



การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์
ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



นันทิยา จันทร์ถิ

การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์
ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



การค้นคว้าอิสระเสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ใน
รูปแบบออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง
สมดุกลด ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4"

ของ นันทิยา จันทร์ถิ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

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

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา



ชื่อเรื่อง	การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	นันทิยา จันทร์ลี
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ
ประเภทสารนิพนธ์	การค้นคว้าอิสระ กศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2565
คำสำคัญ	ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม, กระบวนการ Double Diamond De-Sign, แนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล และเพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน ปีการศึกษา 2564 เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม วิเคราะห์ข้อมูลวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลแบบสามเส้า

ผลการศึกษา พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์ ควรมีลักษณะดังนี้

1. ขั้นการคิดค้นข้อมูลใน Study space ควรนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ใน Sharing space ควรใช้โปรแกรมการทดลองออนไลน์ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบเพื่อการแลกเปลี่ยนความรู้ ขั้นการพัฒนาความคิดใน Safe Box space ควรเอื้ออำนวยให้เกิดการสร้าง และทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงาน ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ใน Spotlight space ควรนำชิ้นงานไปใช้ในสถานการณ์จริง และเผยแพร่ในสื่อออนไลน์ โดยมี Special advice space เป็นช่องทางที่ครูและผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมให้คำแนะนำตลอดการจัดกิจกรรม

2. ผลจากการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากขั้นพื้นฐานเป็นขั้นสูงได้ โดยเฉพาะพฤติกรรมการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจเพิ่มมากที่สุด



Title	THE PROMOTING OF CREATIVE AND INNOVATIVE SKILLS BY USING ONLINE LEARNING WITH DOUBLE DIAMOND DE-SIGN PROCEES AND MAKERSPACE IN MECHANICAL EQUILIBRIUM TOPIC FOR 10 TH GRADE STUDENTS
Author	NANTIYA CHANTEE
Advisor	Assistant Professor Sureeporn Sawangmek, Ph.D.
Academic Paper	M.Ed. Independent Study in Science Education, Naresuan University, 2022
Keywords	Creative and Innovative skills, Double Diamond De-Sign procees, Online Makerspace

ABSTRACT

The purposes of this action research were to study how learning management using online learning with Double Diamond De-Sign and Makerspace for enhancing creative and innovative skills in mechanical equilibrium topic and to study the outcomes of learning management for enhancing creative and innovative skills. The participants were 36 of 10th grade students in the academic year 2021. The research instruments used in this study were: 3 lesson plans, the learning management reflection, and creative and innovative skill test. Data were analyzed by content analysis and examined the trustworthiness by triangulation.

The results revealed that the online learning management guidelines should be as follows:

1. discover step in study space, challenged issues should be presented. Define step in sharing space, Phet interactive simulations should be used to motivate students for asking questions and seeking answer for knowledge exchange. Develop step in safe box space, should be supported for creating and testing artifacts. Deliver step in spotlight space, should be used in real life situations and published on social media. Special advice space was used to provide advice from teachers and

engineering expert throughout the activity.

2. The outcome of learning management enhanced creative and innovation from basic level to higher level, especially openness and courage to explore performance increased the most.



ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรียพร สว่างเมฆ ประธานที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้สละเวลามามีค่ามาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการค้นคว้าอิสระด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนทำให้การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร รองศาสตราจารย์สมชาย กฤตพลวิวัฒน์ และดร.ปัทมา ภู่อวาสร์ ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ช่วยตรวจสอบ แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะจนทำให้การค้นคว้าอิสระครั้งนี้สมบูรณ์และมีคุณค่า

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์แก่ผู้วิจัยจนงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาของผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน อย่างดีที่สุดเสมอมา

นันทิยา จันทร์ถิ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
ประกาศคุุณุปการ.....	ช
สารบัญ.....	ซ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	6
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	6
ขอบเขตของงานวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
หลักสูตรสถานศึกษา.....	11
ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	19
เมคเกอร์สเปซ (Makerspace).....	47
กระบวนการคิดเชิงออกแบบ.....	50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	59
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	64

รูปแบบการวิจัย.....	64
กลุ่มเป้าหมาย.....	65
บริบทของห้องเรียน.....	65
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	66
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย.....	66
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	76
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	81
ผลของการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	81
ผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ ออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์ สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	115
บทที่ 5 บทสรุป.....	141
สรุปผลการวิจัย.....	141
อภิปรายผล.....	143
ข้อเสนอแนะ.....	146
บรรณานุกรม.....	147
ภาคผนวก.....	151
ประวัติผู้วิจัย.....	216

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติมรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 (ว31202).....	14
ตาราง 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล	18
ตาราง 3 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District; CFS (2018).....	39
ตาราง 4 กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับเมคเกอร์สเปซกับการส่งเสริม ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	57
ตาราง 5 แผนจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De- Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 67	67
ตาราง 6 รูปแบบการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	72
ตาราง 7 แสดงการสรุปรองมือและผู้ใช้เครื่องมือในการตอบคำถามวิจัย	75
ตาราง 8 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ใน วงจร ปฏิบัติการที่ 1.....	91
ตาราง 9 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ใน วงจรปฏิบัติการที่ 2	100
ตาราง 10 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3.....	109
ตาราง 11 แสดงปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม.....	111

ตาราง 12 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	117
ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	120
ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 3 เรื่อง บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	123



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space	84
ภาพ 2 กล่องอุปกรณ์ Safe box space ที่จัดส่งให้กับนักเรียน เพื่อให้ นักเรียน ได้ศึกษาในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space	86
ภาพ 3 การดัดแปลงวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้สามารถลอยน้ำได้ ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space	88
ภาพ 4 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำท่าย ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space	89
ภาพ 5 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space	93
ภาพ 6 การรวบรวมการตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบลงในใบกิจกรรม ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space	95
ภาพ 7 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space	97
ภาพ 8 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำท่าย ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Sharing space	98
ภาพ 9 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space	102
ภาพ 10 การสาธิตนักเรียนในโปรแกรม Phet Interactive Simulations ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space	104

ภาพ 11 อุปกรณ์ที่ส่งให้เพิ่มเติม สำหรับใช้ปรับปรุงชิ้นงานในการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space	106
ภาพ 12 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำหายในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการ ที่ 3 ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space.....	108
ภาพ 13 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ 3 วงจร ปฏิบัติการ.....	125
ภาพ 14 แสดงการสร้างค่านิยมหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบ กิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)	126
ภาพ 15 แสดงการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรม ที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	127
ภาพ 16 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	128
ภาพ 17 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)	129
ภาพ 18 การทบทวนของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	130
ภาพ 19 แสดงความอยากรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)	131
ภาพ 20 แสดงข้อตกลงที่ทำหายของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)	132
ภาพ 21 แสดงการบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบ กิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565).....	133
ภาพ 22 แสดงการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมายของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบ กิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	134

ภาพ 23 แสดงการระบุงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565).....	134
ภาพ 24 แสดงการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดของนักเรียนกลุ่มที่ 5 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565).....	135
ภาพ 25 การสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)	136
ภาพ 26 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 5 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)	136
ภาพ 27 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้นของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)	137
ภาพ 28 การประเมินความสำเร็จของตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565).....	138

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

โลกในศตวรรษที่ 21 เปลี่ยนโฉมหน้าของโลกจากยุคศตวรรษที่ 20 ไปอย่างสมบูรณ์ ปัจจุบันโลกเต็มไปด้วยปัญหาต่าง ๆ มากมาย ซึ่งแต่ละปัญหาก็มีความซับซ้อนมากกว่าในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะเทคโนโลยีดิจิทัล ที่ทำให้โลกไร้พรมแดน หรือทำให้โลกแคบลง ทุกประเทศมีโอกาและความสามารถที่เท่าเทียมกัน (นาโชค อุ่นเวียง, 2563) โดยความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เป็นยุคของเทคโนโลยีและนวัตกรรม ความสามารถในการแข่งขันเศรษฐกิจจากเดิมแบบอุตสาหกรรม ได้ถูกแทนที่ด้วยเศรษฐกิจแบบที่มุ่งเน้นการบริการที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ความรู้และนวัตกรรม (ณัฐวัฒน์ ล่องทอง, 2561) ดังนั้นคนยุคใหม่ควรมีทักษะทักษะการคิดที่ซับซ้อนและขั้นสูงขึ้นไป เพื่อที่จะมีโอกาสมากกว่าคนอื่นในสังคมที่มีการแข่งขันสูงแห่งนี้ (มูลนิธิยุวพัฒน์, 2562)

นอกจากนี้ วิจารณ์ พานิช (2555) ยังได้เสนอความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในสิ่งสำคัญสำหรับการเตรียมทรัพยากรทางด้านบุคคล โดยคนยุคใหม่ต้องฝึกความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากโลกกำลังเป็นยุคของนวัตกรรม เพื่อให้พร้อมก้าวเข้าสู่การแข่งขันกับนานาชาติ และสามารถดำรงชีวิตให้อยู่ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ สอดคล้องกับผลการประเมินการจัดอันดับประเทศที่มีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านนวัตกรรม 2021 ที่แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันด้านนวัตกรรมอยู่ในอันดับที่ 36 ของโลก (อันดับ 6 ของเอเชีย) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 อยู่ในอันดับที่ 40 ของโลกจากทั้งหมด 141 ประเทศ/เขตเศรษฐกิจ (Bloomberg Innovation Index 2021, 2021) โดยกุญแจสำคัญในการเพิ่มขีดความสามารถ คือ ผลมาจากความเข้มแข็งในสัดส่วนการลงทุนด้านการวิจัยและการพัฒนา (Research and Development: R&D) ต่อ GDP ของประเทศ รวมถึงจำนวนบุคลากรด้าน R&D ที่เพิ่มมากขึ้น เพื่อก่อให้เกิดมุมมองที่หลากหลายและสร้างสรรค์นวัตกรรมให้เกิดขึ้นได้ (สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ, 2564)

ในปัจจุบันประเทศไทยกำหนดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นหนึ่งในเป้าหมายในการพัฒนากำลังคนของประเทศ โดยในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 กำหนดกรอบยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ในการนำพาประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน รัฐบาลจึงกำหนดแนวทางการบริหารทรัพยากรมนุษย์ โดยเน้นการเตรียมคน การสร้างคน สร้างนวัตกรรม

และการเข้าถึงเทคโนโลยี เพื่อสร้างความพร้อมในการขับเคลื่อนองค์กรให้สอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเป็นโมเดลการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรมในการพัฒนาประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2559) การพัฒนาประเทศซึ่งขับเคลื่อนด้วยนโยบายไทยแลนด์ 4.0 นี้ เป็นการเปลี่ยนแปลงจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิง “นวัตกรรม” (ฉัตรนรินทร์ เมธิกุล, 2559) จะกล่าวได้ว่าไทยแลนด์ 4.0 จึงเป็นยุคเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมเป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจไปสู่ยุคเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยมีฐานคิด คือ 1) เปลี่ยนจากผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม 2) เปลี่ยนจากประเทศภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และ 3) เปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่ภาคบริการมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยยังขาดศักยภาพดังกล่าว จึงยากต่อที่จะเปลี่ยนจากแรงงานทักษะต่ำไปสู่แรงงานที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญ และทักษะสูงขึ้น (กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา, 2559)

อย่างไรก็ตาม ในรายงาน International Institute for Management Development (IMD) ได้สรุปปัจจัยที่กระทบต่อการประเมินในปี 2021 พบว่านวัตกรรม (Innovation) ถือเป็นหัวใจสำคัญของการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจในปัจจุบัน การสร้างนวัตกรรมก็ยังจำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางการศึกษา ซึ่งระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการศึกษาของประเทศไทยได้รับคะแนนค่อนข้างต่ำ อยู่ลำดับที่ 56 จาก 64 ประเทศทั่วโลก (IMD World Competitiveness Ranking, 2021) โดยนวัตกรรมยังมีความสัมพันธ์กับความคิดสร้างสรรค์ และเป็นตัวบ่งชี้ถึงความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และคุณภาพในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในประเทศไทย (IMD World Competitiveness Ranking, 2021 อ้างถึงใน ดนชนก เปื่อน้อย, 2564) สอดคล้องกับภาพรวมผลการประเมินภายนอกรอบสี่ พ.ศ.2559-2563 ของประเทศไทยในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า คุณภาพผู้เรียนส่วนใหญ่ การบริหารจัดการ และประสบการณ์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทั้งหมดอยู่ในระดับดีมาก แต่ควรมีการปรับการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มีครูผู้สอนเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก มีการนำเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มมากกว่าเดิม นำแนวคิดชุมชนแห่งการเรียนรู้มาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงส่งเสริมมีความคิดสร้างสรรค์สามารถสร้างงานให้มีมูลค่าเพิ่ม และสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2562)

การจัดการศึกษาสำหรับการเตรียมกำลังคนของประเทศไทย โดยเฉพาะในรายวิชาวิทยาศาสตร์ มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างนวัตกรรม จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจน

เทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับ ความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด และเป็นฐานในการขับเคลื่อนกิจกรรมทางเศรษฐกิจในอนาคตได้ (ทวิศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนไม่ได้รับส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้น “ผลลัพธ์” แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญถึง “กระบวนการ” โดยปิดกั้นอิสระ และโอกาสทางความคิด จึงทำให้นักเรียนกลัวที่จะทำผิด กลัวความผิดพลาดรวมไปถึงการลงผิดของถูกด้วยตนเอง จึงไม่สามารถสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ขึ้นมาได้ (สรวงมณฑ์ สิทธิสมาน, 2563)

สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยพบในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโครงการเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ (Pre-Engineering) ที่เป็นโครงการสำหรับการเตรียมศักยภาพด้านวิศวกรรมที่พร้อมจะขับเคลื่อนประเทศไทยของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ที่ได้รับการสะท้อนผลในการประเมินภายนอกรอบสี่ พ.ศ. 2559-2563 ของด้านที่ 1 คุณภาพของผู้เรียน ซึ่งพบว่ามียกระดับคุณภาพดีมาก แต่มีจุดที่ควรพัฒนา คือ ผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาต่อยอดให้มีความคิดสร้างสรรค์ที่ดียิ่งขึ้น โดยการมอบหมายงานหรือโจทย์ที่มีความแปลกใหม่ และมีการกำหนดระยะเวลาในดำเนินกิจกรรมที่ไม่นานจนเกินไป มีกิจกรรมกลุ่ม ทั้งนี้ไม่มุ่งเน้นความถูกต้องของผลงานผู้เรียน และประการสำคัญครูต้องไม่ทำการช่วยเหลือผู้เรียนในทุกกรณี เพื่อให้เป็นการฝึกการทำงานร่วมกัน ฝึกความรับผิดชอบ การแก้ไขสถานการณ์ให้ดียิ่งขึ้น และสามารถเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีจินตนาการที่กว้างขึ้นส่งผลให้มีความคิดสร้างสรรค์ที่ดียิ่งขึ้นได้ (รายงานการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสี่ พ.ศ. 2559-2563 ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานโรงเรียนตากพิทยาคม, 2562)

รวมถึงผลการประเมินหนึ่งในเป้าหมายของโรงเรียนมาตรฐานสากลที่มุ่งให้ผู้เรียนผลิตงานอย่างสร้างสรรค์ มีทักษะและความสามารถเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และมีศักยภาพ ทักษะและความสามารถในการผลิตผลงานต่าง ๆ อย่างมีคุณภาพ เทียบเทียบได้ไม่ต่ำกว่าผู้เรียนของประเทศที่มีคุณภาพการศึกษาสูง ซึ่งผู้วิจัยยังไม่สามารถพัฒนาผู้เรียนให้สร้างผลงาน หรือนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ได้ตามเป้าหมายของหลักสูตรโรงเรียนมาตรฐานสากลได้ โดยแสดงได้จากการตรวจผลงานที่ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียน โครงการเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ (Pre-Engineering) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 รายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ในการใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ เรื่อง กฎของพาสคัล มาออกแบบและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมเกี่ยวกับเครื่องผ่อนแรงระบบไฮดรอลิก การจากสังเกตพฤติกรรมการทำงาน และการตรวจชิ้นงาน พบว่า การออกแบบชิ้นงานของนักเรียนทุกกลุ่มมีความคล้ายคลึงกัน คือ เครื่องบีบอัดสิ่งของระบบไฮดรอลิก การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมกับแรงอัด แรงบีบ หรือไม่เหมาะสมกับการใช้งานของชิ้นงาน
นวัตกรรม จึงทำให้เกิดการชำรุดได้ง่าย

จากปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ข้างต้น พบว่าผู้วิจัยไม่ได้ให้ความสำคัญกระบวนการคิด
ของนักเรียนตามวัตถุประสงค์ของกิจกรรมที่ตั้งไว้ และไม่ได้สร้างความตระหนักถึงขั้นตอนการออกแบบ
รวมถึงการส่งมือสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมของนักเรียนตั้งแต่แรก จึงไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด
ทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเท่าที่ควร การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ
ความรู้มาประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์ หรือทำกิจกรรมในสถานการณ์แปลกใหม่ที่สอดคล้องกับชีวิต
จริงเท่าที่ควร ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบบรรยาย และท่องจำส่งผลให้ผู้เรียน โดยไม่ได้ฝึกฝน
การใช้ทักษะในการค้นคว้าข้อมูล การเรียนรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนขาดการแสดงออกทางความคิด
ขาดความคิดสร้างสรรค์

ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับสมดุกล ซึ่งเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่
การสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ มากมาย เป็นส่วนสำคัญของการออกแบบ การสร้างวัสดุอุปกรณ์ รวมถึง
การสิ่งก่อสร้างเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ทุกชนิด เพื่อเป็นการส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และ
นวัตกรรม ให้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ (Pre-Engineering)
เพื่อเตรียมศักยภาพด้านวิศวกรรมที่พร้อมจะขับเคลื่อนประเทศไทยให้เป็นไปตามโมเดลนโยบาย
ไทยแลนด์ 4.0 และเป็นพลโลกในศตวรรษที่ 21 ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน
เรื่อง สมดุกล นี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์อย่างกว้างขวางในด้าน
วิศวกรรม ได้ใช้หลักการสมดุกลในการออกแบบและสร้างลักษณะของโครงสร้าง หรือชิ้นส่วน
ในสภาวะสมดุล คำนวณหาแรงกระทำต่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในโครงสร้างหลักของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ
เช่น โครงสร้างอาคารตึกสูง คานบ้าน การสร้างสะพาน การออกแบบโครงสร้างของยานพาหนะเรือ
รถยนต์ รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ช่างอีกมากมาย อาทิ คีม ล้อ เฟลา เป็นต้น (โชคชัย ยืนยง,
2557)

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และ
นวัตกรรมของนักเรียนพบว่า การทำงานขององค์กรชั้นนำของโลกในการสร้างสรรค์ผลงาน และ
นวัตกรรมต่าง ๆ ที่มีทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก อาทิ Google, Apple, Phillips, P&G และ Airbnb
 เป็นต้น โดยองค์กรต่าง ๆ เหล่านี้ ได้นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบ มาใช้เป็นเครื่องมือหลัก เพื่อสร้าง
นวัตกรรมต่าง ๆ (DEX Space, 2017) ส่วนทางด้านการศึกษาได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในศาสตร์
ที่มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เช่น ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม
ศาสตร์ แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทางด้านศึกษาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการออกแบบและการเรียนรู้
จากการสร้างของผู้เรียนเป็นวิธีการสอนปัญหาและโอกาสที่เสนอและแก้ไขการประยุกต์ โดยใช้หลักการ
และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และชิ้นงานที่สมบูรณ์สุดท้าย เกิดจากความคิดที่ได้จากต้นแบบ

ที่ผ่านการทำซ้ำ การทดลอง เน้นการแก้ปัญหาแบบลงมือปฏิบัติ และการสร้าง ความการเอาใจใส่ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Brad Camburn, 2016)

