 600 มิลลิลิตร	1 ขวด	1
ตาข่ายพลาสติก 15 x 15 ซม.	1 ชิ้น	5
กระดาษพลาสติก	1 ชิ้น	20
ถังน้ำพลาสติก	1 ชิ้น	20
เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	1 ถุง	15
อัตราการงอก 80%		

เกณฑ์การให้คะแนน

ได้กำไร	10	คะแนน
ได้กำไรไม่น้อยกว่าร้อยละ 10	10	คะแนน
ได้ถ่วงออกอย่างน้อย 1 กิโลกรัม	10	คะแนน
รวม	30	คะแนน

ข้อควรระวังในการทำกิจกรรม

.....

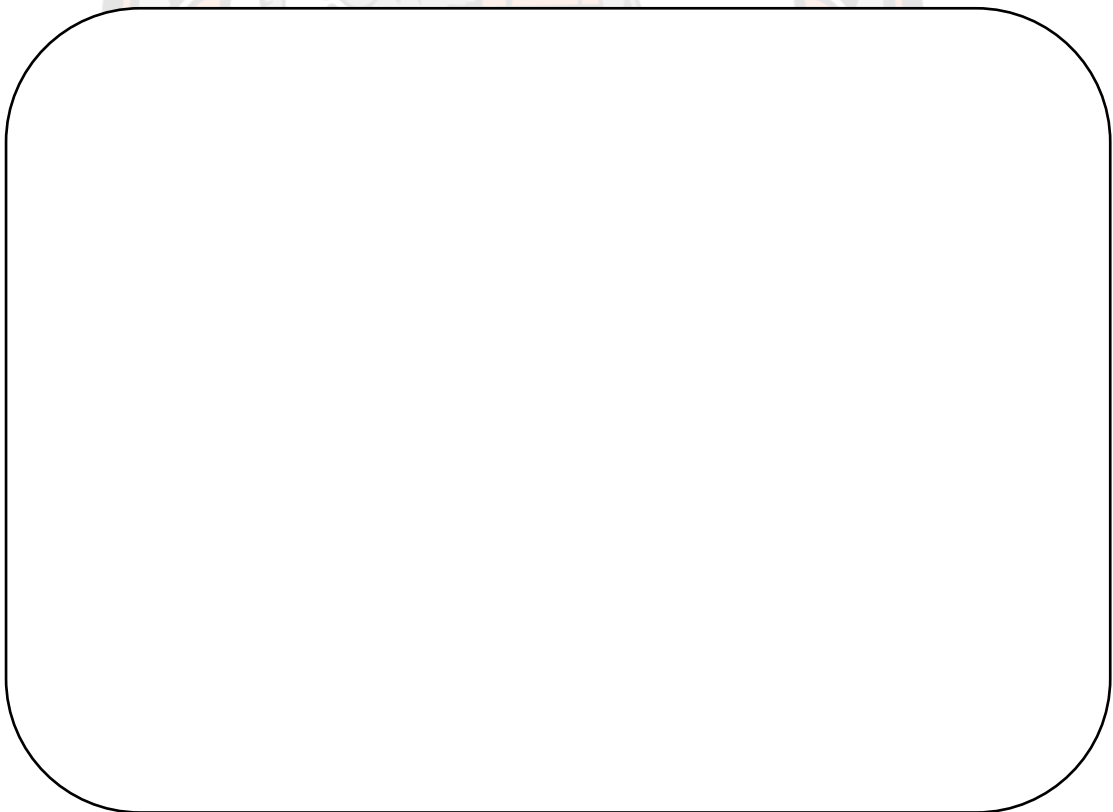
.....

.....

.....

.....

ออกแบบแปลงเพาะถั่วงอก (วาดรูปพร้อมเขียนส่วนประกอบอย่างละเอียด)



เขียนลำดับขั้นตอนการสร้างแปลงเพาะถั่วงอก

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดสอบและประเมินผล

ผู้เรียนลงทุนทั้งหมด.....บาท ได้ถั่วงอกทั้งหมดหนัก.....

กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 20 บาท รวมเป็นเงินทั้งสิ้น.....บาท

แสดงว่าผู้เรียนได้(กำไร/ขาดทุน).....เป็นเงิน.....บาท

ซึ่งคิดเป็นร้อยละ (แสดงวิธีหาร้อยละของกำไรหรือ

ขาดทุน).....