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ Double Diamond De-Sign ของ UK Design Council เป็นลำดับการปฏิบัติการ ตลอดจนวิธีคิดและกระบวนการในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ไปจนถึงสามารถสร้างนวัตกรรมหรือผลลัพธ์เพื่อมาตอบโจทย์ที่ต้องการได้ มี 4 ขั้นตอนโดยเริ่มจากการริเริ่มของประเด็นปัญหาสู่การคิดในขั้นที่ 1) การคิดค้นข้อมูล (Discover) เป็นขั้นตอนการแตกประเด็นของปัญหา แล้วค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไขในบริบทที่นักออกแบบและผู้มีส่วนได้เสียเห็นพ้องต้องกัน ซึ่งเป็นการนำปัญหานั้นไปวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2) การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ทำความเข้าใจและตีความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง จัดลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องการจะแก้ไขเพียงปัญหาเดียว แล้วนำปัญหาที่เลือกเปรียบเสมือนการสรุปประเด็นปัญหานั้นมาไปพัฒนาในขั้นตอนที่ 3) การพัฒนาความคิด (Develop) สร้างต้นแบบและทำการทดสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง โดยขั้นตอนการทดสอบและข้อผิดพลาดนี้ช่วยให้ผู้เรียนหรือนักออกแบบสามารถปรับปรุงแนวคิด สู่ขั้นตอนสุดท้ายคือ 4) การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) เป็นขั้นตอนในการทดสอบช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำเอานวัตกรรมออกสู่ตลาด หรือนำเอาไปใช้จริง อาจเกิดเป็นประเด็นปัญหาใหม่เพื่อกลับไป ในขั้นตอนที่หนึ่ง ซึ่งกระบวนการคิดออกแบบ Double Diamond De-Sign นั้นเน้นการแสดงให้เห็นจำนวนข้อมูลและแนวคิดที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 3 จำนวนข้อมูลแนวคิดที่ถูกขมวด คัดกรอง ผสาน หรือสรุปรวบเป็นหนึ่งเดียวในช่วงของขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 4 เป็นการอธิบายให้เห็นถึงปริมาณข้อมูลในรูปแผนภูมิ แม้ในการทำงานจริงจะมีลักษณะและปริมาณข้อมูลเพิ่มขึ้นและรวมลดลง ตามรูปทรงคล้ายเพชร 2 รูปติดกัน (ไปรมา อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2560)

นอกจากนี้ยังพบว่าการส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกระบวนการคิดแบบ Double Diamond De-Sign ในขั้นตอน การพัฒนาความคิด (Develop) ผู้เรียนต้องระดมความคิดสู่การลงมือปฏิบัติสร้างต้นแบบของชิ้นงานให้เป็นรูปธรรม และทำการทดสอบ ปรับปรุงต้นแบบซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะสำเร็จ จำเป็นต้องอาศัยการกระตุ้นผู้เรียน โดยการสร้างหรือจัดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเรียนรู้ หรือ เมคเกอร์สเปซ (Makerspaces) จากครูผู้สอน (Brad Camburn, 2016) โดยแนวคิดตามหลักของเมคเกอร์ศึกษา ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สนุก กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากทำ อยากแบ่งปัน และอยากทำร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับ (Susan Blackley, 2018) ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างสรรค์ผลงานและนวัตกรรมผ่านการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยในการทำงาน การร่วมแสดงความคิดเห็น การแบ่งปันเครื่องมือ สู่การลงมือปฏิบัติสร้างชิ้นงานจริง (เบนยามิน วงษ์ประเสริฐ, 2561) ดังนั้น การจัดเมคเกอร์สเปซ (Makerspaces) โดยครูผู้สอนจึงเป็นประโยชน์ในแง่ของการยกระดับการออกแบบและนวัตกรรม (Sajid Khalifa, 2017)

ประกอบกับการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019: COVID-19) ทำให้เกิดการปรับตัวเป็นวิถีชีวิตแบบใหม่ (New Normal) โดยเฉพาะการศึกษาที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนแบบปกติได้ จึงจำเป็นต้องใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ เพื่อให้การเรียนรู้เกิดความต่อเนื่อง การเรียนการสอนแบบออนไลน์มีองค์ประกอบ ได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน เนื้อหาสื่อการเรียนและแหล่งเรียนรู้กระบวนการจัดการเรียนรู้ ที่ทำให้ผู้สอนและผู้เรียน มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันได้ (วิทยา วาโย, 2563) ซึ่งการพิจารณาองค์ประกอบและรูปแบบที่สอดคล้องเหมาะสมกับลักษณะวิชา และบริบทของผู้เรียนจะนำไปสู่การจัดการเรียนรู้ทางออนไลน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้เพื่อเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์เป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน และสำคัญที่สุด ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันและนวัตกรรมที่สร้างสรรค์เนื้อหา (Content) อำนวยความสะดวกการสอนได้ง่าย ทำให้เราสามารถเรียนรู้ทุกเนื้อหาได้จากทุกคน ทุกที่ ทุกเวลา (เจริญ ภูวิจิตร, 2564)

ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหา และมีความสนใจที่จะจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามของการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นอย่างไร
2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล เป็นอย่างไร

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการคิด Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหา รายวิชาเพิ่มเติม ว31202 ฟิสิกส์ 2 ตามผลการเรียนรู้ และ สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 เรื่อง สมดุลกล ประกอบด้วย สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และเสถียรภาพของวัตถุ

2. ด้านสิ่งที่ศึกษา

2.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล

2.2 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3. ด้านแหล่งข้อมูล

ผู้เข้าร่วมงานวิจัย คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ (Pre-Engineering) จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ แห่งหนึ่งในจังหวัดตาก สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ หมายถึง แนวคิดการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างสรรค์ผลงาน หรือนวัตกรรม โดยผ่านการจัดการเรียนการสอนที่มีการจัดสภาพแวดล้อมหรือเมคเกอร์สเปซ (Makerspaces) แบบออนไลน์ที่เหมาะสมกับการสร้างสรรค์นวัตกรรม ร่วมกับการกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign (DEX Space, 2017) 4 ชั้น ดังนี้

1.1 ชั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอน หรือผู้วิจัยนำประเด็นปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง สมดุลกล มาเป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านทาง Google Meet จากนั้นนักเรียนจะได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่มนักเรียนด้วยกัน เพื่อค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไข ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน และครูผู้สอนหรือผู้วิจัยใช้ในติดตามพัฒนาการของนักเรียน

1.2 ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจ ติความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง โดยทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ แล้วนำโพสต์ลงใน Google Drive เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสร้างสรรค์ชิ้นงานในขั้นการพัฒนาความคิดต่อไป

1.3 ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space สร้างต้นแบบชิ้นงานจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียน และกล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ ที่จำเป็น ที่ผู้วิจัยจัดส่งให้ผ่านทางไปรษณีย์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดและออกแบบสร้าง และทำการทดสอบ โดยขั้นตอนการทดสอบและข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับนักเรียน จะช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1.4 ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space ผู้เรียนได้นำเอาผลงานหรือชิ้นงานไปใช้จริงในบริบทปัญหาจริง โดยการโพสต์ชิ้นงานสู่สาธารณะผ่านทาง Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ และมีการประเมินความสำเร็จของการทำงานของสมาชิกภายในกลุ่ม

ทั้งนี้ นักเรียนสามารถขอคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space เพื่อพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ได้ตลอดเวลาผ่านทางแอปพลิเคชัน Line

2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง ทักษะของผู้เรียนในการแสดงออกทางด้านความคิด จินตนาการ เรื่อง สดุดกลล สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และเสถียรภาพของวัตถุ ที่จะนำไปสู่การออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมด้วยความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ โดยผู้เรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

2.1 การสร้างความคิด ได้แก่ มีค่านิยมหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา มีการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และการตรวจสอบความคิดอย่างสร้างสรรค์

2.2 การออกแบบและละเอียดรอบคอบ ได้แก่ มีการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน และมีการทบทวน

2.3 การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีความอยากรู้ และมีข้อตกลงที่ท้าทาย

2.4 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม

2.5 การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการระบุวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด และสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้

2.6 การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน มีการวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น และมีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ในงานวิจัยนี้จะวัดโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามกรอบ Catalina Foothills School District: CFSD (2018)



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล โดยการจัดการเรียนในรูปแบบออนไลน์ที่ใช้ตามกระบวนการ
Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ซึ่งได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย
ที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา
 - 1.1 วิสัยทัศน์ตามหลักสูตรมาตรฐานสากลของโรงเรียน
 - 1.2 เป้าหมายการพัฒนาผู้เรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล
 - 1.3 มาตรฐานและผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.4 คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2
 - 1.5 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 ที่เกี่ยวข้องกับ เรื่อง
สมดุลกล
2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
 - 2.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21
 - 2.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
 - 2.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
 - 2.4 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. เมคเกอร์สเปซ (Makerspace)
 - 3.1 ความหมายของเมคเกอร์สเปซ
 - 3.2 ความสำคัญของเมคเกอร์สเปซ
 - 3.3 องค์ประกอบของเมคเกอร์สเปซ
4. กระบวนการคิดเชิงออกแบบ
 - 4.1 ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ
 - 4.2 ลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ
 - 4.3 กระบวนการคิดแบบ The Double Diamond De-Sign Process
 - 4.4 กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์กับ
การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรสถานศึกษา

สถานศึกษาได้จัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560

1. วิสัยทัศน์ตามหลักสูตรมาตรฐานสากลของโรงเรียน

สถานศึกษาเป็นโรงเรียนคุณภาพชั้นนำเทียบเคียงมาตรฐานสากลใส่ใจสิ่งแวดล้อม น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ภายในปี 2566

2. เป้าหมายการพัฒนาผู้เรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล

เป้าหมายด้านการพัฒนาผู้เรียนของโรงเรียนในโรงเรียนมาตรฐานสากล มีทั้งหมด 5 เป้าหมาย ดังนี้

2.1 เป็นเลิศทางวิชาการ หมายถึง นักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกกลุ่มสาระการเรียนรู้สูง

2.2 สื่อสารสองภาษา หมายถึง นักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล มีทักษะและความสามารถ ด้านภาษา ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษสูง ในระดับเดียวกับนักเรียนของประเทศที่มีคุณภาพการศึกษาสูง ทั้งเพื่อการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ เพื่อการติดต่อสื่อสาร เพื่อการนำเสนอ ผลงาน เพื่อการโต้แย้งให้เหตุผล และเพื่อ การเจรจาความร่วมมือ ทั้งด้านการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน และนักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล มีความสนใจเรียนวิชาภาษาต่างประเทศภาษาที่สองเพิ่มมากขึ้น

2.3 ล้ำหน้าทางความคิด หมายถึง นักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากลมีความคิด ริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative Thinking) มีความคิดอย่างวิทยาศาสตร์ (Scientific Thinking) และมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) รวมถึงมีทักษะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical honking) ในการแก้ปัญหา และในการใช้ ICT เพื่อการเรียนรู้สูง ในระดับเดียวกับนักเรียนของประเทศที่มีคุณภาพ การศึกษาสูง

2.4 ผลงานอย่างสร้างสรรค์ หมายถึง นักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล มีทักษะความสามารถในการศึกษาเรียนรู้ด้วยตนเอง (Independent Study) และมีความสามารถในผลิตผลงานด้านต่าง ๆ ด้วยตนเองอย่างมีคุณภาพสูง

2.5 ร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคมโลก หมายถึง นักเรียนโรงเรียนมาตรฐานสากล เป็นผู้ที่มึจิตสาธารณะ มีสำนึกในการบริการสังคม มีความรับผิดชอบต่อสังคม และมีจิตสำนึกในการส่งเสริมพิทักษ์ และปกป้องสิ่งแวดล้อม ตลอดจนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิถีชีวิต ศิลปะ วัฒนธรรม และสถานะภาพทางเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมของประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะกลุ่มประเทศอาเซียนอยู่ในระดับสูง

3. มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

ผลการเรียนรู้

8. อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ และผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

9. สังเกต และอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุได้

4. คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ 2

ศึกษา วิเคราะห์ และอธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุนแรงคู่ควบ และผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุ อิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรง สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและคำนวณกำลังเฉลี่ย อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณ งานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์ อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล อธิบายและ

คำนวณโมเมนต์ของวัตถุ และการตลจากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงตลกับโมเมนต์ ทดลอง อธิบาย และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการตีตัวแยกจากกัน ในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนต์ อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุ ในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่ แบบวงกลมในการอธิบายการ โคจรของดาวเทียม

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบายและการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจมีความสามารถในการตัดสินใจสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้อง

ผลการเรียนรู้ 10 ผลการเรียนรู้

1. อธิบายสมมูลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบ และผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมมูลของวัตถุ เขียน แผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุ อธิบายเมื่อวัตถุอยู่ในสมมูลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมมูลของแรงสามแรง
2. สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อ เสถียรภาพของวัตถุ
3. วิเคราะห์ และคำนวณงานของ แรงคงตัว จากสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับ ตำแหน่ง รวมทั้งอธิบายและ คำนวณกำลังเฉลี่ย
4. อธิบายและคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลอง หาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรง ลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์
5. อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์ พลังงานกล
6. อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพ และการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมมูลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

7. อธิบายและคำนวณโมเมนตัมของ วัตถุ และการตกลงสมการและพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงลัพธ์กับเวลา รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงดลกับโมเมนตัม

8. ทดลอง อธิบายและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการชนของวัตถุในหนึ่งมิติ ทั้งแบบยืดหยุ่น ไม่ยืดหยุ่น และการติดตัวแยกจากกันในหนึ่งมิติซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

9. อธิบาย วิเคราะห์ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ และทดลองการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

10. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงสู่ศูนย์กลาง รัศมีของการเคลื่อนที่ อัตราเร็วเชิงเส้น อัตราเร็วเชิงมุม และมวลของวัตถุในการเคลื่อนที่แบบวงกลมในระนาบระดับ รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และประยุกต์ใช้ความรู้การเคลื่อนที่ แบบวงกลมในการอธิบาย การ โคจรของดาวเทียม

ตาราง 1 โครงสร้างรายวิชาเพิ่มเติมรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2 (ว31202)

หน่วย ที่	ชื่อหน่วย	มาตรฐาน/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชม.)	คะแนน
1	สมดุกล	สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 ม.4/8 ม.4/9	สมดุกลเป็นสภาพวัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ให้คงเดิมหรือหยุดนิ่ง (สมดุกลสถิต) หรือเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม คงตัว (สมดุกลจลน์) วัตถุที่สมดุกลต่อการเคลื่อนที่คือ หยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรง ลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์และวัตถุจะสมดุกล ต่อการหมุนคือไม่หมุน หรือหมุนด้วยความเร็ว เชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำ ต่อวัตถุเป็นศูนย์เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุกลต่อ การเคลื่อนที่แต่ไม่สมดุกลต่อการหมุนการเขียน แผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระสามารถ นำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวมของ โมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุกล เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้น ที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ถ้าแนวแรงนั้น	16	10

หน่วย ที่	ชื่อหน่วย	มาตรฐาน/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชม.)	คะแนน
			<p>กระทำผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน</p> <p>วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ</p> <p>ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน</p> <p>โดยศูนย์กลางของวัตถุมีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ</p>		
2	งานและพลังงาน	<p>สาระฟิสิกส์</p> <p>ข้อ 1</p> <p>ม.4/10</p> <p>ม.4/11</p> <p>ม.4/12</p> <p>ม.4/13</p>	<p>เมื่อมีแรงคงตัวกระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้</p> <p>การกระจัดจะเกิดงานของแรงนั้น ซึ่งหาได้จาก</p> <p>ผลคูณระหว่างขนาดของแรงกับขนาดของ</p> <p>การกระจัดและโคไซน์ของมุมระหว่างแรงกับ</p> <p>การกระจัด หรือหางานได้จากพื้นที่ใต้กราฟ</p> <p>ระหว่างแรงกับการกระจัด โดยงานที่ทำได้ใน</p> <p>หนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า กำลังเฉลี่ยพลังงานเป็น</p> <p>ความสามารถในการทำงาน พลังงานจลน์เป็น</p> <p>พลังงานของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ พลังงานศักย์</p> <p>เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งหรือรูปร่าง</p> <p>ของวัตถุซึ่งแบ่งออกเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง</p> <p>และพลังงานศักย์ยืดหยุ่นโดยพลังงานกลเป็น</p> <p>ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์</p> <p>ซึ่งงานและพลังงานมีความสัมพันธ์กันโดยงาน</p> <p>ของแรงลัพธ์เท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่</p> <p>เปลี่ยนไปพลังงานต่าง ๆ สามารถเปลี่ยนเป็น</p> <p>อีกพลังงานหนึ่งได้แต่ผลรวมของพลังงาน</p> <p>ยังคงเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน</p> <p>โดยกฎการอนุรักษ์พลังงานกลใช้อธิบาย</p> <p>การเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น การเคลื่อนที่ของ</p> <p>วงกลมในระนาบตั้ง การเคลื่อนที่ของวัตถุ</p> <p>ที่ติดสปริง การเคลื่อนที่ภายใต้สนามโน้มถ่วง</p> <p>ของโลก เป็นต้น</p> <p>เครื่องกลเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้การทำงาน</p> <p>สะดวกขึ้นหรือง่ายขึ้น หรือช่วยในการผ่อนแรง</p> <p>เครื่องกลที่จัดเป็นเครื่องกลอย่างง่าย ได้แก่</p>	20	15

หน่วย ที่	ชื่อหน่วย	มาตรฐาน/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชม.)	คะแนน
			คาน รอก พื้นเอียง ลิ่ม สกรูและ ล้อกับเพลา โดยการทางานใช้หลักการของงาน และสมดุล กลประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพและ การได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่าย		
สอบกลางภาค				2	25
3	โม เมนตัม และการ ชน	สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 ม.4/14 ม.4/15	วัตถุที่เคลื่อนที่จะมีโมเมนตัมซึ่งเป็นปริมาณ เวกเตอร์มีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลกับ ความเร็วของวัตถุ เมื่อมีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ จะทำให้โมเมนตัมเปลี่ยนไป โดยแรงลัพธ์ที่ กระทำกับวัตถุเท่ากับอัตราการเปลี่ยนโมเมนตัม ของวัตถุ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุในเวลาสั้น ๆ เรียกว่า แรงตล โดยผลคูณของแรงตลกับเวลา เรียกว่า การตล ซึ่งการตลอาจหาได้จากพื้นที่ ใต้กราฟระหว่างแรงตลกับเวลา เมื่อวัตถุชนกัน โมเมนตัมก่อนการชนของ ระบบเท่ากับโมเมนตัมหลังการชนของระบบ เป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งในการ ชนกันของวัตถุที่พลังงานจลน์ของระบบมีค่า คงตัวเป็นการชนแบบยืดหยุ่น ส่วนการชนที่ พลังงานจลน์ของระบบไม่คงตัวเป็นการชนแบบ ไม่ยืดหยุ่น โดยกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมช่วย ในการอธิบายการชนและการระเบิดของวัตถุ	20	15
4	การ เคลื่อนที่ แนวโค้ง	สาระฟิสิกส์ ข้อ 1 ม.4/16 ม.4/17	การเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีเส้นทางเป็นโค้ง พาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรง ต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจก ไทล์ ซึ่งพิจารณาได้ว่าวัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ในแนวตั้งและแนวระดับพร้อมกันและเป็นอิสระ ต่อกัน ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรง กระทำจึงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วคงตัว วัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมหรือส่วนของ วงกลม เรียกว่า เป็นการเคลื่อนที่แบบวงกลม	20	10

หน่วย ที่	ชื่อหน่วย	มาตรฐาน/ ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด	เวลา (ชม.)	คะแนน
			<p>ซึ่งมีแรงลัพธ์ที่กระทำกับวัตถุในทิศเข้าสู่ศูนย์กลาง เรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง ทำให้เกิดความเร่งสู่ศูนย์กลางที่มีขนาดสัมพันธ์กับรัศมีของการเคลื่อนที่ และอัตราเร็วเชิงเส้นของวัตถุ</p> <p>นอกจากนี้ การเคลื่อนที่แบบวงกลมยังสามารถอธิบายได้ด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงเส้น และแรงสู่ศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วเชิงมุม</p> <p>การเคลื่อนที่ในแนววงกลม ได้แก่ การเคลื่อนที่ของรถบนถนนโค้ง และดาวเทียมที่โคจรเป็นแนววงกลมรอบโลก</p>		
			สอบปลายภาค	2	25
			รวม	80	100

4. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 ที่เกี่ยวข้อง กับ เรื่อง สมดุลกล

ในงานวิจัยนี้ เป็นการสอนเนื้อหาของวิชาเพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 รหัสวิชา ว31202 จากการศึกษาหลักสูตรโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลกล มีการกำหนดผลการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ตาราง 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 ที่เกี่ยวข้องกับการเรื่อง สมดุลกล

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. สมดุล ต่อการเลื่อนที่	8. อธิบายสมดุลกลของ วัตถุ โมเมนต์ และผลรวม ของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรง คู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรง ที่กระทำต่อวัตถุอิสระ เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลอง และอธิบายสมดุลของแรง สามแรงได้	1) สมดุลกลเป็นสภาพวัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ให้คงเดิม คือ หยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว 2) วัตถุจะสมดุลต่อการเลื่อนที่คือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=0}^n \vec{F}_i = 0$
2. สมดุล ต่อการหมุน	8. อธิบายสมดุลกลของ วัตถุ โมเมนต์ และผลรวม ของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรง คู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่ กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อ วัตถุอยู่ในสมดุลกล และ คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องรวมทั้งทดลอง และอธิบายสมดุลของ แรงสามแรงได้	5) การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และ ผลรวมของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุ อยู่ในสมดุลกล 1) สมดุลกลเป็นสภาพวัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ให้คงเดิม คือ หยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว หรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว 3) วัตถุจะสมดุลต่อการหมุนคือไม่หมุนหรือหมุน ด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัวเมื่อผลรวมของโมเมนต์ ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ $\sum_{i=0}^n M_i = 0$ โดยโมเมนต์คำนวณได้จากสมการ $M=FL$ 4) เมื่อมีแรงคู่ควบกระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะเท่ากับศูนย์ ทำให้วัตถุสมดุลต่อการเลื่อนที่แต่ไม่สมดุลต่อการหมุน 5) การเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาแรงลัพธ์และผลรวม ของโมเมนต์ที่กระทำต่อวัตถุเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลกล

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
2. สมดุล สัมบูรณ์	9. สังเกตและอธิบาย สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุ ผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มี ต่อเสถียรภาพของวัตถุ	6) เมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุที่วางบนพื้นที่ไม่มีแรงเสียด ทาน ในแนวระดับ ถ้าแนวรานั้นกระทำผ่านศูนย์กลาง มวลของวัตถุ วัตถุจะเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่โดยไม่หมุน 7) วัตถุที่อยู่ในสนามโน้มถ่วงสม่ำเสมอ ศูนย์กลางมวล และศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ศูนย์ถ่วงของวัตถุ มีผลต่อเสถียรภาพของวัตถุ

จากตาราง 2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาฟิสิกส์ 2 ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุล ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยใช้ผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในหน่วยที่ 1 สมดุล ทั้งหมด 2 ข้อ คือ ข้อ 8 อธิบายสมดุลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้ สำหรับใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ กับเรื่อง สมดุลต่อการหมุน และ ข้อ 9 สังเกตและอธิบายสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์กลางที่มีต่อเสถียรภาพของวัตถุ ในการออกแบบกิจกรรม สำหรับใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง สมดุลสัมบูรณ์

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1. ทักษะในศตวรรษที่ 21

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีหลายองค์กรพัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2009) การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องยึดผลลัพธ์ทั้งแง่ในความรู้ของวิชาแกนและทักษะแห่งศตวรรษใหม่ ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่โรงเรียน สถานที่ทำงานและชุมชนต่างเห็นคุณค่าว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อโลกของการทำงานและการศึกษาขั้นสูง ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 คือเครื่องมือที่ต้องใช้เพื่อเป็นบันไดทางเศรษฐกิจและสังคมในระดับสูง ผู้เรียนต้องมีความรู้ในเนื้อหา และทักษะที่จะประยุกต์ใช้และปรับเปลี่ยนความรู้เหล่านั้นให้เข้ากับเป้าหมายที่ยังประโยชน์และสร้างสรรค์ รวมถึงการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตามเนื้อหาและสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปกรอบความคิดนี้ถูกพัฒนาร่วมกันองค์กรเกือบ 40 องค์กรที่เป็นสมาชิก ซึ่งรวมถึงสมาคมการศึกษาแห่งชาติ (National Education Association) กรอบความคิดนี้ถูกนำเสนอแก่ผู้กำหนดนโยบายนักการศึกษา นักธุรกิจ

องค์กรชุมชน และผู้ปกครองนักเรียนที่เห็นด้วยเป็นอย่างยิ่งว่าทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งจำเป็นต่อความสำเร็จในปัจจุบัน (Kay, 2010 อ้างถึงใน พิชญ์ ดิมิ, 2559) กรอบแนวคิดการเรียนรู้ทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย

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

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จในที่ทำงานและชุมชนแต่ไม่ได้เน้นในโรงเรียนทุกวันนี้ ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และความตระหนักในสุขภาพและสวัสดิภาพ

3. ทักษะการเรียนรู้และการคิด นอกจากเรียนรู้เนื้อหาทางวิชาการแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักวิธีเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต รู้จักใช้สิ่งที่เรียนมาอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้และการคิด ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์และทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสาร ทักษะการสร้างสรรค์และการผลิตนวัตกรรม ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการเรียนรู้ตามบริบท และทักษะพื้นฐานด้านข้อมูลและสื่อ

4. ความรู้พื้นฐานไอซีที ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในบริบทของการเรียนรู้วิชาแกน ผู้เรียนต้องใช้เทคโนโลยีให้เป็นเพื่อเรียนรู้เนื้อหาและทักษะ จะได้รู้จักวิธีเรียนรู้ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การใช้ข้อมูลข่าวสาร การสื่อสาร การผลิตนวัตกรรม และการร่วมมือทำงาน

5. ทักษะชีวิต ครูที่ดีย่อมรู้จักสอดแทรกทักษะชีวิตในบทเรียน ความท้าทายในปัจจุบันคือการผสมผสานทักษะที่จะเป็นเหล่านี้ในโรงเรียนอย่างจริงจัง แยกคาย และรอบด้าน ทักษะชีวิต ได้แก่ ความเป็นผู้นำ ความมีจริยธรรม การรู้จักรับผิดชอบ ความสามารถในการปรับตัว การรู้จักเพิ่มพูนประสิทธิภาพของตนเอง ความรับผิดชอบต่อตนเอง ทักษะในการเข้าถึงคนความสามารถในการชี้แนะตนเอง และความรับผิดชอบต่อสังคม

6. การประเมินในศตวรรษที่ 21 การประเมินผลที่แท้จริงเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาในศตวรรษที่ 21 การประเมินนี้ต้องวัดผลลัพธ์สำคัญ 5 ประการ ได้แก่ วิชาแกน เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 ทักษะการเรียนรู้และการคิด ความรู้พื้นฐานไอซีที และทักษะชีวิต การประเมินทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ควรทำควบคู่ไปกับการประเมินวิชาแกน เพราะการประเมินที่แยกขาดกันจะบั่นทอนเป้าหมายในการหลอมรวมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้ากับวิชาแกนเทคโนโลยีสมัยใหม่ จะช่วยให้การประเมินมีประสิทธิภาพ มีความยั่งยืน และเสียค่าใช้จ่ายน้อยลงแบบทดสอบมาตรฐาน

เพียงอย่างเดียวใช้วัดทักษะการเรียนรู้ที่เรียนได้ไม่ก็อย่าง การประเมินต้องผสมผสานให้สมดุลระหว่าง แบบทดสอบมาตรฐานที่มีคุณภาพ กับการประเมินในชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจะเกิดเป็น เครื่องมืออันทรงพลังสำหรับครูและนักเรียนในการเรียนรู้เนื้อหาและทักษะที่จำเป็นต่อความสำเร็จ

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

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation skills) คือ ทักษะ ที่แสดงถึงการเรียนนักเรียนให้มีความพร้อมในการทำงาน และดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ที่แตกต่าง จากอดีตโดยเฉพาะต้องใช้ทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การสื่อสาร การร่วมมือ ในการทำงาน สำหรับการใช้ชีวิตที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น และสิ่งแวดล้อมในการทำงานในโลกปัจจุบัน โดยทักษะที่จำเป็น ได้แก่

1.1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) คือ การที่ผู้เรียน มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำงานอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับผู้อื่นได้ และเกิดนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย

1.1.1 การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) เป็นการใช้ความคิดที่อิสระ ในการออกแบบเทคนิค มาจากหลายวิธีการ เช่น การระดมสมอง (brainstorming) สร้างสิ่งใหม่ ซึ่งเป็นแนวคิดที่มีคุณค่า สร้างขึ้นจากทวิเคราะห์และประเมินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.1.2 การทำงานกับคนอื่น ๆ อย่างสร้างสรรค์ (Work Creativity with Others) เป็นการสร้างและสื่อสารแนวคิดใหม่ ๆ ให้ผู้อื่นทราบอย่างมีประสิทธิภาพ แสดงออก โดยปฏิบัติอย่างริเริ่มสร้างสรรค์และเข้าใจข้อจำกัดที่เป็นจริง มองเห็นว่าแม้จะล้มเหลวแต่ได้มีโอกาส เรียนรู้และเข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมต้องใช้เวลายาวนาน

1.1.3 การนำนวัตกรรมไปใช้ (Implement Innovations) ความคิดริเริ่มไปใช้ ให้เกิดประโยชน์ต่องาน ทำให้ผลงานนั้นเป็นนวัตกรรม

1.2 การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Critical thinking and Problem solving) ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตอบคำถามและ แก้ปัญหาได้ วิเคราะห์และประเมินทางเลือกที่ชัดเจน และสะท้อนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจ และ กระบวนการ ประกอบด้วย

1.2.1 การให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ (Reason Effectively) คือ การใช้วิธี หาเหตุผลจากหลากหลายวิธี เช่น การอุปมาอุปมัย

1.2.2 การคิดอย่างเป็นระบบ (Use Systems Thinking) คือ การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ส่วนย่อย ๆ และจึงมองเป็นภาพรวม

1.2.3 การพิจารณาและตัดสินใจ (Make Judgments and Decisions) คือ การวิเคราะห์และประเมินข้อมูล แนวคิดอย่างมีประสิทธิภาพ สังเคราะห์และเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสารสนเทศและข้อถกเถียง ตีความข้อมูลและลงข้อสรุป สะท้อนสิ่งที่เรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ

1.2.4 การแก้ปัญหา (Solve Problem) คือ การแก้ปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้วิธีปกติและวิธีใหม่ ๆ วิเคราะห์คำถามสำคัญเพื่อให้ความคิดชัดเจนขึ้นและนำไปสู่การลง

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

1.3.1 การสื่อสารอย่างชัดเจน (Communicate clearly) คือ การแยกแยะ แนวคิดอย่างมีเหตุผลโดยใช้การสนทนา การเขียนและทักษะการสื่อสารต่าง ๆ ในหลายรูปแบบและ ในหลายบริบท ฟังอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเข้าใจความหมาย ความรู้ ค่านิยม ทศนคติ และ จุดมุ่งหมาย ใช้การสื่อสารหลาย ๆ วิธีที่จะสนองต่อจุดประสงค์ ใช้สื่อและเทคโนโลยีและสามารถ ประเมินผลกระทบ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพในหลากหลายบรรยากาศ

1.3.2 การร่วมมือทำงาน (Collaboration) หมายถึง แสดงออกถึงความสามารถ ที่จะทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับการยอมรับในทีมที่ทำงานด้วย มีความยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะทุ่มเทในการทำงานให้สำเร็จเพื่อให้สู่เป้าหมายของงาน มีความรับผิดชอบ ในการทำงานร่วมกับผู้อื่นและเห็นคุณค่าของความคิดที่มาจากสมาชิกกลุ่ม

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) คือ การแสดงความสามารถได้หลากหลาย และมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการใช้สื่อ และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น การเข้าถึงข้อมูลอย่างอิสระ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเครื่องมือ เทคโนโลยีและความสามารถในการช่วยเหลือ คนในยุคนี้จึงควรมีความสามารถหลัก ๆ เกี่ยวกับการใช้ เทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ เข้าถึงข้อมูลอันมหาศาลได้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและ เครื่องมือ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและแบ่งปันข้อมูลกับผู้อื่น ซึ่งทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และ เทคโนโลยี ประกอบด้วย

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

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

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

3. ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) คือ ความสามารถในการประเมิน ชี้นำแนวทางการดำรงชีวิตที่ซับซ้อนและการทำงานในโลกที่มีการแข่งขันสูงความสามารถของแต่ละบุคคลที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับทีมที่หลากหลาย การเปิดใจยอมรับความคิดที่หลากหลาย แสดงการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม สิ่งแวดล้อมในการทำงาน และชีวิต มีความสามารถในการอยู่ได้ท่ามกลางชีวิตที่สับสนและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่มีการแข่งขันกันในระดับโลก จึงจำเป็นต้องสร้างให้ผู้เรียนมีทักษะชีวิตและอาชีพ ดังต่อไปนี้

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

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

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

4.1 การเพิ่มผลผลิตและการรู้รับผิดชอบ (productivity and accountability) คือ การจัดการและเผชิญเป้าหมาย ความจำเป็นที่มาก่อน การจัดการเวลาทำงาน ประกอบด้วย จัดการกับโครงการได้ และสร้างผลผลิตได้

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

เพื่อให้เห็นฐานความคิดและแนวทางการพัฒนาหลักสูตรในศตวรรษที่ 21 ที่ชัดเจน จึงได้นำเสนอกรอบความคิดเชิงมนทัศน์เกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ขององค์กร และบุคคลต่าง ๆ ไว้ดังต่อไปนี้ (วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง, และอชิป จิตตฤกษ์, 2554, น. 118-137)

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

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

2. เนื้อหาสำหรับศตวรรษที่ 21 เนื้อหาในสาขาใหม่ ๆ ที่สำคัญต่อความสำเร็จในที่ทำงานและชุมชน แต่โรงเรียนต่าง ๆ ในทุกวันนี้ไม่ได้เน้นในการนำไปสอน ได้แก่ จิตสำนึกต่อโลก ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง และความตระหนักในสุขภาพและสวัสดิภาพ

3. ทักษะการเรียนรู้และการคิด นอกจากการเรียนรู้เนื้อหาวิชาการแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักวิธีการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต รู้จักใช้สิ่งที่เรียนมาอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้และการคิด ประกอบด้วย การคิดเชิงวิพากษ์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการสร้างสรรค์และผลิตนวัตกรรม ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการเรียนรู้ตามบริบทและทักษะพื้นฐานด้านข้อมูลและสื่อ

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

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

กรอบความคิด enGauge ของ NCREL/Metiri Group (2003) ห้องวิจัยการศึกษาเขตภาคกลางตอนเหนือ (NCREL) และกลุ่มเมทีริ (Metiri Group) ได้เสนอกรอบความคิดสำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในปี ค.ศ. 2003 ไว้โดยกรอบความคิด enGauge ได้เพิ่ม "ความรู้พื้นฐานเชิงทัศนภาพ (visual literacy) ลงไปว่าเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานทางข้อมูลข่าวสารและรวม "ความอยากรู้" "ความกล้าเสี่ยง" และ "การจัดการความซับซ้อน" เข้าไว้ในทักษะหลัก ด้วยกรอบความคิดนี้เน้น "การจัดลำดับความสำคัญ" การวางแผน และการจัดการเพื่อมุ่งผลลัพธ์ และเห็นว่า

"ความรู้พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรม" (multicultural literacy) เป็นองค์ประกอบที่ชัดเจนอีกอย่างหนึ่ง นอกจากนี้ยังได้เสนอกรอบความคิดที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ไว้อีก ดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานในยุคดิจิทัล ได้แก่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ และเทคโนโลยี ความรู้พื้นฐานเชิงทักษะการและข้อมูล ความรู้พื้นฐานทางพหุวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลก

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

3. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การทำงานเป็นทีม ความร่วมมือ ทักษะด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ความรับผิดชอบต่อตนเอง ต่อสังคม และความรับผิดชอบต่อผลของการสื่อสารแบบโต้ตอบ

4. การเพิ่มผลิตผลระดับสูง ได้แก่ การจัดลำดับความสำคัญ การวางแผน การจัดการเพื่อมุ่งผลลัพธ์ การใช้เครื่องมือจริงอย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพและเหมาะสม

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

1. ความสามารถในการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ รู้จักใช้ภาษา สัญลักษณ์ และเนื้อหาข้อความอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ความรู้และข้อมูลข่าวสารอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่หลากหลาย โดยมีความสัมพันธ์อันดีกับผู้อื่น ให้ความร่วมมือและทำงานเป็นทีม จัดการและแก้ไขความขัดแย้ง

3. ความสามารถในการโต้ตอบโดยอิสระ โดยคำนึงถึงภาพรวม วางแผนชีวิตและดำเนินตามโครงการส่วนตัวที่วางไว้ ปกป้องและยืนยันสิทธิ ผลประโยชน์ ข้อจำกัด และความต้องการ

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

1. ความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมมนุษย์และโลกทางกายภาพและโลกธรรมชาติ ได้แก่ ในเรื่องวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ภาษา และศิลปะ โดยเน้นการศึกษาเพื่อตอบคำถามสำคัญ ทั้งในขณะนี้และที่คงอยู่ทุกยุคทุกสมัย

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

3. ความรับผิดชอบส่วนตัวและต่อสังคม ได้แก่ ความรู้และการมีส่วนร่วมในฐานะพลเมือง ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับโลก

4. การเรียนรู้แบบบูรณาการ ได้แก่ การสังเคราะห์และความสำคัญขั้นสูงในการศึกษาทั่วไปและเฉพาะทาง โดยอาศัยผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และความรับผิดชอบในสภาพแวดล้อมใหม่และปัญหาที่ซับซ้อน

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

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

2. การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน โดยนักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากสื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลเพื่อสื่อสารและทำงานร่วมกัน รวมทั้งเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ทางไกลสำหรับตนเองและผู้อื่น การมีปฏิสัมพันธ์ให้ความร่วมมือ และเผยแพร่งานร่วมกับเพื่อนผู้เชี่ยวชาญและบุคคลอื่น ๆ โดยใช้สื่อดิจิทัลและสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลต่าง ๆ การสื่อสาร

ข้อมูลและความคิดไปสู่ผู้รับจำนวนมากอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้สื่อหลากหลายรูปแบบ การพัฒนาความเข้าใจทางวัฒนธรรมและจิตสำนึกต่อโลกด้วยการคลุกคลีกับผู้เรียนจากวัฒนธรรมอื่น การช่วยเหลือสมาชิกในโครงการให้ผลิตผลงานที่เป็นต้นแบบและช่วยแก้ไขปัญหา

3. ความเชี่ยวชาญในการค้นคว้าหาข้อมูล โดยนักเรียนสามารถใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อรวบรวม ประเมิน และใช้ข้อมูล ในด้านการวางแผนยุทธศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการสืบค้น การค้นหา จัดระเบียบ วิเคราะห์ ประเมิน สังเคราะห์ และใช้ข้อมูลอย่างมีจริยธรรม จากแหล่งข้อมูลและสื่อต่าง ๆ การประเมินและคัดเลือกแหล่งข้อมูลและเครื่องมือดิจิทัลตามความเหมาะสมกับภารกิจนั้น ๆ การประมวลผลข้อมูลและรายงานผล

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

5. ความเป็นพลเมืองดิจิทัล (digital citizenship) โดยนักเรียนสามารถแสดง ความเข้าใจประเด็นทางสังคม วัฒนธรรม และความเป็นมนุษย์ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี และปฏิบัติตนอย่างมีจริยธรรมและตามครรลองกฎหมาย ด้วยการสนับสนุนและฝึกใช้ข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีอย่างปลอดภัย ถูกกฎหมาย และอย่างรับผิดชอบ การแสดงทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมความร่วมมือ การเรียนรู้ และการเพิ่มผลผลิต การแสดงให้เห็นว่าตนเองรู้จัก รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ตลอดชีวิต การแสดงความเป็นผู้นำในฐานะพลเมืองดิจิทัล

6. การใช้งานเทคโนโลยีและแนวคิด โดยนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นว่าเขาเข้าใจแนวคิด ระบบ และการทำงานของเทคโนโลยี ในด้านความเข้าใจและการใช้ระบบเทคโนโลยี การเลือกและใช้โปรแกรมประยุกต์อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ไขปัญหาของระบบและโปรแกรมประยุกต์ได้ การรู้จักใช้ความรู้ที่มีในปัจจุบันเพื่อเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีใหม่ ๆ

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

1. ความสามารถในการรู้คิด ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการใช้ชีวิตประจำวัน ได้แก่ การอ่านออกเขียนได้ การคำนวณพื้นฐาน การแก้ไขปัญหา และความรู้พื้นฐานทางมิติสัมพันธ์/ทัศนศาสตร์

2. ความสามารถทางเทคนิค เป็นองค์ประกอบของความรู้พื้นฐานทางดิจิทัล ได้แก่ ความรู้พื้นฐานด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ โปรแกรม เครือข่าย และองค์ประกอบของเทคโนโลยีดิจิทัล

3. ความสามารถด้านไอซีที เป็นการหลอมรวมและการประยุกต์ใช้ทั้งทักษะในการรู้คิด และทักษะทางเทคนิค ซึ่งถูกมองว่าเป็นใบเบิกทาง ซึ่งความสมรรถนะนี้ทำให้คนเราใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่ และอาจถึงกับทำให้เกิดนวัตกรรม การเปลี่ยนแปลงในระดับบุคคล และการเปลี่ยนแปลงทางสังคม ซึ่งความรู้พื้นฐานด้านไอซีทีนี้มี 5 ระดับ คือ ระดับเข้าถึง เช่น รู้จักเลือกเปิดอีเมลในกล่องจดหมายที่ควรอ่าน ระดับจัดการ เช่น ระบุและจัดระเบียบข้อมูลในกล่องจดหมาย ระดับบูรณาการ เช่น สรุปประโยชน์ของหลักสูตรอบรมที่บริษัทจัดขึ้น ประเมิน เช่น ตัดสินใจได้ว่า ควรจัดหลักสูตรใดต่อไปหน้า โดยพิจารณาจากข้อมูลการเข้าเรียนปีก่อนสร้างสรรค์ เช่น เขียนอีเมลข้อเสนอแนะส่งให้รองประธานฝ่ายทรัพยากรมนุษย์