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ปัญหา

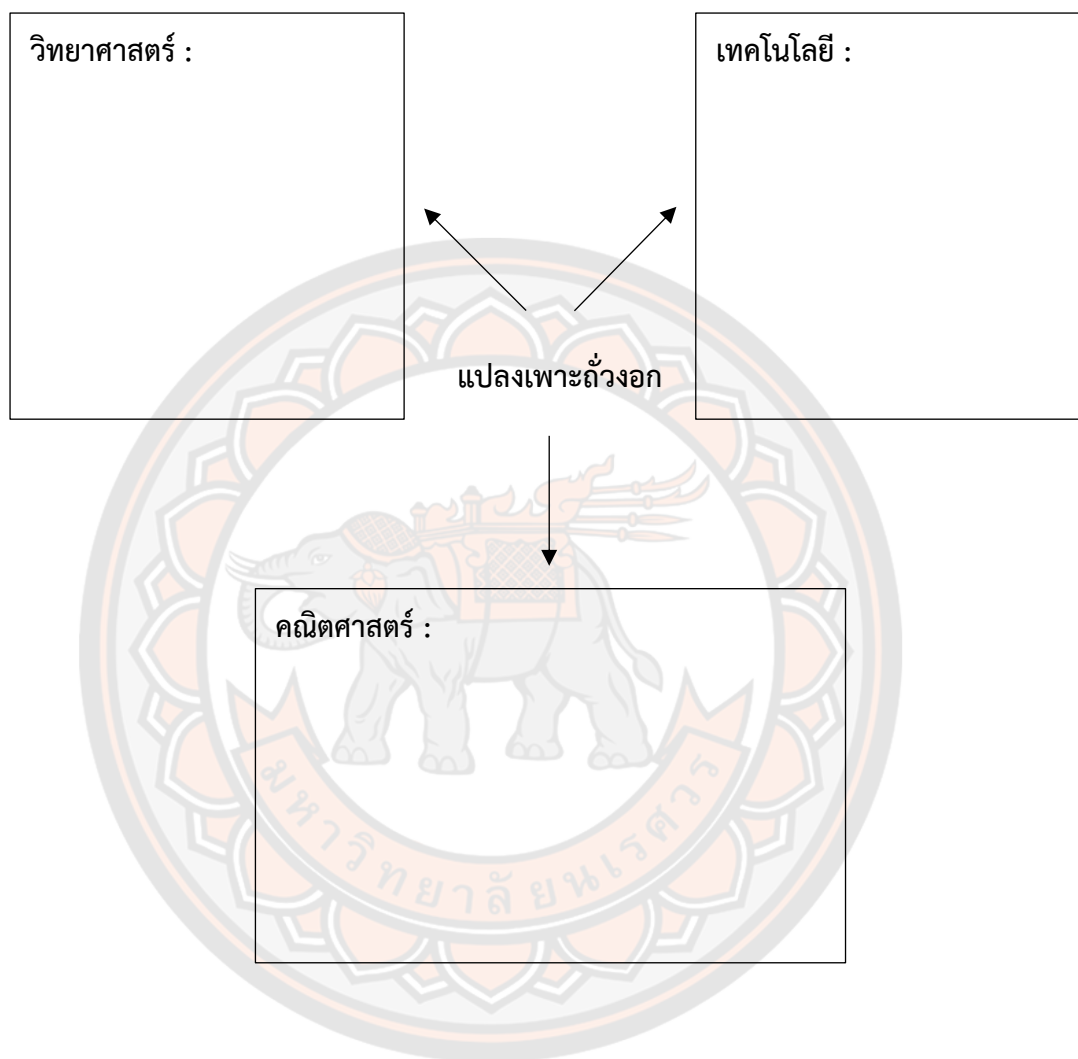
.....

.....

.....

.....

4. ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์อะไรบ้างในการออกแบบและสร้างแปลงเพาะถั่วงอก



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวนวลจันทร์ จันทร์ศรี
วัน เดือน ปี เกิด 29 มีนาคม 2536
ที่อยู่ปัจจุบัน 63/1 หมู่ 8 ตำบลหนองจอก อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี 61180
ที่ทำงานปัจจุบัน โรงเรียนอนุบาลวัดหนองขุนชาติ (อุทิศพิทยาคาร)
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ครู
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 คบ.คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