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

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

กรอบความคิดของดีดี (Dede, 2005) ซึ่งได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

1. ความคล่องแคล่วในการใช้สื่อหลายรูปแบบ เป็นการประเมินค่าสื่อแต่ละแบบตามประเภทของการสื่อสาร กิจกรรม ประสบการณ์ และการแสดงออก
2. การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นการแสวงหา กลั่นกรอง และสังเคราะห์ประสบการณ์ร่วมกับผู้อื่น แทนที่จะค้นหาและดูดซับข้อมูลจากแหล่งที่ดีที่สุดเพียงแหล่งเดียวด้วยตามลำพัง

3. การแสดงออกผ่านการนำเสนอที่ไม่เป็นลำดับเชิงเส้น เป็นการจำลองเรื่องราวและสร้างเว็บเพื่อบรรยายความเข้าใจแทนที่จะเขียนเป็นรายงาน

4. การร่วมออกแบบโดยครูและนักเรียน เป็นการปรับปรุงแบบประสบการณ์การเรียนรู้ให้เข้ากับความต้องการและความชอบของแต่ละคน

กรอบความคิด 5 จิตเพื่ออนาคต Five minds for the Future เป็นหนังสือเล่มล่าสุดของ Howard Gardner นักวิชาการด้านการศึกษาแห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ผู้เขียนเรื่อง Frame of Minds และ Changing Minds ที่เคยจุดประเด็นความสำคัญของ ทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple Intelligence) จนโด่งดังไปทั่วทั้งวงการศึกษาในหนังสือ เรื่อง Five minds for the Future นี้ ได้ชี้ให้เห็นและเน้นความสำคัญของ "ความฉลาดหรือทักษะ" ซึ่ง Gardner ใช้แทนด้วยคำว่า "จิต" (Mind) ทั้ง 5 ประการ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในทุก ๆ ด้านในโลกยุคศตวรรษที่ 21 (Gardner, 2006, pp. 1-20) ซึ่งจิตทั้ง 5 นั้น ประกอบไปด้วย

1. จิตแห่งวิทยาการ (Disciplined Mind) เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต คิดเป็น ทำเป็น ปรับปรุง ประยุกต์ สิ่งที่เราเรียนมา และพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. จิตแห่งการสังเคราะห์ (Synthesizing Mind) เป็นการสังสม ต่อยอด และสร้างนวัตกรรมความรู้ โดยการเลือกสรรข้อมูลที่สำคัญจากแหล่งข้อมูลที่มากมายหลากหลาย แล้วจัดกระทำข้อมูล ทำความเข้าใจกับข้อมูลและประเมินข้อมูล โดยปราศจากอคติ แล้วผสมผสาน (สังเคราะห์) ข้อมูลนั้นให้เป็นข้อมูลใหม่ที่มีความหมายต่อตนเองและผู้อื่น

3. จิตแห่งการสร้างสรรค์ (Creating Mind) เป็นการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม

4. จิตแห่งความเคารพ (Respectful Mind) เป็นการเปิดใจกว้างพร้อมรับฟังทุกความคิดเห็น ทั้งของบุคคลและกลุ่มคนที่มีความคิดเห็นที่แตกต่างหลากหลาย อย่างเห็นอกเห็นใจ และเป็นไปในทางสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การทำงานร่วมกับคนที่แตกต่างกัน

5. จิตแห่งจริยธรรม (Ethical Mind) เป็นการมีความรู้คู่คุณธรรม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเพื่อประโยชน์ส่วนรวมมากกว่าตอบสนองประโยชน์ส่วนตน

Cardner ได้กล่าวว่า "บุคคลจะสามารถเอาตัวรอดและประสบความสำเร็จทั้งในด้านการทำงาน และการดำเนินชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ได้จะต้องมีจิตทั้ง 5 ประการ ประกอบรวมอยู่ในตัวของคน ๆ นั้น นอกจากนี้จิตทั้ง 5 ยังจะช่วยจรรโลงให้สังคมโลกในอนาคตเป็นสังคมที่น่าอยู่มากยิ่งขึ้น" แสดงให้เห็นว่า Gardner เน้นว่าจิตทั้ง 5 นั้นมีความสำคัญเป็น อย่างมากต่อมนุษย์ในโลกยุคใหม่ โดยที่บุคคลจะต้องมีครบทั้ง 5 จิต จะขาดจิตใดจิตหนึ่งไปเสียไม่ได้ เพราะจิตทั้ง 5 มีผลต่อการพัฒนาตัวบุคคลทั้งในแง่การทำงาน การดำเนินชีวิต และสังคมโดยรวม ซึ่งจิตทั้ง 5 จะกลายเป็นพลัง

ขับเคลื่อนชุมชน สังคม และประเทศชาติให้ก้าวไปสู่จุดหมายของชาติ และยืนหยัดในกระแสของการแข่งขันในโลกยุคใหม่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

กรอบแนวคิดของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษที่ 21 หรือการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อาจจะมีแตกต่างไปจากนี้ได้ขึ้นอยู่กับ กรอบแนวคิดของกลุ่มนักวิชาการที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในกลุ่มของ Metri Group (Turiman et al, 2012) จะแบ่งองค์ประกอบของทักษะสำคัญแห่งศตวรรษ ที่ 21 เป็น 4 ด้าน คือ 1) การรู้เรื่องในยุคดิจิทัล (Digital age literacy) 2) การคิดเชิงประดิษฐ์ (Inventive thinking) 3) การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ (Effective communication) และ 4) ผลผลิตความสามารถหรือศักยภาพการผลิตที่สูง (High productivity) แนวคิดของกลุ่ม Metri Group สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในสังคมและการจ้างงาน เน้นทักษะที่เพิ่มขึ้นของประเทศไทย (Suvit, 2016) รวมทั้งการขับเคลื่อนนโยบายประเทศไทย 40 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์รองภาคีเพื่อการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Learning, 2015) สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในการพัฒนา ผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Ministry of Education Thailand, 2008) หากผู้สอนให้ความสำคัญกับทักษะที่สำคัญและจำเป็นในศตวรรษที่ 21 การกำหนดเป้าหมายหรือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องนำทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21 เข้าไปประกอบด้วย เนื่องจากผู้เรียน จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อน ดังนั้น แนวการจัดการศึกษาจำเป็นต้องปรับให้สอดคล้องกับความต้องการและจำเป็นในโลกปัจจุบันและอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วการเรียนรู้จึงต้องเปลี่ยนจากแบบเดิมที่เรียนในมิติเดียว ที่เน้นแต่เนื้อหา เป็นลักษณะของวัฏจักรมีการประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่โลกสังคมชีวิตจริงให้มากขึ้น ให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาใช้ในการออกแบบสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมขึ้นเองได้ จุดเน้นนี้จึงสอดคล้องและเป็นไปในแนวทางเดียวกับแนวคิดเชิงออกแบบ จึงเป็นลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงออกแบบ

สรุปทักษะในศตวรรษที่ 21 มีองค์ประกอบ ดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและทำงานร่วมกับคนอื่น
2. ทักษะด้านข้อมูล สื่อ และเทคโนโลยี ประกอบด้วย ทักษะในการจัดระบบและมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งหมายความรวมถึง การรู้ข้อมูล (Information literacy) การรู้สื่อ (Media literacy) และ การรู้ไอซีที (Information, communications and technology literacy)
3. ทักษะชีวิตและทักษะในอาชีพ ประกอบด้วย การยืดหยุ่นและปรับตัว การสร้างสรรค์สิ่งใหม่และการมีเป้าหมาย ทักษะทางสังคมและความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่าง ความมีประสิทธิภาพและความรับผิดชอบในหน้าที่ ความเป็นผู้นำและรับผิดชอบ

2. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์นักวิชาการหลายท่านได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้หลากหลายซึ่งมีทั้งแนวคิดที่แตกต่างและคล้ายคลึงกัน สรุปได้ดังนี้

Catalina Foothills School District: CFSD (2018) ได้ให้ความหมายความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ว่า ความสามารถของผู้เรียนในการแสดงออกทางด้านความคิดจินตนาการ ที่จะนำไปสู่การออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมด้วยความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546, น. 7) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่า หมายถึงความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบอเนกนัย ซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิมเป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รวมตัวเกิดการเรียนรู้เข้าใจจนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของความคิดสร้างสรรค์อันจะนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่หรือเพื่อการแก้ไขปัญหาซึ่งจะต้องอาศัยการบูรณาการจากประสบการณ์และความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา

อารี พันธุ์มณี (2543, น. 6) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ ว่าเป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะเอกนัยอันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิดทฤษฎีหลักการได้สำเร็จความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแค่อคิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่ เป็นเหตุเป็นผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้นหากแต่ความคิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่แต่ต้องควบคู่กันไปกับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้หรือที่ เรียกว่า เป็นจินตนาการประยุกต์นั่นเองจึงทำให้เกิดผลงานจากความคิดสร้างสรรค์ขึ้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2556, น. 4) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็น การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมเช่นกระดิกน้ำร้อน สำหรับเดินทางที่มีระบบอุ่นในตัวถือเป็นสิ่งใหม่เป็นความริเริ่มใหม่ ๆ ให้ความแปลกใหม่ตื่นตาตื่นใจไม่เคยเห็นมาก่อน และได้มาก่อน และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เหมาะกว่าถึงที่มีอยู่

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544, น. 2) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางปัญญาาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลาย ๆ อย่างมารวมกันเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้นความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด

กิลฟอร์ด (Gulford, 1950 อ้างถึงใน อารี พันธุ์มณี, 2543, น. 3) ได้ให้ความหมายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นลักษณะความคิดอเนกนัย (Divergent Thinking) คือความคิดหลากหลาย ทิศทางหลายแง่มุม คิดได้กว้างไกลซึ่งลักษณะความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงค้นพบวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จด้วย

ซัลซ์ กลิ่นแก่นจันทร์ (2560, น. 7) ได้ให้ความหมายว่า ความสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นหนึ่งในทักษะในด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ คือ ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานพัฒนาแนวคิดใหม่อยู่เสมอ ๆ เปิดรับมุมมองที่แตกต่าง

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

1. เกิดทักษะการคิดอย่างสร้างสรรค์โดยใช้เทคนิคสร้างมุมมองหลากหลายเทคนิค เช่น การระดมความคิด (brainstorming) สร้างมุมมองแปลกใหม่ ทั้งที่เป็นการปรับปรุงเล็กน้อยจากเดิม หรือเป็นหลักการที่แหวกแนวโดยสิ้นเชิง ชักชวนกันทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์และประเมิน มุมมองของตนเอง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดอย่างสร้างสรรค์

2. เกิดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ พัฒนา ลงมือปฏิบัติ และสื่อสาร มุมมองใหม่กับผู้อื่นอยู่เสมอ เปิดใจรับและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ ๆ หาทางได้ข้อคิดเห็นจากกลุ่ม รวมทั้งการประเมินผลงานจากกลุ่ม เพื่อนำไปปรับปรุง ทำงานด้วยแนวคิดหรือวิธีการใหม่ ๆ และเข้าใจ ข้อจำกัดของโลกในการยอมรับมุมมองใหม่ ความล้มเหลวเป็นโอกาสเรียนรู้ เข้าใจว่าความสร้างสรรค์ และนวัตกรรมเป็นเรื่องระยะยาว เข้าใจวัฏจักรของความสำเร็จเล็ก ๆ และความผิดพลาดที่เกิดขึ้น บ่อย ๆ ที่จะนำไปสู่การสร้างสรรค์และนวัตกรรม

สรุปความหมายของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ การแสดงออก ทางด้านความคิด จินตนาการ ที่จะนำไปสู่การออกแบบ และสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมด้วยความคิด สร้างสรรค์ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดทางสมอง ผ่านกระบวนการคิดขั้นสูง ที่หลากหลายทิศทาง ซึ่งต้องอาศัยจินตนาการและความเป็นเหตุเป็นผลเพื่อนำไปสู่การคิดค้นประดิษฐ์ หรือปรับปรุงงานต่าง ๆ ขึ้นมาใหม่โดยผลงานที่คิดขึ้นต้องมีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำใครและสามารถ ช่วยแก้ปัญหาได้

3. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ กิลฟอร์ด (Gulford, n.d. อ้างถึงใน ชาญณิรงค์พร รุ่งโรจน์, 2546, น. 19) ได้อธิบายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้ กว้างไกลหลายทิศทางหรือ เรียกว่า ลักษณะการคิดอเนกนัยหรือการคิดแบบกระจาย (Divergent thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ซึ่งแตกต่างไปจากความคิดเดิมๆ ความคิดริเริ่มแปลกใหม่ในที่นี้อาจแสดงออกในรูปลักษณะผลผลิตหรือกระบวนการคิดก็ได้ เช่น การตีความการรับรู้เนื้อหาต่าง ๆ ที่ผ่านเข้าสู่ประสาทสัมผัสโดยความคิดริเริ่มต้องเป็นสิ่งใหม่ซึ่งไม่เคยปรากฏมาก่อนแต่อาศัยการสะสมและรวบรวมความรู้เดิมมาดัดแปลงหรือประยุกต์ให้ดีขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยสิ่งประดิษฐ์ส่วนใหญ่ล้วนอาศัยแนวทางการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2. ความคิดคล่องแคล่วในการคิด (fluency) หมายถึง ความสามารถในการผลิตความคิดที่แตกต่างและหลากหลายภายใต้กรอบจำกัดของเวลาเป็นความสามารถเบื้องต้นซึ่งจะนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและการคิดเพื่อการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพต่อไปโดยแบ่งเป็น

2.1 ความคล่องแคล่วด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคล่องแคล่วด้านการโยงสัมพันธ์เป็นความสามารถในการหาถ้อยคำที่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายคลึงกันได้อย่างรวดเร็ว

2.3 ความคล่องแคล่วด้านการแสดงออกเป็นความสามารถในการนำคำมาเรียงกันเป็นวลีและประโยคเพื่อแสดงจุดหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิดเป็นความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการโดยสามารถผลิตความคิดได้อย่างหลากหลาย

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบไม่ตกอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์หรือความคิดเดิมๆ ความยืดหยุ่นช่วยให้สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ในแง่มุมใหม่สามารถจัดหมวดหมู่ของความคิดออกได้หลายทิศทางหลายประเภทจึงนับเป็นปัจจัยสนับสนุนให้เกิดความคล่องแคล่วให้พัฒนาความคิดแตกแขนงในทิศทางที่แตกต่างไม่ซ้ำรื้อนำไปสู่การคิดอย่างมีคุณภาพและสร้างสรรค์สิ่งใหม่

4. ความละเอียดลออในการคิด (elaboration) เป็นการคิดตกแต่งในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดหลักให้สมบูรณ์ความละเอียดลออสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกตไม่ละเอียดในรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่ผู้อื่นอาจมองข้ามไปผลสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์หรือองค์ความรู้ต่าง ๆ ต้องอาศัยความคิดในรายละเอียด นอกจากนี้ ยังมีความสามารถในการจำแนกแยกแยะอย่างฉับไวและเฉียบคม

Catalina Foothills School District: CFSD (2018) ได้เสนอสิ่งที่ผู้เรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ดังนี้

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเรียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเองโดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

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

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

Torrance (1973 อ้างถึงใน ชามาศ ดิษฐเจริญ, 2556 น. 20-21) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนใน 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่องเป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบได้อย่างหลากหลายเพื่อตอบคำถามปลายเปิดและคำถามอื่น ๆ ไม่ว่าจะ เป็นความคิดทางภาษาหรือทำทาง

2. ความคิดยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาได้หลากหลายคิดได้หลายแง่มุม และสามารถผสมผสานความรู้และประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่มเป็นความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างไปจากความคิดเดิมเป็นความคิดที่แตกต่างจากคนอื่นเป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

อารี พันธุ์ณี (2546 อ้างถึงใน ชามาศ ดิษฐเจริญ, 2556, น. 21) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายทิศทางหรือเรียกว่าลักษณะการคิดอ่อนกนัย การคิดแบบกระจาย ประกอบด้วย องค์ประกอบ 4 ประการ คือ

1. ความคิดคล่องแคล่ว (fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

2. ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะความแปลกใหม่แตกต่างจากความคิด

ธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ของความคิด

3. ความคิดยืดหยุ่นหรือความยืดหยุ่นในการคิด (flexibility) หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด

4. ความคิดละเอียดลออ (elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอนสามารถอธิบายให้เห็นภาพเจนหรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น

สรุปจากการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ หรือพฤติกรรมที่พึงแสดงออก ดังนี้ การสร้างความคิด การออกแบบ และการปรับแต่งความคิด การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และการควบคุมและการสะท้อนตนเอง

4. การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

วิธีการวัดและประเมินทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เหมาะสมอย่างยิ่ง คือ การประเมินผลจากสิ่งที่คุณเรียนได้ แสดงให้เห็นถึงว่ามีความรู้ ทักษะและความสามารถ ตลอดจนมีคุณลักษณะที่พึงประสงค์อันเป็นผลจากการเรียนรู้ ตามที่คุณสอนได้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้ วิธีการประเมินผลที่คุณสอนสามารถเลือกใช้ในการประเมินผลระหว่างเรียน มีดังนี้

1. การประเมินด้วยการสื่อสารส่วนบุคคล ได้แก่

- 1.1 การถามตอบระหว่างทำกิจกรรมการเรียน
- 1.2 การพบปะสนทนาพูดคุยกับผู้เรียน
- 1.3 การพบปะสนทนาพูดคุยกับผู้เกี่ยวข้องกับผู้เรียน
- 1.4 การสอบปากเปล่าเพื่อประเมินความรู้ ความเข้าใจ และเจตคติ
- 1.5 การอ่านบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ของผู้เรียน
- 1.6 การตรวจแบบฝึกหัดและการบ้าน พร้อมให้ข้อมูลป้อนกลับ

2. การประเมินจากการปฏิบัติ (Performance assessment เป็นวิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่คุณสอนมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด การประเมินการปฏิบัติของคุณสอนต้องเตรียมการในสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ 1) ภาระงานหรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ (Tasks) และ 2) เกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics) ซึ่งลักษณะการประเมินโดยเน้นการปฏิบัติจริง

เกรียงศักดิ์ พลยะเดช และคณะ (2540) มีลักษณะ ดังนี้

1. ประเมินจากสภาพจริงและทำได้ตลอดเวลากับทุกสถานการณ์ทั้งในและนอกโรงเรียน โดยการสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ

2. กำหนดปัญหาหรืองานแบบปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนสร้างคำตอบเองด้วยการแสดงสร้างสรรค์ ผลิตหรือทำงาน

3. ไม่เน้นการประเมินผลเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่ให้นักเรียนผลิต สร้าง หรือทำงานบางอย่าง เน้นทักษะการคิดที่ซับซ้อน พิจารณาไตร่ตรองการทำงาน และแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

4. ใช้ข้อมูลหลายอย่างในการประเมิน ต้องพยายามรู้จักนักเรียนทุกแง่ทุกมุม ข้อมูลจึงต้องได้มาก จากหลาย ๆ ทาง และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลต้องมีหลายประเภทด้วยกัน

5. เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างนักเรียน ครู และผู้ปกครอง

Catalina Foothills School District: CFSD (2018) ได้มีบทความเกี่ยวกับ "การเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21" (Teaching for the 21st Century) ที่แนะนำให้โรงเรียนประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นให้ Catalina Foothills School District (CFSD) ใน Tucson, Arizona มลรัฐแอริโซนา ได้สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน ประสิทธิภาพเกิดจากการพัฒนาที่ยาวนานมาจนถึงปัจจุบัน CFSD ได้พัฒนาแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่เรียกว่า "ENVISION 21: DEEP LEARNING" เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้แบบข้ามสาขาวิชาที่จำเป็นในการเตรียมผู้เรียนเพื่อดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ทักษะเหล่านี้เป็น "ความชำนาญในการเรียนรู้ลึกซึ้ง" (deep learning proficiencies; DLPs) ของ CFSD คือ 5c + s ซึ่ง 5c ประกอบด้วย 1) การเป็นพลเมือง 2) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 3) การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 4) การสื่อสาร และ 5) การทำงานร่วมกัน ส่วน S คือ การคิดอย่างเป็นระบบ

โดย CFSD ได้พัฒนาชุดเกณฑ์การให้คะแนนเกรด 9-12 หรือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-6 ซึ่งรูปริกสำหรับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้รับการออกแบบให้เป็นเครื่องมือข้ามสาขา เพื่อสนับสนุนนักการศึกษาในการสอนและการประเมินด้านประสิทธิภาพเกี่ยวข้องกับความสามารถนี้ โดยจะประเมินจากพฤติกรรมที่แสดงออกทั้ง 6 คือ

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

เครื่องมือนี้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนและการประเมินเป็นหลัก ไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างข้อมูลการประเมินความเสี่ยงสูงที่มีผลทางจิตวิทยาซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบของรัฐและระดับประเทศ CFSD มีเครื่องมือและเทมเพลตที่หลากหลายเพื่อรองรับการผสมรวมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเข้ากับหน่วย บทเรียน และการประเมิน เมื่อออกแบบ

หน่วยการเรียนรู้ ครูควรสร้างโอกาสในการประเมินที่แท้จริง ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและความชำนาญในการเรียนรู้เชิงลึกได้ในเวลาเดียวกัน

แนวทางการสอนด้านการปฏิบัติงานในแต่ละรูปrikอาจแตกต่างกันไปตามสาขาวิชา เนื่องจากวิธีการใช้อาจแตกต่างกันไปตามสาขาวิชา นักวิทยาศาสตร์ นักคณิตศาสตร์ นักสังคมศาสตร์ วิศวกร ศิลปิน และนักดนตรี (เช่น) ต่างทำงานร่วมกัน แก้ปัญหา และแบ่งปันสิ่งที่ค้นพบหรือทำงานในชุมชนมืออาชีพ อย่างไรก็ตาม วิธีที่พวกเขาเข้าถึงงาน เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานร่วมกัน และรูปแบบในการสื่อสารสิ่งที่ค้นพบอาจแตกต่างกันไปตามอาชีพ นิพจน์เฉพาะสาขาวิชาของ 5Cs + S อาจต้องมีการปรับแต่งในระดับหนึ่งตามหัวข้อ นอกจากนี้ยังสามารถใช้รูปrikแต่ละข้อเพื่อให้นักเรียนมีโอกาสประเมินตนเองเกี่ยวกับคุณภาพของงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน เพื่อติดตามและประเมินความก้าวหน้าของตนเองที่มีต่อกำหนดเป้าหมายสำหรับแต่ละพื้นที่ประสิทธิภาพ

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

เมื่อใช้รูปrikเพื่อวางแผนการสอนและการประเมิน ครูต้องพิจารณาความรู้และทักษะที่อธิบายไว้ในคอลัมน์คะแนน 2.0 (ขั้นพื้นฐาน) ที่จะฝังอยู่ในประสิทธิภาพคะแนน 3.0 (ขั้นเชี่ยวชาญ) และ 4.0 (ขั้นสูง) ซึ่งขั้นพื้นฐาน (คะแนน 1.0) ระบุว่านักเรียนยังไม่ได้แสดงทักษะพื้นฐานในพื้นที่การแสดง แต่แสดงทักษะความพร้อมที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นก้าวสำคัญสู่ขั้นความชำนาญที่สูงขึ้น

คำอธิบายในขั้นเริ่มต้นยังรวมถึงความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้นที่นักเรียนอาจแสดงรูปrikบรรยายได้รับการออกแบบเพื่อแสดงความรู้/ทักษะเชิงลึกของนักเรียนในระดับต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในกระบวนการสอนและการประเมินสำหรับผู้เรียนทุกคน ที่ระดับประสิทธิภาพบางระดับตัวชี้วัดอาจยังคงเหมือนเดิม แต่เนื้อหาที่อยู่ระหว่างการศึกษามีความซับซ้อนมากขึ้นหรือขึ้นอยู่กับบนแถบระดับขั้น

คำอธิบายต่อไปนี้อธิบายสี่ระดับในรูปrik (โดยเกณฑ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3-6 ควรจะมีคะแนนตั้งแต่ 2.5 – 3.5)

คะแนน 1.0 (ขั้นเริ่มต้น): อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่แสดงให้เห็นถึงทักษะความพร้อมและ/หรือความเข้าใจผิดและต้องการการสนับสนุนที่สำคัญ

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

คะแนน 3.0 (ขั้นเชี่ยวชาญ): อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่เชี่ยวชาญความคาดหวัง ที่เป็นเป้าหมายสำหรับแต่ละพื้นที่การปฏิบัติงานของ DLP

คะแนน 4.0 (ขั้นสูง): อธิบายประสิทธิภาพการทำงานที่เป็นแบบอย่างซึ่งเกินความสามารถ



ตาราง 3 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District; CFSD (2018)

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
1. การสร้างความคิด	<p>คำจำกัดความ: ระบุปัญหาหรือข้อท้าทายที่ต้องการด้วยวิธีการที่สร้างสรรค์</p> <p>ความคิด: ใช้การระดมความคิดพื้นฐาน เช่น รายการหรือ webbing เพื่อสร้างความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</p>	<p>คำจำกัดความ: อธิบายลักษณะของปัญหาหรือความท้าทาย (เช่น บริบทลักษณะพารามิเตอร์ ฯลฯ) ระบุข้อมูลที่สำคัญในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความท้าทาย (เช่น อะไรเป็นที่รู้จัก, สิ่งที่ไม่รู้จัก, ข้อกำหนด ฯลฯ)</p>	<p>คำจำกัดความ: ระบุขอบเขตของปัญหาหรือความท้าทาย รวมทั้งโครงสร้าง ข้อจำกัด ระบุปัญหาหรือท้าทายโดยการตรวจสอบผ่านมุมมองต่าง ๆ (ตัวอย่าง เช่น จริยธรรม วัฒนธรรมสังคม การเมือง เศรษฐกิจ การคิดเชิงระบบ หรือมุมมองของผู้มีส่วนได้เสียที่แตกต่างกัน ฯลฯ)</p>	<p>คำจำกัดความ: วางแนวปัญหาใหม่หรือท้าทายโดยใช้คำอุปมาหรือการเปรียบเทียบเพื่อให้ชัดเจนทิศทางเกี่ยวกับวิธีการเข้าใกล้งาน (ตัวอย่างเช่น เครื่องเล่นเพลงส่วนตัว คือ เครื่องประดับ "อุปมาอุปไมย จุดประกายความคิดสร้างสรรค์ ในการสร้างความคิดที่นำไปสู่ iPod)</p>
	<p>การสำรวจความคิดอย่าง</p> <p>สร้างสรรค์: อธิบายสิ่งที่คนอื่นคิด การแก้ปัญหาหรือแนวทางการบรรลุความสำเร็จ ดูแนวคิดที่ตลาดเคลื่อนที่ไปได้ของผู้เรียนตามตัวชี้วัด</p>	<p>ความคิด: สร้างแนวคิดใหม่ ๆ หรือแนวทางที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือท้าทายโดยใช้กลยุทธ์ที่ใหม่ (ตัวอย่างเช่น การระดมความคิด การคิดเชิงการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกันจากสาขาวิชาอื่น ๆ</p>	<p>ความคิด: สร้างความคิดที่หลากหลายและเป็นไปได้ โดยกลยุทธ์ (ตัวอย่าง เช่น การระดมความคิด, การทำความเข้าใจความรู้อื่น, </p>	<p>ความคิด: เลือกอย่างมีกลยุทธ์ และใช้กลยุทธ์การสร้างความคิดอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้การเปรียบเทียบหรือเปรียบเทียบแบบใหม่ หากการเชื่อมต่อ</p>

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
	<p>การสำรวจเพิ่มเติม: ระบุรายละเอียดหรือความคิดทั่วไป</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างการแสดงของแนวคิด เพื่อที่จะแนะนำการผลิตจริง ทำให้สามารถแก้ไขแนวคิดและกระบวนการได้ง่ายขอเสนอแนะเกี่ยวกับคำสั่ง (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลงคำสั่ง</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: ระบุเฉพาะเจาะจงความคิดและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างแนวคิดในการทำงาน เพื่อทดสอบสมมติฐานและคุณลักษณะ ทำให้การแก้ไขแนวคิดและกระบวนการง่ายขึ้น (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลงคำสั่ง</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: แสดงถึงความคิดอย่างชัดเจนในระดับของรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างและทดสอบหลายเวอร์ชัน ในเรื่องของผลิตภัณฑ์หรือวิธีการที่ใช้แก้ไขข้อบกพร่องหรือการปรับแต่ง</p>	<p>ที่จะทำให้เกิดไปจากเดิม</p> <p>การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์: ถามคำถามที่ซับซ้อนและเปิดกว้างเกี่ยวกับปัญหาหรือแนวทางอื่น ๆ ที่นำไปสู่การสร้างความคิดเดิม</p>
<p>2. การออกแบบและ การปรับแต่งความคิด</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: ระบุรายละเอียดหรือความคิดทั่วไป</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างการแสดงของแนวคิด เพื่อที่จะแนะนำการผลิตจริง ทำให้สามารถแก้ไขแนวคิดและกระบวนการได้ง่ายขอเสนอแนะเกี่ยวกับคำสั่ง (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลงคำสั่ง</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: ระบุเฉพาะเจาะจงความคิดและรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างแนวคิดในการทำงาน เพื่อทดสอบสมมติฐานและคุณลักษณะ ทำให้การแก้ไขแนวคิดและกระบวนการง่ายขึ้น (ตัวอย่างเช่น: เปลี่ยนแปลงคำสั่ง</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: แสดงถึงความคิดอย่างชัดเจนในระดับของรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ</p> <p>การทำซ้ำ: สร้างและทดสอบหลายเวอร์ชัน ในเรื่องของผลิตภัณฑ์หรือวิธีการที่ใช้แก้ไขข้อบกพร่องหรือการปรับแต่ง</p>	<p>การอธิบายเพิ่มเติม: ถามคำถามที่ซับซ้อนและเปิดกว้างเกี่ยวกับปัญหาหรือแนวทางอื่น ๆ ที่นำไปสู่การสร้างความคิดเดิม</p>

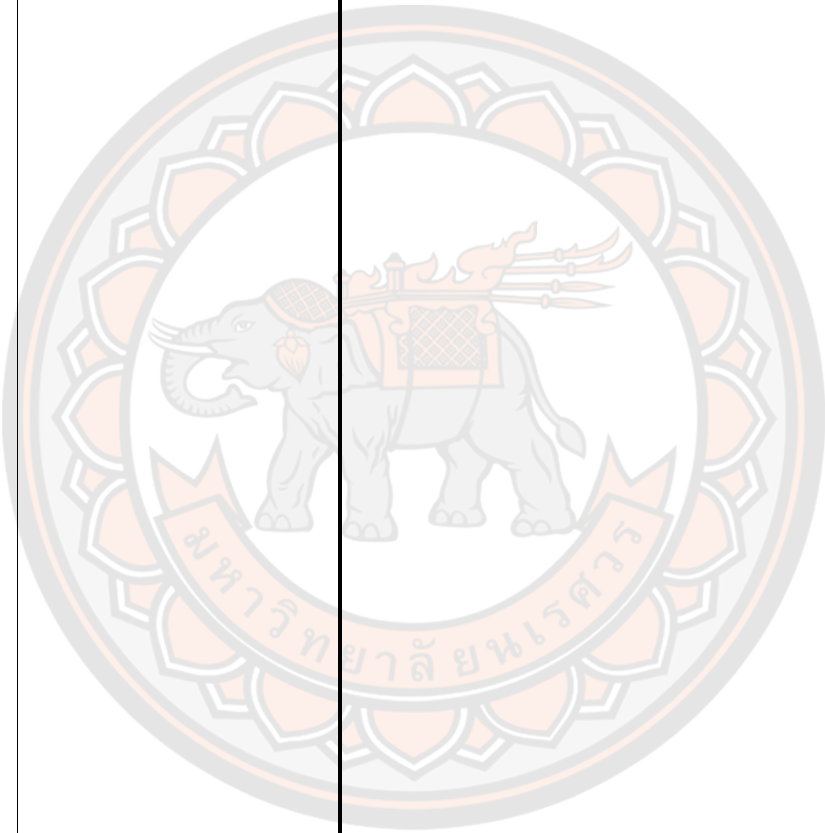
ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
<p>3. การเปิดกว้างและ ความกล้าในการสำรวจ</p>	<p>ในกระบวนการหลังจากที่ได้รับ คำสั่งให้ทำเช่นนั้น)</p>	<p>ข้อเสนอแนะที่เฉพาะเจาะจง ข้อเสนอนั้นในวงกว้าง</p>	<p>แบบละเอียดเพื่อตอบสนองต่อ ข้อเสนอแนะในวงกว้าง</p>	<p>ในการทำซ้ำ แจ้งการตัดสินใจ เกี่ยวกับขั้นตอนถัดไป ค้นหา และรวบรวมข้อเสนอแนะ ที่กำหนด</p>
<p>3. การเปิดกว้างและ ความกล้าในการสำรวจ</p>	<p>ความอยากรู้: ถามคำถาม เกี่ยวกับงาน กระบวนการ หรือแนวคิด</p> <p>ข้อตกลงที่ท้าทาย: ใช้วิธีการ และ/หรือมุมมองที่คุ้นเคย สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ หรือใช้สัญชาตญาณเข้าใจผิด ที่เป็นไปได้ของนักเรียน หลังจากธุรกิจ</p>	<p>ความอยากรู้: พยายามขยาย ความเข้าใจด้วยการตั้งคำถาม ลองใช้แนวทางใหม่ ๆ และ/ หรือพิจารณาแนวคิดใหม่ ๆ</p> <p>ข้อตกลงที่ท้าทาย: เสนอแนวคิดที่อาจมองว่าเสี่ยง หรือผิดปกติ แต่เกี่ยวข้องกับ ความท้าทายหรืองานและ อาจนำไปสู่การแก้ปัญหา ที่มีประสิทธิภาพ</p>	<p>ความอยากรู้: แสวงหาและ พิจารณาความคิดที่ไม่คุ้นเคย ด้วยใจที่เปิดกว้างระงับ การประเมินความคิดจนกว่า จะมีการสำรวจอย่างละเอียด</p> <p>ข้อตกลงที่ท้าทาย: รับความเสี่ยงโดยตั้งใจท้าทาย ขอบเขตข้อจำกัด หรือแนวคิด ที่มีอยู่ซึ่งเชื่อมโยงกับบรรทัด ฐานหรือข้อตกลง (เช่น ท้าทาย แนวคิดในการจับรถทางด้าน ขวาของถนนในสหรัฐอเมริกา)</p>	<p>ความอยากรู้: ค้นหา และสำรวจแนวคิดใหม่ ๆ ที่ขัดแย้งกัน คำถามที่ไม่ได้รับ คำตอบ และสถานการณ์หรือ วิธีแก้ปัญหาที่ซับซ้อน</p> <p>ข้อตกลงที่ท้าทาย: ท้าทายการยืนยันสมมติฐาน หรือความเชื่อของตนเอง เสนอแนวคิดที่น่าเชื่อถือ ซึ่งท้าทายขอบเขตข้อจำกัด หรือแนวคิดที่มีอยู่ซึ่งเชื่อมโยง กับบรรทัดฐานหรือข้อตกลง (เช่น การแสดงละครก๊อตแลนต์</p>

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
				โดยเปลี่ยนบทบาททางเพศ การเพิ่มจำนวนผู้มีสิทธิเลือกตั้ง โดยการเรียกเก็บค่าปรับ สำหรับผู้ที่ไม่ลงคะแนนเสียง)
4. การทำงานร่วมกับ ผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	บูรณาการความคิด: สรุปความคิดเห็นของผู้อื่น ตีความความคิดของตัวเอง ไปยังคนอื่น ๆ	บูรณาการความคิด: รวมความคิดของตัวเองกับ ความคิดของผู้อื่น	บูรณาการความคิด: ทำให้เกิด การเชื่อมโยงระหว่างความคิด ของผู้อื่นในการสร้างข้อมูล เชิงลึกใหม่และที่ไม่เหมือนใคร	บูรณาการความคิด: คิดสังเคราะห์และใช้ประโยชน์ จากจุดแข็งที่แตกต่างกันและ มุมมองของสมาชิกแต่ละคน ในการพัฒนาต้นฉบับ เพื่อผลิตงานที่มีประสิทธิภาพ
5. การผลิตและ สร้างนวัตกรรม อย่างสร้างสรรค์	กลุ่มเป้าหมาย: ระบุรายละเอียด เกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย รวมถึง ความต้องการและความสนใจ ที่มีผลต่อขั้นสุดท้ายของ ผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ	กลุ่มเป้าหมาย: ปรับความคิด เดิมลงในผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง กลุ่มเป้าหมาย	กลุ่มเป้าหมาย: ปรับความคิด เดิมอย่างมีประสิทธิภาพลงใน ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการ กลุ่มเป้าหมาย	กลุ่มเป้าหมาย: พิจารณาหลาย ๆ มุมมองของกลุ่มเป้าหมาย ปรับแนวคิดเพื่อให้เหมาะสมกับ กลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งมีความต้องการและ ความสนใจที่หลากหลาย การใช้ทรัพยากร: การรวมวัสดุ/ ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ
	การใช้ทรัพยากร: ระบุวัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน	การใช้ทรัพยากร: ระบุวัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน	การใช้ทรัพยากร: ระบุวัสดุ ทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับงาน	

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
	<p>การวางแผน: อธิบายข้อกำหนดของงาน</p> <p>การผลิต: ได้ผลิตภัณฑ์</p>	<p>การวางแผน: ให้ข้อมูลขั้นตอนทั่วไปเพื่อเป็นไปตามข้อกำหนดของงาน</p> <p>การผลิต: ทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นตามหลักความต้องการของแผน</p>	<p>การวางแผน: ให้ข้อมูลขั้นตอนทั่วไปเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของงาน</p> <p>การผลิต: ทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นตามหลักความต้องการของแผน</p>	<p>เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวิธีการ</p> <p>การวางแผน: วิเคราะห์ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เพื่อระบุข้อมูลที่ชัดเจนรายละเอียดเฉพาะและรายละเอียดที่แตกต่างกันและข้อมูลในแผน</p> <p>การผลิต: จัดทำผลิตภัณฑ์ตามแผนและตรงตามข้อกำหนดทั้งหมดโดยทำการเปลี่ยนแปลงตามความจำเป็น</p>
<p>6. การควบคุมและ การสะท้อนตนเอง</p>	<p>การสะท้อน: ระบุจุดแข็งและจุดอ่อนของตัวเองในผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ</p> <p>การวางแผน: กำหนดเป้าหมาย</p>	<p>การสะท้อน: ประเมินคุณภาพของประสิทธิภาพและความคิดสร้างสรรค์ กระบวนการในการตอบสนองต่อข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์ที่จัดตั้งขึ้น</p>	<p>การสะท้อน: สะท้อนถึงคุณภาพของงาน การใช้งาน การสะท้อนข้อคิดเห็นเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดหรือผลิตภัณฑ์ที่มีค่าถามและวิพากษ์วิจารณ์กระบวนการ</p>	<p>การสะท้อน: วิเคราะห์รูปแบบและแนวโน้มในกระบวนการสร้างสรรค์ของตนเองและผลิตภัณฑ์ประเมินความคิดสร้างสรรค์ตลอดกระบวนการ</p>

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
	ส่วนบุคคลสำหรับประสิทธิภาพ	การวางแผน: ตั้งเป้าหมายสำหรับประสิทธิภาพตามข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์ที่กำหนด	สร้างสรรค์ของตัวเอง (ตัวอย่าง เช่น การทุ่มเทเวลาและความพยายามในการสำรวจความคิด	ค้นหาและทำตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนครูและผู้เชี่ยวชาญเพื่อการพัฒนา
กระบวนการทางความคิด: อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างความพยายามและความกล้าเร็ว	กระบวนการทางความคิด: แสดงให้เห็นถึงความปรารถนาที่จะปรับปรุง (ตัวอย่างเช่น: มีการปฏิบัติมากขึ้นกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงขอความช่วยเหลือจากคนอื่นแทนการยอมแพ้)	กระบวนการทางความคิด: อธิบายการเรียนรู้ที่เป็นผลมาจากกระบวนการสร้างสรรค์	จำนวนการสนับสนุนที่จำเป็น	การวางแผน: วิเคราะห์รูปแบบและการแสดงก่อนหน้าเพื่อตั้งค่างใหม่เป้าหมายในการคิดสร้างสรรค์ที่พบวางเป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อการสะท้อนอย่างต่อเนื่อง
		กระบวนการทางความคิด: แสดงให้เห็นถึงความปรารถนาที่จะปรับปรุง (ตัวอย่างเช่น: มีการปฏิบัติมากขึ้นกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงขอความช่วยเหลือจากคนอื่นแทนการยอมแพ้)	การวางแผน: ค้นหาเลือกและใช้ทรัพยากรและกลยุทธ์เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการสร้างสรรค์	กระบวนการทางความคิด: ช่วยปรับปรุงจุดอ่อนของตัวเองในเชิงรุกโดยใช้กลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มการเติบโตทางความคิด เช่น ความเพียรการใช้ความเสี่ยง การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ

ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง
				<p>กระตือรือร้นหาข้อเสนอแนะ ของผู้อื่น การปฏิบัติโดยเจตนา การค้นหาและการใช้แหล่ง ข้อมูลภายนอก (ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์) เพื่อเพิ่มพูน และขยายการเรียนรู้</p>



จากการวิเคราะห์บริคสำหรับการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ทำการปรับบริค โดยปรับภาษาที่ใช้ให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียนง่ายต่อการประเมิน โดยยังคงประเด็นรายการที่พิจารณา 6 ประการ คือ

1. การสร้างความคิด
 - 1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา
 - 1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
 - 1.3 การตรวจสอบความคิดอย่างสร้างสรรค์
2. การออกแบบและละเอียดรอบคอบ
 - 2.1 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน
 - 2.2 การทบทวน
 - 2.3 การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ
 - 2.4 ความอยากรู้
 - 2.5 ข้อตกลงที่ท้าทาย
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์
บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์
 - 5.1 การระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย
 - 5.2 การระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน
 - 5.3 การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด
 - 5.4 สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง
 - 6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน
 - 6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น
 - 6.3 มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

เมคเกอร์สเปซ (Makerspace)

เมคเกอร์สเปซ (Makerspace) เป็นพื้นฐานปรัชญาการศึกษาแบบ Constructionism หรือ การเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา ซึ่งพัฒนาโดย ซีย์มัวร์ พาเพิร์ต (Seymour Papert) แนวทางนี้ เชื่อว่า การเรียนรู้ที่ดีที่สุดคือการลงมือทำสิ่งที่จับต้องได้ สัมพันธ์กับโลกความเป็นจริง และทำงานร่วมกับผู้อื่น ประการสำคัญคือการเรียนรู้ต้องเกิดจากการริเริ่มของนักเรียน ไม่ใช่ของครู นักเรียนควรมีแนวทางการเรียนรู้แบบเฉพาะเป็นรายบุคคล เพราะเป็นไปไม่ได้ที่นักเรียนสองคนจะเข้าใจเรื่องเดียวกันหรือทำสิ่งเดียวกันได้ในระยะเวลาที่เท่ากัน

โรงเรียนหลายแห่งพยายามให้เด็กได้เรียนรู้ด้วยการลงมือทำ แต่บ่อยครั้งมักพบว่า ครูยังคงเป็นผู้ป้อนความรู้ แล้วนักเรียนก็ผลิตซ้ำความรู้นั้นในรูปของโครงการงาน เช่นนี้ไม่เรียกว่า Constructionism เพราะเท่ากับนักเรียนไม่ได้ “สร้าง” อะไรใหม่ และไม่ได้แก้ปัญหาใด ๆ หลักฐานที่บ่งบอกถึงการสร้างสรรค์และการแก้ไขปัญหาก็คือกระบวนการคิด การเรียนรู้แบบเมคเกอร์ สนับสนุนโอกาสให้ผู้เรียนใช้การคิดเชิงออกแบบ (design thinking) ซึ่งเชื่อมโยงกับการพัฒนาทักษะที่ซับซ้อนและความคิดสร้างสรรค์

Debby L. Kurti (2018) หนึ่งในนักการศึกษาที่บุกเบิกเรื่องการศึกษาแบบเมคเกอร์กล่าวว่า “ผลลัพธ์ของการศึกษาแบบเมคเกอร์และเมคเกอร์สเปซเพื่อการศึกษา คือการนำไปสู่การตัดสินใจ การเป็นตัวของตัวเอง และการแก้ไขปัญหา เป็นการเตรียมความพร้อมผู้เรียนสำหรับโลกแห่งความจริงผ่านการกระตุ้นที่ท้าทาย สรุปก็คือ การศึกษาแบบเมคเกอร์เป็นสิ่งที่เล็กกว่าห้องเรียน แต่สร้างแรงจูงใจได้มากกว่าห้องเรียน”

1. ความหมายของเมคเกอร์สเปซ (Makerspace)

Oxford English Dictionary (2018) ได้ให้คำนิยามไว้ว่า เมคเกอร์สเปซ หมายถึง สถานที่ที่ผู้ที่มีความสนใจร่วมกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีสามารถรวมตัวกันทำงานในโครงการต่าง ๆ มีการแบ่งปันความคิด อุปกรณ์ และความรู้

Makerspace Playbook (2013) ได้ให้นิยามไว้ว่า คือ พื้นที่ทางกายภาพสำหรับบุคคลทั่วไป รวมทั้งเด็ก ๆ เพื่อทำงานร่วมกัน และทบทวนโครงการของพวกเขา

Youth Makerspace Playbook (2015) ได้ให้ความหมายไว้ว่า คือ สถานที่แห่งความเป็นไปได้ในการเพิ่มศักยภาพด้านต่าง ๆ ของบุคคล เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เพียงส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ แต่ส่งเสริมการเชื่อมโยงให้เกิดเป็นชุมชนนักปฏิบัติ ในระดับพื้นฐานที่สุด เมคเกอร์สเปซ อาจเป็นพื้นที่จริง หรือพื้นที่เสมือน หรือพื้นที่ใด ๆ ก็ได้ที่ก่อให้เกิดการกระทำ

Gary Stager, & Sylvia Martinez (2013) ได้กล่าวว่า เมคเกอร์สเปซ คือ พื้นที่ที่เด็ก ๆ และครูได้เรียนรู้ร่วมกันผ่านประสบการณ์ตรง ด้วยการเลือกสรรวัสดุที่มีเทคโนโลยีสูงและต่ำ

Laura Fleming (2015) ได้กล่าวว่า เมคเกอร์สเปซ เป็นคำอุปมาสำหรับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เป็นเอกลักษณ์ที่ส่งเสริมการประดิษฐ์ เล่น และการสำรวจแบบเปิดกว้างสำหรับทุกคน

Dale Dougherty (2013) พื้นที่ที่เด็กมีโอกาสที่จะทำ สถานที่ที่มีเครื่องมือ และผู้เชี่ยวชาญเพียงพอ ที่สามารถสนับสนุนให้นักเรียนเริ่มต้นปฏิบัติงานได้ สถานที่เหล่านี้ซึ่งเรียกว่าพื้นที่ของผู้ผลิต มีส่วนร่วมในชั้นเรียนของธุรกิจ ชั้นเรียนเศรษฐศาสตร์ ในบ้าน สตูดิโอศิลปะ และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

โดยสรุป เมคเกอร์สเปซ หมายถึง พื้นที่ทางกายภาพ หรือพื้นที่เสมือนที่เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ บุคคลทั่วไป เด็ก นักเรียน และครู ได้เรียนรู้ร่วมกันผ่านประสบการณ์ตรงที่เกิดจากการประดิษฐ์ การเล่น และการสำรวจแบบเปิดกว้างสำหรับทุกคน โดยมีการแบ่งปันความคิด อุปกรณ์ และความรู้

2. ความสำคัญของเมคเกอร์สเปซ

เป้าหมายหลักของเมคเกอร์สเปซ คือ การส่งเสริมผู้เรียนให้รู้สึกว่าคุณเองนั้นเป็นนักประดิษฐ์ และเป็นผู้สร้างสรรค์ พื้นที่นักประดิษฐ์จึงเป็นพื้นที่ที่เปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ทักษะใหม่ ๆ ผ่านทางการทดลองการลองผิดลองถูก การได้สัมผัสกับความล้มเหลวหรือ ความผิดพลาดจากการทดลองและทดลองซ้ำเพื่อค้นหาแนวทางการแก้ไขปัญหา ก่อให้เกิดการพัฒนาต่อยอดทางความคิด สิ่งเหล่านี้จะเพิ่มความมั่นใจในตนเองของผู้เรียน รวมถึงความภูมิใจในความสามารถของตัวผู้เรียนเอง รวมทั้งสร้างสรรค์จินตนาการและสร้างสรรค์ผลงานที่จับต้องได้ พื้นที่นักประดิษฐ์ได้กลายเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจในวงการการศึกษาโดยเฉพาะในต่างประเทศ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวนั้นมีประโยชน์อย่างมากกับผู้เรียน ในขณะเดียวกันก็ยังมีมีการบูรณาการพื้นที่นักประดิษฐ์เข้ากับรายวิชาต่าง ๆ ในสถาบันและโรงเรียน

สมพน ปานดำ (2563) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของเมคเกอร์สเปซในบทความวิชาการเรื่อง พื้นที่นักประดิษฐ์ วิถีคิดการสร้างนวัตกรรมยุคดิจิทัล ว่าพื้นที่นักประดิษฐ์ ถูกออกแบบให้ทำทนายผู้เรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ และเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงตั้งแต่ความรู้ในอดีตและปัจจุบัน โดยพื้นที่นักประดิษฐ์มีของประโยชน์ในด้านต่าง ๆ 6 ประกอบไปด้วย

1. ก่อให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ เนื่องด้วย พื้นที่นักประดิษฐ์จะส่งเสริมให้เกิดการสร้างนวัตกรรมผ่านประสบการณ์ตรง ผู้เข้ามาใช้งานหรือผู้เรียนจะมีโอกาสในการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเองผ่านการฝึกฝนทักษะด้านต่าง ๆ ของตนเองและนำมาใช้งานเพื่อสร้างความเปลี่ยนแปลงให้กับสิ่งที่มีอยู่แนวความคิดสิ่งประดิษฐ์เดิมเพื่อให้เกิดการพัฒนาต่อยอดความคิด หรือวิธีการปฏิบัติ และเกิดสินค้าใหม่ประเภทต่าง ๆ

2. สร้างรูปแบบการเรียนรู้ ที่สามารถใช้งานให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ สร้างทักษะผ่านการลงมือปฏิบัติทำงาน และค้นคว้าสิ่งต่าง ๆ 1 ทดลองแก้ไขสถานการณ์เสมือนจริง ซึ่งผู้เรียนจะสามารถเข้าใจและนำความรู้ที่ได้ออกไปใช้ได้จริง มากกว่าการนั่งเรียนหรือฟังบรรยาย

3. สามารถฝึกประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อเกิดความผิดพลาดในการทดลอง การทดสอบ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ที่จะนำความผิดพลาดที่ได้รับมาเป็นประสบการณ์และพัฒนาปรับปรุงวิธีการ หรือการสร้างความเข้มแข็งความมุ่งมั่นตั้งใจในการทำงานได้อย่างดี

4. ส่งเสริมผู้เรียนได้ค้นพบเจอสิ่งใหม่ ก่อให้เกิดการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ เพื่อจะเป็นประโยชน์จากจากลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาต่าง ๆ

5. สามารถเสริมสร้างทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ไขปัญหา ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการดำเนินการตามขั้นตอนอย่างมีระบบระเบียบ ซึ่งเปรียบเสมือนการวางรากฐานการคิดเชิงระบบ ผ่านประสบการณ์เรียนในพื้นที่นักประดิษฐ์

6. การพัฒนาทักษะของศตวรรษที่ 21 ในทุกมิติตามกรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทักษะสำคัญที่เด็กและเยาวชนควรมี ได้แก่ ทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะด้านสารสนเทศสื่อและเทคโนโลยีการบริหารจัดการด้านการศึกษาแบบใหม่ รวมถึงทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หรือ 3R และ 4C ซึ่งมีองค์ประกอบ ดังนี้ 3R ได้แก่ การอ่าน (Reading) การเขียน (Writing) และคณิตศาสตร์ (Arithmetic) และ 4C ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) การสื่อสาร (Communication) การร่วมมือ (Collaboration) และความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

สรุปความสำคัญของพื้นที่นักประดิษฐ์ คือ เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งตั้งอยู่ในแหล่งชุมชน โรงเรียน ห้องสมุดทั้งแบบสาธารณะและห้องสมุดเพื่อการศึกษา โดยพื้นที่นักประดิษฐ์นี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เข้ามาใช้งานได้เกิดการเรียนรู้ทักษะของศตวรรษที่ 21 ผ่านทางการทำกิจกรรมต่าง ๆ ความสำคัญของพื้นที่นักประดิษฐ์อยู่ที่การสอนนักเรียนโดยเฉพาะในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับ เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ควบคู่ไปกับเรื่องดิจิทัลและข้อมูลข่าวสาร สถานศึกษาที่จัดให้มีพื้นที่นักประดิษฐ์ขึ้นเป็นส่วนเสริมในหลักสูตร จะสามารถเห็นผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน และพัฒนาการทั้งทางด้านความรู้ ปฏิบัติ และเจตคติที่ดี ทั้งนี้พื้นที่นักประดิษฐ์จะช่วยในการพัฒนาผู้เรียนได้ปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเตรียมพร้อมที่จะทำหายจากกระแสโลก ผ่านกระบวนการพัฒนาผู้เรียนที่บูรณาการกับบทเรียน สภาพจริงของธรรมชาติ และชุมชน สังคม การปรับเปลี่ยนวิธีการพัฒนาให้เหมาะสมกับยุคสมัย และสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไป จึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักและให้ความสำคัญ เพื่อพัฒนาและยกระดับคุณภาพการศึกษาการพัฒนานักศึกษาและการเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยใช้กระบวนการผ่านการลงมือปฏิบัติ

3. องค์ประกอบของเมคเกอร์สเปซ

3.1 นักประดิษฐ์ (Maker) หมายถึง ผู้เรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติในพื้นที่โดยมีผู้ชี้แนะเป็นผู้ผลักดันให้ร่วมให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลักดันและเกิดกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันกับผู้อื่น มีการชี้แนะทางเลือกในทาง

3.2 ครูหรือผู้แนะนำ (Facilitators) หมายถึง ผู้ชี้แนะที่มีบทบาทในการส่งเสริมผู้เรียนให้เกิดองค์ความคิดโดยการสอนแนวคิดด้านเทคโนโลยี และเสนอสิ่งเชื่อมโยง

3.3 กระบวนการเรียนรู้ (From Start to Finish) หมายถึง การที่นักประดิษฐ์มีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มและสิ้นสุดกระบวนการ

3.4 การทดลอง (Experimentation) หมายถึง การลงมือทดลอง นักประดิษฐ์สามารถเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ และต่อยอดความรู้เดิมในขณะที่สามารถพัฒนาทักษะใหม่ไปด้วย

3.5 เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Use of Technology) หมายถึง มีการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการค้นหาปัญหาและหาแนวทางแก้ไข

ดังนั้น การออกแบบพื้นที่นักประดิษฐ์ จึงจำเป็นต้องมีองค์ประกอบด้านต่าง ๆ เพื่อจะเป็นสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ที่ดีของผู้เรียน หรือผู้ที่สนใจ โดยเฉพาะการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้งานและสร้างนวัตกรรม สิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ทั้งนี้สำหรับสถานศึกษาของอาชีวศึกษา ซึ่งมีความสำคัญและสอดคล้องกับการพัฒนาสมรรถนะแรงงาน ที่ต้องการสมรรถนะนวัตกรรม เพื่อสร้างนวัตกรรม เพื่อตอบโจทย์การพัฒนาประเทศที่จะขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ซึ่งจะสร้างผู้สำเร็จการศึกษาที่จะเป็นกำลังแรงงานที่สำคัญ ผ่านพื้นที่นักประดิษฐ์ที่จะช่วยพัฒนากำลังคนกำลังคนวิชาชีพให้มีสมรรถนะ ความรู้ ความสามารถ ทักษะ คุณลักษณะที่สถานประกอบการพึงประสงค์ โดยเฉพาะสมรรถนะนวัตกรรม เพื่อป้อนให้กับภาคอุตสาหกรรม การรวมตัวหรือสร้างความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่เพื่อจัดสรรพื้นที่ หรือดัดแปลงพื้นที่ให้กลายเป็นพื้นที่การเรียนรู้ และพื้นที่ในการพบปะสังสรรค์แลกเปลี่ยนเรียนรู้ จึงมีความสำคัญและความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นมาหรือจุดกำเนิดของการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งมีนักวิชาการจำนวนมากกล่าวถึงความเป็นมาของการคิดเชิงออกแบบไว้อย่างหลากหลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดสรรเนื้อหาเฉพาะในบริบททางการศึกษา เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเบื้องต้นเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ ดังหัวข้อที่น่าสนใจต่อไปนี้

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

การตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีและรูปแบบของการคิดเชิงออกแบบที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น อันเป็นการชี้ให้เห็นถึงความเจริญรุ่งเรืองของผลงานทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงออกแบบ ในช่วงปี 1980- 1990 อีกทั้งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้รับการตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 2009

มุมมองทางทฤษฎีของการคิดเชิงออกแบบถูกจำแนกออกเป็น 5 หมวดหมู่ย่อย ดังนี้

- 1) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์
- 2) การคิดเชิงออกแบบเป็นการปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด (Reflective practice)
- 3) การคิดเชิงออกแบบเป็นกิจกรรมแห่งการแก้ปัญหา
- 4) การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการให้เหตุผลและการสร้างความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ และ
- 5) การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างความหมาย

1. การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์

Herbert A. Simon (1916-2001) นักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกัน กล่าวถึงนิยามของ "การออกแบบ" ไว้ในหนังสือ The Science of the Artificial ว่า "การออกแบบเป็นการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหรือสภาวะที่เป็นอยู่ให้สอดคล้องกับความชื่นชอบของบุคคล" ซึ่ง Simon ถือว่าเป็นบุคคลที่ได้รับการยอมรับในแวดวงวิชาการเกี่ยวกับการออกแบบและการคิดเชิงออกแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มุมมองที่เป็นจุดเด่นของ Simon เกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบ คือ การจำแนกระหว่างกิจกรรมในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริงที่มีอยู่ ดังนั้นวิธีการของ Simon จึงมุ่งเน้นในเรื่องของการสร้างสรรค์และวิธีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับบริบทในปัจจุบันนั่นเอง

2. การคิดเชิงออกแบบเป็นการปฏิบัติเชิงสะท้อนคิด

Donald Alan Schon (1930-1997) เป็นนักปราชญ์และศาสตราจารย์การวางผังเมือง สถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ ผู้ซึ่งมีความสนใจในบทบาทของการสะท้อนคิดในกระบวนการคิดเชิงออกแบบและเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานที่สำคัญอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะการสะท้อนคิดเป็น

พื้นฐานของการเรียนรู้และเป็นกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดความสำเร็จ และครูควรเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียน ละทิ้งผลการทำกิจกรรมของตนเองในการแก้ปัญหา

3. การคิดเชิงออกแบบเป็นกิจกรรมแห่งการแก้ปัญหา

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

4. การคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการให้เหตุผลและการสร้างความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ

Lawson and Cross แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงออกแบบว่าเป็นกิจกรรมที่ใช้ การปฏิบัติเป็นฐานและเป็นวิธีการทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมักจะใช้การให้เหตุผลแบบนิรนัยและการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตาม Lawson และ Cross ใช้การให้เหตุผลแบบ Abduction ประกอบด้วยเพื่อสร้างความเข้าใจและสร้างหลักเกณฑ์จากการสังเกตและหารูปแบบที่เป็นสาเหตุในประสบการณ์เชิงปฏิบัติ

5. การคิดเชิงออกแบบเป็นการสร้างความหมาย

Krippendorff ได้เสนอว่าการคิดเชิงออกแบบนั้นเป็นการสร้างความหมายที่มากกว่า การสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ตามแนวคิดของ Simon กล่าวคือ Krippendorff มองว่า "ความหมาย" เป็นหลักหรือสิ่งสำคัญของกระบวนการออกแบบและสิ่งประดิษฐ์จะกลายเป็นสื่อกลางในการสื่อ ความหมายเหล่านั้น ในขณะที่ Simon มีแรงคิดว่าสิ่งประดิษฐ์เป็นส่วนสำคัญ และมองว่าความหมาย เป็นเพียงคุณลักษณะเท่านั้น

จากการศึกษาความเป็นมาหรือจุดกำเนิดของการคิดเชิงออกแบบเฉพาะบริบททาง การศึกษา ทำให้ผู้วิจัยเกิดมุมมองหรือแนวคิดที่จะสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ แนวคิดของบรรดานักวิชาการดังกล่าวข้างต้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิด เชิงออกแบบ เริ่มจากการให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องที่เรียนในการสร้างสรรค์ชิ้นงานผ่าน สถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวัน แล้วให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาและ ร่วมกันพิจารณาเหตุผลหรือปัจจัยต่าง ๆ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตลอดจนการสะท้อนคิดโดยครูและ เพื่อนร่วมชั้นเรียนเพื่อพัฒนาและปรับปรุงผลงาน

1. ความหมายของการคิดเชิงออกแบบ

พสุ เดชะรินทร์ (2558, อ้างถึงใน พัทธนันท์ บุตฉุย, 2559) ได้ให้ความหมายว่า เป็นการนำกระบวนการในการคิดที่ให้ความสำคัญกับบุคคลประกอบกับการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ไขปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมต่าง ๆ ไม่จำเป็นต้องใช้สำหรับ

การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสินค้าเท่านั้นปัญหาต่าง ๆ ที่เราเผชิญกันอยู่ก็สามารถนำหลักการพื้นฐานของการคิดเชิงออกแบบมาปรับใช้ในการแก้ไขปัญหา

Tim Brown (2008) ได้ในความหมายว่ากระบวนการคิดสำหรับการออกแบบที่คำนึงถึงธรรมชาติของผู้ใช้รูปแบบของธุรกิจและเทคโนโลยีเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

Stanford Design School (2005) ได้ให้ความหมายว่าการคิดเชิงออกแบบ คือ กระบวนการคิดหรือวิธีคิดแบบนักร้อง แบบที่แตกต่างจากกระบวนการหรือวิธีคิดในศาสตร์อื่น ๆ ตรงที่มีเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยดึงเอาความคิดสร้างสรรค์ออกมาช่วยในการแก้ไขปัญหา รวมถึงเป็นเครื่องมือในการค้นหาปัญหาที่เข้าถึงความต้องการของลูกค้าได้มากกว่าเครื่องมือทางการตลาดอื่น ๆ

Simon (2009) ได้ให้ความหมายว่า การคิดเชิงออกแบบคือการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ที่เกิดจากทักษะความชำนาญในการสร้างงานและความสามารถทางสมองของมนุษย์และเชื่อว่าสิ่งประดิษฐ์ทุกอย่างที่เกิดขึ้นในโลกล้วนเกิดขึ้นจากฝีมือและสมองการสร้างสรรค์ของมนุษย์แทบทั้งสิ้น

DEX Space (2016) ได้ให้ความหมายว่า กระบวนการคิดที่ใช้การทำความเข้าใจในปัญหาต่าง ๆ อย่างลึกซึ้ง โดยเอาผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง และนำเอาความคิดสร้างสรรค์และมุมมองจากคนหลาย ๆ สายมาสร้างไอเดีย แนวทางการแก้ไข และนำเอาแนวทางต่าง ๆ นั้นมาทดสอบและพัฒนาเพื่อให้ได้แนวทางหรือนวัตกรรมที่ตอบโจทย์กับผู้ใช้และสถานการณ์นั้น ๆ

โดยสรุปการคิดเชิงออกแบบหมายถึงกระบวนการคิดที่นำวิธีคิดแบบนักร้องแบบบวกกับกระบวนการและวิธีคิดต่าง ๆ ที่ให้ความสำคัญกับบุคคลมาใช้ในการแก้ไขปัญหาเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่อย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพเพื่อจะตอบโจทย์ของกลุ่มเป้าหมาย

2. ลักษณะของการคิดเชิงออกแบบ

Simon (2009) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบ คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์การออกแบบ คือ การแก้ปัญหาด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์การหาเหตุและผลผลจากการแก้ปัญหานั้นจะประสบความสำเร็จได้ขึ้นอยู่กับผู้เกี่ยวข้องกับปัญหาทุกคนเห็นชอบร่วมกัน เช่น ผู้ออกแบบผู้ผลิตและผู้บริโภคและควรเปิดกว้างกับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

Jones (1992) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบนั้นไม่ใช่แค่ผลงานการออกแบบเพียงอย่างเดียว แต่หมายถึง การคิดออกแบบไม่ว่าจะเป็นระบบกระบวนการสิ่งแวดล้อมเครือข่ายหรือสิ่งอื่น ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว นอกจากนี้ เขายังกล่าวอีกว่าการออกแบบที่แท้จริงแล้วเกิดจากการมีส่วนร่วมของประชาชน ผู้บริโภคและผู้ใช้ซึ่งบุคคลเหล่านี้มีอิทธิพลต่อกระบวนการตัดสินใจของนักออกแบบซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความคิดออกแบบนั้นอยู่ในความคิดของมนุษย์แทบทุกคนนอกจากนี้เขาเชื่ออีกว่าเมื่อนำ

ศิลปะและวิทยาศาสตร์เข้ามาร่วมกันในการสร้างสรรค์จะสามารถสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ในอนาคตได้อีกมากมาย

Schon (1995) ให้ข้อเสนอว่าการคิดเชิงออกแบบมีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับแนวคิดของ Simon เพราะการคิดออกแบบต้องมีเหตุและผลในการแก้ปัญหา แต่ให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงานของนักออกแบบซึ่งกระบวนการจะแสดงให้เห็นผลสะท้อนของวิธีคิดและความรู้ของนักออกแบบในการปฏิบัติเพราะในขณะที่นักออกแบบกำลังคิดและกำลังสร้างงาน นักออกแบบกำลังเผชิญหน้ากับปัญหา ดังนั้นการศึกษาการคิดออกแบบควรจะศึกษาในช่วงการปฏิบัติงาน ในสตูดิโอของนักออกแบบมากกว่าดูผลสำเร็จของงานออกแบบ

Buchanan (1992) เสนอว่าการคิดเชิงออกแบบต้องให้ความสำคัญในการแก้ปัญหา โดยการศึกษาข้อมูลอย่างมากมายเพื่อที่จะเข้าใจปัญหาอย่างแท้จริงความเข้าใจปัญหาอย่างแท้จริง นอกจากจะช่วยในการแก้ปัญหาในงานออกแบบได้แล้วยังจะส่งผลกระทบต่อการศึกษาในสังคมได้ นอกจากนี้ Buchanan กล่าวว่า การคิดออกแบบเป็นแนวคิดที่มีลักษณะที่ประกอบขึ้นมาจากศาสตร์ที่หลากหลาย (Multidisciplinary) เชื่อมโยงกันเพื่อการแก้ปัญหาในชีวิตมนุษย์ได้แก่

1. ปัญหาของการสื่อสารการมองเห็น (Symbolic and visual communications or graphic design)
2. ปัญหาเกี่ยวกับงานวัสดุ (Material objects or industrial design)
3. ปัญหาทางด้านการใช้บริการ (Activities and organizational services or service design)
4. ปัญหาด้านระบบและสิ่งแวดล้อมความเป็นอยู่การเรียนรู้การสอน (Complex Systems or environments for thing or interaction design)

Lawson (2012 อ้างถึงใน ฤชงค์ โรจน์แสงรัตน์, 2559) เป็นนักจิตวิทยาและสถาปนิก ได้ให้ความคิดเห็นว่าการออกแบบเป็นการแก้ปัญหาแต่ไม่ใช่การแก้ปัญหาที่อิงกับหลักวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว การแก้ปัญหาของนักออกแบบเป็นการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มีจินตนาการทางความงามอยู่ด้วยพร้อมเหตุและผล ลอร์สัน พยายามชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างนักคิดแบบวิทยาศาสตร์กับนักคิดแบบนักออกแบบนั้นแก้ปัญหาต่างกันักวิทยาศาสตร์แก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ ในขณะที่นักออกแบบแก้ปัญหาโดยการสังเคราะห์แต่อย่างไรก็ตามลอร์สันให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์จากการแก้ปัญหาการออกแบบด้วยการปฏิบัติ

Cross (2006) มีความคิดเห็นในการคิดเชิงออกแบบไว้ว่าเป็นวิธีการเชื่อมโยงระหว่างปัญหากับการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์โดยอาศัยองค์ความรู้ประสบการณ์และความสามารถของผู้อื่นที่มีความรู้เฉพาะทางในเรื่องของปัญหานั้น ๆ มาเป็นส่วนประกอบสำคัญในการสร้างผลงานออกแบบ

นอกจากนี้ คอร์ส มีความคิดเห็นว่านักออกแบบมักใช้สัญชาตญาณในการออกแบบสร้างสรรค์ผลงาน แต่ผู้ที่ไม่ได้เป็นนักออกแบบก็สามารถออกแบบได้โดยการศึกษาองค์ความรู้และความเข้าใจของผู้อื่น เข้ามาช่วยในการคิดออกแบบ

Kirippendorf (2006) ได้เสนอว่า การคิดเชิงออกแบบเกี่ยวข้องกับการเข้าใจความรู้สึกของมนุษย์โดยออกแบบให้สอดคล้องกับความพึงพอใจกับความรู้สึกของมนุษย์เป็นหลัก (Human Centered Design) ซึ่งเป็นการศึกษาความหมาย (Meaning ของสิ่งประดิษฐ์และได้ให้ความสำคัญในการคิดสร้างความหมายที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกในสิ่งประดิษฐ์หลักการนี้เป็นการตีความหมายจากสิ่งประดิษฐ์ของนักออกแบบแสดงให้เห็นว่าผลงานออกแบบที่เป็นสื่อกลางในการสื่อสารด้วยความหมายแนวคิดดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการใช้ภาษา (Linguistic) และระบบภาษาภาพ (Visual Systems) การตีความหมายและสัญลักษณ์ทางวัตถุ (Semantic) อย่างไรก็ตามแนวคิดค่อนข้างจะเป็นนามธรรมเพราะเกี่ยวข้องกับความรู้ทางอารมณ์เป็นเรื่องของการเข้ารหัสและการถอดรหัส (Decoding and Encoding) ของมนุษย์กับสิ่งประดิษฐ์อย่างไรก็ดีการคิดเชิงออกแบบของ Kirippendorf สามารถที่สร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ในความต้องการที่ซับซ้อนของมนุษย์ในปัจจุบันได้

Brown (2009) กล่าวว่า การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เป็นความคิดที่มีรูปแบบเป็นกระบวนการเป็นขั้นตอนในการทำงานมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความคิดในการสร้างนวัตกรรมใหม่นวัตกรรมนั้นจะแสดงออกในลักษณะสินค้าหรือบริการหรือแสดงให้เห็นเป็นรูปแบบอื่น ๆ เช่น กลยุทธ์ยุทธศาสตร์ การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เหมาะสมกับการนำไปใช้กับผู้ที่ไม่ใช่ผู้ออกแบบหรือผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบน้อย ขั้นตอนในการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) จะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดได้เหมือนนักออกแบบ แนวคิดของ Brown เน้นไปที่การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) เพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้จากผู้อื่น การเรียนรู้ด้วยการทำงานกลุ่มจะช่วยให้เกิดการสร้างประสบการณ์ใหม่นำไปสู่การสร้างสิ่งใหม่

โดยสรุปการคิดเชิงออกแบบเป็นการคิดที่มีรูปแบบเป็นกระบวนการเป็นขั้นตอนในการทำงานมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดความคิดในการสร้างนวัตกรรมใหม่นวัตกรรมเน้นไปที่การทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้จากผู้อื่นและการเรียนรู้ด้วยการทำงานกลุ่มจะช่วยให้เกิดการสร้างประสบการณ์ใหม่นำไปสู่การสร้างสิ่งใหม่

3. กระบวนการ The Double Diamond De-Sign

UK Design Council (2017) นำกระบวนการของการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) มาประยุกต์ใช้และสร้างเป็นโมเดลขึ้นหลายรูปแบบ และหนึ่งในโมเดลที่นิยมนำมาใช้กับงานบริหารจัดการตลอดจนสร้างสรรค์การทำงานให้กับองค์กรก็คือโมเดลเพชรคู่ หรือ Double Diamond ที่ได้รับความนิยมในระดับสากลนั่นเอง ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนที่เรียกง่าย ๆ ว่า 4D ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ค้นพบ (Discover) คือ ก่อนที่จะเริ่มกระบวนการการคิดเชิงออกแบบ ทุกครั้งเรามักหยิบเอาปัญหาเป็นโจทย์สำคัญในการเริ่มต้น ในขั้นตอนแรกนี้ก็คือการค้นพบปัญหา แล้วทำความเข้าใจกับปัญหาให้ลึกซึ้งมากที่สุด หลากหลายมิติที่สุด เพื่อที่จะนำไปสู่การหาทางออกที่ดีที่สุด และตอบโจทย์มากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 บ่งชี้ / กำหนด (Define) คือ หลังจากที่เรามองปัญหาอย่างรอบด้านแล้ว ให้นำเอาข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อที่จะคัดกรองให้เป็นปัญหาที่แท้จริง กำหนดหรือบ่งชี้ว่าเป็นปัญหาอะไร ประเภทไหน เพื่อให้เข้าใจลักษณะของปัญหาให้ได้ชัดเจนที่สุดเพียงประเด็นเดียว เพื่อที่จะได้มีจุดหมายในการหาทางแก้ไขได้อย่างตรงประเด็น มีทิศทางชัดเจน

ขั้นตอนที่ 3 พัฒนา (Develop) คือ หลังจากที่เรามีแก่นของปัญหาที่ชัดเจนแล้ว ขั้นตอนของการพัฒนานี้ก็คือการระดมสมองเพื่อ แสร้งไอเดีย เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ นานา ทั้งในกรอบและนอกกรอบ โดยคิดให้รอบด้านที่สุด ถ้าเปรียบกับการออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ แล้วขั้นตอนนี้ก็คือการหาไอเดียเพื่อที่จะออกแบบไปในทิศทางต่าง ๆ หลากหลายรูปแบบเพื่อนำมาเลือกไอเดียที่ดีที่สุดไปผลิตนั่นเอง

ขั้นตอนที่ 4 นำไปปฏิบัติจริง (Deliver) คือ ขั้นตอนนี้เราจะเลือกวิธีที่ดีที่สุดเพื่อนำไปแก้ไขปัญหาดังกล่าว ปฏิบัติจริง เพื่อตอบโจทย์ปัญหาที่เราตั้งไว้ นำไปทดลองหรือทดสอบจริงว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่ ตลอดจนเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผลด้วย

จะเห็นในขั้นตอนที่ 1 และ 2 เป็นขั้นตอนการสร้างความเข้าใจและตีความปัญหาอย่างลึกซึ้ง เพื่อกำหนดโจทย์หรือตั้งเป้าหมายของโครงการ ขั้นตอนที่ 3 คือขั้นตอนแห่งการสร้างสรรค์ความคิดใหม่อันหลากหลาย และขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนแห่งการทดสอบช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำนวัตกรรมออกสู่ตลาดหรือนำไปใช้จริง

โดยกระบวนการของ Double Diamond Diagram แสดงให้เห็นจำนวนข้อมูลและแนวคิดที่เพิ่มขึ้นในขั้นตอนที่ 1 และ 3 รวมทั้งจำนวนข้อมูลและแนวคิดที่ถูกขมวด คัดกรอง ผสาน หรือสรุปเป็นหนึ่งเดียวในช่วงของขั้นตอนที่ 2 และ 4 ในขณะที่การคิดเชิงออกแบบของมหาวิทยาลัย สแตนฟอร์ดไม่ได้อธิบายให้เห็นปริมาณข้อมูลในรูปแบบภูมิ แม้ในการทำงานจริงจะมีลักษณะและปริมาณข้อมูลเพิ่มขึ้นและรวบลดลงเช่นเดียวกัน

4. กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับเมคเกอร์สเปซกับการส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ตาราง 4 กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับเมคเกอร์สเปซกับการส่งเสริม
ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับเมคเกอร์สเปซ	ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	งานวิจัย/ทฤษฎี/สิ่งสนับสนุน
1. การคิดค้นข้อมูล (Discover) เป็นขั้นตอนการริเริ่ม (initiate) แยกประเด็นของปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง สมดุลกล ที่ผู้วิจัยนำมา เป็นบริบทในการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แล้วค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไขในบริบทที่นักเรียน เห็นพ้องต้องกัน ผ่านทาง Study Space	1. การสร้างความคิด - มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน - มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้ครบถ้วน - มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง 5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ - มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย - มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดเชิงออกแบบ เพื่อเสริมสร้าง ทักษะด้าน การสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในกิจกรรมพบความบกพร่อง คือ การจัดกิจกรรม ไม่ได้มีการส่งเสริมกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันระดมความคิด ค้นหาคำตอบและเก็บรวบรวมข้อมูลตามวิธีการที่วางแผนไว้ จึงส่งผลโดยตรงต่อการจัดบันทึกกิจกรรมของนักเรียน และควรมีการกำหนดเวลาระยะเวลาให้ชัดเจน ในการแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ทำความเข้าใจและตีความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง จัดลำดับความสำคัญของสิ่งที่ต้องการจะแก้ไข แล้วสรุปประเด็นปัญหาเดียว หรือ การสรุปใจหาย (Brief) จากใบกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Sharing Space จากนั้นนักเรียนสามารถ	2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด - มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้ครบ 3 แบบ - มีการเรียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุ ขนาด วัสดุ ได้ครบถ้วน 3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการคิดเชิงออกแบบ ร่วมกับแนวคิดการสะท้อนคิด การปฏิบัติเพื่อส่งเสริมความสามารถ ในการสร้างนวัตกรรมการพยาบาลของนักศึกษาพยาบาล ในการสร้างนวัตกรรมการพยาบาล ต้องใช้เวลาในการศึกษาปัญหาหาแนวทางการแก้ปัญหา

กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับ เมคเกอร์สเปซ	ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	งานวิจัย/ทฤษฎี/สิ่งสนับสนุน
สืบค้นเพิ่มเติมแล้วนำสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานมา โฟกัสลงใน Spotlight Space เพื่อนำไปสู่ขั้นพัฒนา	<ul style="list-style-type: none"> - มีการออกแบบที่แปลกใหม่และท้าทายความสามารถของตนเอง 4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ - มีการรูปความคิดของสมาชิกกลุ่มทุกคน - มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน - มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก 	<ul style="list-style-type: none"> รวมทั้งการสร้างและทดสอบนวัตกรรม ดังนั้น รูปแบบการเรียนการสอนนี้จึงเหมาะกับรายวิชาที่มีระยะเวลาตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป
3. การพัฒนาความคิด (Develop) สร้างต้นแบบจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัย ของนักเรียน และจาก Safe Box Space ที่ผู้วิจัยจัดส่งให้ผ่าน การขนส่งทางไปรษณีย์ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิด กระบวนการคิดและออกแบบ สร้างและทำการทดสอบ โดยขั้นตอนการทดสอบและ ข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมทักษะความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	<ul style="list-style-type: none"> 5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ - มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน - มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ 6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง - มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู 	<ul style="list-style-type: none"> การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์โดยใช้โครงงานร่วมกับ เทคนิคการสืบเสาะหาความรู้ ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อเสริมสร้างความสามารถ ในการสร้างนวัตกรรม และจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด นี้ เนื่องมาจากเรื่องโลกดาราศาสตร์ และอวกาศเป็นเนื้อหาที่นักเรียน มักจะมองเห็นนามธรรมและต้องใช้ ความรู้พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์ ขั้นสูงในการได้มาซึ่งการพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์จึงทำให้ด้าน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับ เมคเกอร์สเปซ	ความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	งานวิจัย/ทฤษฎี/สิ่งสนับสนุน
4. การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ ผู้ใช้ (Deliver) เป็นขั้นตอน ในการทดสอบช่วงสุดท้าย ก่อนที่จะนำเอาผลงานหรือ นวัตกรรมไปใช้จริงในบริบท ที่ครูสร้างขึ้น นักเรียนสามารถ ขอคำแนะนำด้านการพัฒนา นวัตกรรม หรือคำปรึกษา จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space พัฒนาต่อยอด นวัตกรรมปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ต่อไป	6. การควบคุมและการสะท้อน ตนเอง - มีการระบุข้อบกพร่อง ในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอก แนวทางแก้ไข - มีการประเมินความสำเร็จของ ตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ ที่กำหนด	กระบวนการคิดเชิงออกแบบ และชิ้นงานที่สมบูรณ์สุดท้าย เกิด จากความคิดที่ได้จากต้นแบบ ที่ ผ่านการทำซ้ำ การทดลอง เน้น การแก้ปัญหาแบบลงมือปฏิบัติ และการสร้าง ความการเอาใจใส่ และการเรียนรู้ด้วยตนเอง (นักเรียนเป็นศูนย์กลาง) การ ทำงานเป็นกลุ่ม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

สุนิตรา จีนเมือง (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง เสียง เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 การวิจัยครั้งนี้ เป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) เพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง เสียง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 23 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะ ดังนี้

คือ ครูควรสร้างความตระหนัก ความสำคัญของสถานการณ์ ที่สำคัญสถานการณ์ต้องมีเงื่อนไขสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน นักเรียนได้วิเคราะห์บริบทของสถานการณ์ผ่านการระดมสมองออกแบบชิ้นงานหลากหลาย วางแผนขั้นตอนการดำเนินการ เลือกวิธีการทดสอบชิ้นงานที่มีความเหมาะสม ทำการประเมินผลชิ้นงาน ปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น นำเสนอชิ้นงาน และการแก้ไขชิ้นงานของตนเอง ส่วนผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังจากการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในหลายพฤติกรรม โดยพฤติกรรมการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกได้มากที่สุดตลอดการจัดการเรียนรู้

ชนิกาน กลินอาจ (2563) ได้ทำพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่องเคมีไฟฟ้าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้เข้าร่วมวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 7 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบเรื่อง เคมีไฟฟ้า จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 2) ใบกิจกรรม 3) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ 4) แบบประเมินชิ้นงาน และ 5) แบบประเมินความสามารถในการสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาและตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า จากผลการวิจัย พบว่า 1) แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เรื่อง เคมีไฟฟ้า ที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 นิยามปัญหา ขั้นที่ 3 สร้างความคิด ขั้นที่ 4 สร้างต้นแบบ ขั้นที่ 5 ทดสอบ มีประเด็นที่ควรเน้น ได้แก่ การประยุกต์ใช้ องค์ความรู้ทางเคมีไฟฟ้าในการออกแบบชิ้นงานและแก้ปัญหาการเลือกใช้ปัญหาการออกแบบในชีวิตจริงและการออกแบบชิ้นงานที่ตอบสนองความต้องการในเชิงลึกของบุคคล และ 2) การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์และ

นายภาณุวัฒน์ เกียรติณัฐ (2564) ได้ศึกษาศึกษาการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์เป็นการนำกระบวนการสะเต็มศึกษา (STEM Education) มาบูรณาการสำหรับจัดการเรียนการสอนเพื่อนำไปสู่การสร้างนักประดิษฐ์(Maker) โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์ ในรายวิชาการค้นคว้าอิสระ (Independent study) ให้มีประสิทธิภาพ 2) เพื่อเปรียบเทียบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เพื่อหาดัชนีประสิทธิผล (I.E.) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์ และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยกลุ่มเป้าหมายในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 คน ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนบรบือ อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการพัฒนานักเรียนจึงได้พัฒนาการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์ โดยมี 6 หน่วยการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้และใบความรู้ กิจกรรมเพิ่มเติมศึกษา เรื่อง STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์ เวลา 60 ชั่วโมง 2) แบบทดสอบเรื่อง STEM กับนักประดิษฐ์ จำนวน 30 ข้อ 3) แบบวัดความพึงพอใจนักเรียนจำนวน 15 ข้อ 4) แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม และ 5) โปรแกรม Arduino IDE, KidBright IDE, MakeCode micro: bit และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test dependent) และดัชนีประสิทธิผล ผลการศึกษา พบว่า 1) นักเรียนให้ความสนใจในการจัดกิจกรรม สังเกตได้จากพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม พบว่า นักเรียนผ่านทักษะทางด้าน STEM ร้อยละ 100 และนักเรียนมีทักษะกระบวนการทำงานอยู่ในระดับสูง 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์มีค่าเท่ากับ 0.6667 หรือคิดเป็นร้อยละ 66.67 และ 4) นักเรียนมีระดับความพึงพอใจมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 80.75 ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อการเรียนการสอน STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Kim et al. (2013) คณะทำงานวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ได้ทำการวิจัยในหัวข้อ เรื่อง "สถาปนิกห้องเรียน: บูรณาการระหว่างการคิดเชิงออกแบบและคณิตศาสตร์" (Classroom Architect: Integrating Design Thinking and Math) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนที่มีอายุ 10 ถึง 11 ปี โรงเรียนประถมศึกษาแห่งหนึ่งในประเทศแคลิฟอร์เนียตอนใต้ สำหรับคำว่า "สถาปนิกห้องเรียน" (Classroom Architect) เป็นหลักสูตรที่ยึดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานตามหลักการคิดเชิงออกแบบผ่านการศึกษาเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เช่น การวัดขนาดและสร้างห้องเรียนในอุดมคติรูปแบบเสมือนจริง 3 มิติ การจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้จะช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเปลี่ยนความรู้ในห้องเรียนไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ชีวิตจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนต้องเรียนรู้เนื้อหาผ่านกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นการค้นหาความต้องการของผู้ใช้ (User

Needs Discovery) ขั้นที่ 2 ขั้นการสร้างความคิด (Ideation) ขั้นที่ 3 ขั้นการสร้างต้นแบบ (Prototype) ขั้นที่ 4 ขั้นการออกแบบซ้ำ (Redesign) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการคิดเชิงออกแบบของสถาบันการสอนการออกแบบแห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ในแต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมให้นักเรียนนำความคิดรวบยอดของคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ จากผลการศึกษา พบว่า หลักสูตรสถาปนิกห้องเรียนสนับสนุนให้เกิดความเข้าใจที่คงทนในความคิดรวบยอดที่สำคัญทั้งในการคิดเชิงออกแบบและคณิตศาสตร์ ที่มุ่งเน้นการเรียนรู้ในทักษะการคิด เช่น การแก้ปัญหา การคิดยืดหยุ่น การเชื่อมโยงกับความรู้เดิม การนำเสนอผลลัพธ์ในวิธีที่หลากหลาย ความร่วมมือ และการประยุกต์ใช้มอนิเตอร์ทางคณิตศาสตร์และทักษะในการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหา

Brad et al. (2016) คณะทำงาน ศูนย์เทคโนโลยีและการออกแบบนานาชาติสิงคโปร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีและการออกแบบได้ทำการวิจัยในหัวข้อ เรื่อง การคิดเชิงออกแบบและเมคเกอร์ศึกษาจากความรู้ที่รู้จักสู่การสร้างความรู้ใหม่ Prof Kristin L. Wood และเพื่อนร่วมงานของเขา จากศูนย์ออกแบบนานาชาติ (SUTD-MIT) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสิงคโปร์และ การออกแบบ (SUTD) อธิบายว่า การคิดเชิงออกแบบตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์ศึกษา จากแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เป็นแนวทางการสอนซึ่งปัญหาและโอกาสปลายเปิด จะถูกวางและแก้ไขโดยใช้หลักการและกระบวนการของการคิดเชิงออกแบบ และแนวคิดที่เป็นสุดยอดจะรับรู้ผ่านการสร้างต้นแบบซ้ำ ๆ และการทดลอง ผ่านวิธีการที่มีการแก้ปัญหาแบบลงมือปฏิบัติ การสร้างชุดทักษะที่มีศูนย์กลางอยู่ที่ความเห็นอกเห็นใจ (ผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง) การเรียนรู้ด้วยตนเอง พลวัตของทีม และความคิดสร้างสรรค์ ชุดทักษะนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างผู้นำและนักคิดรุ่นต่อไป ซึ่งทางเลือกอื่น ๆ เช่น MOOC ก็ไม่สามารถทดแทนได้ โดยกิจกรรมจะมีลักษณะเด่น คือ ไม่เพียงแต่ดึงดูดนักเรียนให้สร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่เพื่อประโยชน์ของชุมชนโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการเริ่มต้นเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่ได้นำแนวคิดของเมคเกอร์สเปซเข้าไปในหลักสูตรของโรงเรียน

Sajid Khalifa (2017) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบมหาวิทยาลัยเอฟแพท เจดดาห์ ซาอุดีอาระเบีย ได้ศึกษาเรื่อง เมคเกอร์สเปซ: แนวทางใหม่สู่การเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ โดยกล่าวว่าปัจจุบันมีความกระตือรือร้นเพิ่มขึ้นสำหรับศักยภาพของพื้นที่เพื่อให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้าง หรือผลิตนวัตกรรม เปรียบเสมือนเป็นการให้โอกาสวิศวกรในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและจุดประกายความคิดสร้างสรรค์ เพื่อปรับปรุงความสามารถของนักเรียนในการออกแบบระบบ ส่วนประกอบ หรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการที่ภายใต้ข้อจำกัดที่เป็นจริง วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การสำรวจแนวทางใหม่เพื่อใช้ในการจัดหลักสูตรการออกแบบสำหรับนักศึกษาในสาขาการออกแบบผลิตภัณฑ์ แนวทางที่เป็นนวัตกรรมนี้เปลี่ยนกลยุทธ์การเรียนรู้

เชิงรุกจากวัฒนธรรม Do-It-Yourself เป็น Do-It-With-Others ซึ่งผลลัพธ์จากหลักสูตรจัดพื้นที่ให้การสร้างสรรค์ผลงาน หรือเมคเกอร์สเปซ (Makerspace) ที่ชื่อว่า Design Studio 3 แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการทำงานในสภาพแวดล้อม ในแง่ของการยกระดับการออกแบบและนวัตกรรม การประเมินใหม่กลยุทธ์และวิธีการใช้ในกระบวนการการเรียนการสอนการเรียนรู้และประโยชน์ของการใช้ SolidWorks และการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อเร่งกระบวนการเรียนรู้ผ่านชิ้นงานหรือนวัตกรรมที่เกิดจากผู้เรียน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. บริบทของห้องเรียน
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย
6. การเก็บรวบรวมข้อมูล
7. การวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของ Schumuck (2006 อ้างถึงใน สิริรักษา กิจเกื้อกุล, 2557, น. 177) เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนใน 1 วงจร ได้แก่

1. ขั้นวางแผน (Plan) เป็นขั้นที่ครุคิดใคร่ครวญถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เมื่อพบว่าผู้เรียนมีปัญหาเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ หรือเจตคติ จึงกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านั้น และเริ่มทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางมาแก้ปัญหาดังกล่าว
2. ขั้นปฏิบัติ (Act) ครุนำวิธีการในขั้นวางแผนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย
3. ขั้นสังเกต (Observe) ครุตรวจสอบตนเองขณะปฏิบัติการวิจัย เพื่อหาข้อบกพร่องและนำมาแก้ไขอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ครุจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนหรือเพื่อนร่วมงานได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการปฏิบัติการวิจัยทดลอง โดยในขั้นตอนนี้ต้องใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลในขั้นสังเกตกับวางแผน เพื่อนำไปสู่การได้ข้อสรุปว่าแนวทางปฏิบัติใดดีที่สุด

4. **ขั้นสะท้อนผล (Reflect)** ครุ นำผลสรุปจากขั้นสังเกตมาระดมสมองกับเพื่อนร่วมงาน และสะท้อนตนเอง เพื่อพิจารณาว่าครูสามารถจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดหรือไม่ และควรปรับแนวทางปฏิบัติอย่างไรให้ดีกว่าเดิม เมื่อได้รับข้อสรุปแล้วจึงเริ่มดำเนินการในขั้นวางแผนของวงจรต่อไป

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 นักเรียนโครงการเตรียมวิศวกรรมศาสตร์ (Pre-Engineering) จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

บริบทของผู้เข้าร่วมวิจัย คือ นักเรียนที่อาศัยอยู่ในจังหวัดตาก และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มุ่งพัฒนาศักยภาพนักเรียนสู่การเป็นวิศวกร โดยเน้นการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิชาพื้นฐานและความถนัดด้านวิศวกรรมศาสตร์ทั่วไป โดยครูผู้สอนจาก ๒ สถาบันจัดทำหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ ร่วมกัน โดยวิชาสายสามัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาจัดการเรียนการสอนโดยครูภายในโรงเรียน ส่วนวิชาเกี่ยวกับพื้นฐานและความถนัดทางวิศวกรรมศาสตร์จัดการเรียนการสอนโดยอาจารย์จากมหาวิทยาลัยหนึ่งในจังหวัดตาก

บทบาทของผู้วิจัย คือ เป็นครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และปฏิบัติงานครูที่ปรึกษาให้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บริบทของห้องเรียน

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ Google Classroom ซึ่งประกอบด้วยบริบทปัญหาที่ครูนำมาใช้ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ร่วมกับแมคเกอร์สเปซที่ครูได้สร้างขึ้น เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้และสร้างสรรค์ชิ้นงาน ประกอบด้วย Spotlight Space, Sharing Space, Study Space, Special Advice Space และ Safe Box Space เกิดขึ้นในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ภายในโรงเรียนมีระบบอินเทอร์เน็ตสำหรับรองรับการค้นหาข้อมูลเพื่อใช้ในการเรียนการสอนออนไลน์อย่างทั่วถึงทุกบริเวณของโรงเรียน รวมทั้งภายในห้องสมุดโรงเรียน และห้องสมุดห้องเรียนพิเศษ มีบริการคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต ใช้สำหรับสืบค้น

บริบทนักเรียน มีภูมิลำเนาอยู่ในจังหวัดตาก และบริเวณจังหวัดใกล้เคียง พักอาศัยอยู่กับทางผู้ปกครองและอาศัยอยู่ในหอพักบริเวณใกล้เคียงกับโรงเรียน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความเอาใจใส่ต่อการเรียนออนไลน์ มีความใฝ่เรียนรู้ มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและให้ความสำคัญ

กับคะแนนในแต่ละรายวิชา ซึ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยส่วนมากจะชอบให้ครูผู้สอนเป็นผู้มอบความรู้ให้โดยตรง ส่วนด้านการทำงานร่วมกันนั้นนักเรียนสามารถทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้ หากแต่อาจยังไม่สามารถจัดการแบ่งภาระหน้าที่หรือจัดการเวลาได้ดีเท่าไรนัก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง สำหรับคำถามวิจัย มีดังนี้

1. เครื่องมือสำหรับคำถามวิจัย "แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นอย่างไร ประกอบด้วย

1.1 แผนจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผน รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง ใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ ได้แก่

1.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเลื่อนที่ 4 ชั่วโมง

1.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน 4 ชั่วโมง

1.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ 4 ชั่วโมง

1.2 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ

2. เครื่องมือสำหรับคำถามวิจัย "ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล เป็นอย่างไร" คือ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

1. แผนจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสภาพปัญหาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign และหลักการของเมคเกอร์สเปซ จากเอกสารงานวิจัยและตำราต่าง ๆ

1.2 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สารระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลกล

1.3 ศึกษารายละเอียดหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลกล เพื่อสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการคิดแบบ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การคิดค้น ข้อมูล (Discover) ใน Study space, ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space, ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space, ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบ สู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space และ Special advice space จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 4 ชั่วโมง รวมจำนวน 12 ชั่วโมง ดังตาราง

ตาราง 5 แผนจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัด การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สาระสำคัญ	นวัตกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
1. สมดุลต่อ การเลื่อนที่	ช่วงฤดูฝน ชุมชนของนักเรียนจะต้องเกิด สถานการณ์น้ำท่วมภายในชุมชนอย่าง ฉับพลันเป็นประจำทุกปี นักเรียนซึ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญในการต่อเรือจึงจำเป็นต้อง ออกแบบ และสร้างเรือบรรเทาทุกข์ ที่สามารถบรรทุกสิ่งของได้อย่างน้อย 0.83 กิโลกรัม เพื่อใช้ในสถานการณ์ ฉุกเฉินดังกล่าว	- แรงพยุ่งหรือ แรงลอยตัว - สมดุลต่อ การเลื่อนที่	ยานพาหนะ ทางน้ำ บรรเทาทุกข์	4
2. สมดุลต่อ การหมุน	หน่วยสำรวจความเสียหายของชุมชน ตรวจสอบความเสียหาย พบว่า ต้นไม้ ขนาดใหญ่ปิดขวางทางสถานีจ่ายน้ำมัน ในชุมชนทุกแหล่ง จึงทำให้ยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์ที่สร้างขึ้นไม่มีน้ำมัน ที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน	- กฎการอนุรักษ์ พลังงาน - สมดุลต่อ การหมุน - โมเมนต์ ของแรง	แหล่ง พลังงาน เคลื่อนไหว เชิงกล	4

แผนการจัด การเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	สาระสำคัญ	นวัตกรรม	เวลา (ชั่วโมง)
	เรือได้ จึงจำเป็นต้องออกแบบสร้าง แหล่งพลังงานของเรือโดยการเคลื่อนที่ จากการเคลื่อนไหวเชิงกล			
3. เสถียรภาพ ของวัตถุ	หลังจากที่หมู่บ้านพันวิฤตการณ์น้ำท่วม ผู้ใหญ่บ้านจึงได้มีโครงการ “บรรเทาทุกข์ ภูหลวงโมเดล” ได้รับเงินสนับสนุนให้ จัดทำยานพาหนะทางน้ำเพิ่ม เพื่อใช้ใน ยามฉุกเฉิน จึง อยากคัดเลือกยานพาหนะ ทางน้ำลำที่ดีที่สุด มาใช้เป็นแบบ หรือ เป็นโมเดลในการสร้างลำต่อ ๆ ไป	- เสถียรภาพ ของวัตถุ - สมดุลเสถียร	บรรเทาทุกข์ ภูหลวงโมเดล	4

ซึ่งแต่ละแผนการเรียนรู้ ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้

- 1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้
- 1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 1.4.3 สาระสำคัญ
- 1.4.4 สาระการเรียนรู้
- 1.4.5 กิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ
- 1.4.6 สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้
- 1.4.7 การวัดและประเมินผล
- 1.4.8 บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนสอนในแต่ละขั้นตอนแล้ว
- 1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ครูประจำการ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ ศศ.3 จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้านภาษาและด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของแผนการจัดการเรียนรู้ และประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงระดับความคิดเห็นของ

ผู้เชี่ยวชาญ ประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ท โดยปรับจากเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 102-103) ดังนี้

- 5 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมาก
- 3 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อย
- 1 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์เพื่อตัดสินผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00

1.7 ผลจากการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกณฑ์ การแปลความหมาย พบว่า ผลการประเมินค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้

1.8 ปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและเสนอต่อ อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตรวจสอบ เพื่อนำไปใช้จริงกับผู้เข้าร่วมวิจัยต่อไป โดยผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะจากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญและการปรับปรุง แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ ปรับสถานการณ์ปัญหาให้ท้าทายมากยิ่งขึ้น การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน เพิ่มเกณฑ์การประเมินผลให้ชัดเจน

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้เก็บข้อมูลการจัดการเรียนรู้ต่อไป

2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

เป็นแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ตลอดจนการให้คำแนะนำและ ข้อเสนอแนะโดยผู้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ครูประจำการ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ คศ.3 หรือมีประสบการณ์สอนอย่างน้อย 10 ปี จำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัย โดยเป็นการเขียนสะท้อนผลแบบอิสระตามหัวข้อที่กำหนดมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

2.1 กำหนดขอบข่ายและประเด็นสำคัญ ในการบันทึก ได้แก่ จุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้

2.2 สร้างแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยมีขอบข่ายดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ได้แก่ ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Spotlight space ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Sharing space และ Special

advice space โดยมีการบันทึกลักษณะการจัดการเรียนรู้ว่า แต่ละชั้นนั้นได้ส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหรือไม่

2.2.2 บันทึกจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในแต่ละชั้นการจัดการเรียนรู้

2.3 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับแบบบันทึกกิจกรรมแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.4 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ครูประจำการ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ คศ.3 จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้านภาษา และประเมินคุณภาพของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ท โดยปรับจากเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 102-103) ดังนี้

5 คะแนน เมื่อเห็นว่างค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 คะแนน เมื่อเห็นว่างค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมาก

3 คะแนน เมื่อเห็นว่างค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมปานกลาง

2 คะแนน เมื่อเห็นว่างค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อย

1 คะแนน เมื่อเห็นว่างค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เกณฑ์เพื่อตัดสินผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญว่าแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00

2.5 ผลจากการพิจารณาความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ใช้เกณฑ์การแปลความหมาย พบว่า ผลการประเมินค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก และผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้

2.6 ปรับแก้แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตรวจสอบ เพื่อนำไปใช้จริงกับผู้เข้าร่วมวิจัยต่อไป โดยผู้วิจัยได้สรุปข้อเสนอแนะจากการประเมินแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ และการปรับปรุงแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ การเลือกใช้ภาษาในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

2.7 นำแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ไปใช้เก็บข้อมูลการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ต่อไป

3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

เป็นแบบประเมินที่มีการกำหนดสถานการณ์หรือบริบทการครูผู้สอน จากนั้นนักเรียนได้ทำกิจกรรม โดยการตอบคำถามและออกแบบนวัตกรรมลงในใบกิจกรรม และสร้างชิ้นงานนวัตกรรมขึ้น ซึ่งแบบประเมินประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจกนวัตกรรม และตอนที่ 2 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงจากการสร้างชิ้นงานและนวัตกรรม โดยใช้ทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังการทำกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละวงจร ทั้งหมด จำนวน 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน มีขั้นตอนในการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และแนวทางประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District: CFSD (2018) มีพฤติกรรมหลัก 6 พฤติกรรม

3.2 สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยปรับตามกรอบ Catalina Foothills School District: CFSD (2018) มีพฤติกรรมหลัก 6 พฤติกรรมที่จะประเมิน โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

3.2.1 ตอนที่ 1 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจกนวัตกรรม ได้แก่

1) การสร้างความคิด ได้แก่ มีการระบุเงื่อนไข มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนด มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง

2) การออกแบบและการปรับแต่งความคิด ได้แก่ มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกัน มีการเรียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน

3) การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีการออกแบบที่แปลกใหม่ และท้าทายความสามารถของตนเองโดยการให้คะแนนนวัตกรรมวัดความแปลกใหม่บนฐานของตัวผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องไม่เคยเห็นชิ้นงานจากที่อื่นมาก่อน

4) การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่ม ทุกคน มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกทุกคนในการออกแบบชิ้นงาน มีการสังเคราะห์จากมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก

5) การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่าง

ละเอียดเป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ

6) การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มพร้อมบอกแนวทางแก้ไข มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.2.1 ตอนที่ 2 การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจกนวัตกรรมการได้แก่

การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการสร้างชิ้นงาน สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนด ดังตาราง

ตาราง 6 รูปแบบการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

รายการประเมิน (ข้อ)		สถานการณ์			รวม (ข้อ)
		1	2	3	
พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม					
ตอนที่ 1 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจกนวัตกรรมการ					
1. การสร้างความคิด	1.1 มีการระบุเงื่อนไขครบถ้วน	1	1	1	3
	1.2 มีการระดมสมองในประเด็นที่กำหนดได้อย่างครบถ้วน	1	1	1	3
	1.3 มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของความคิดว่าสามารถทำได้จริง	1	1	1	3
2. การออกแบบและการปรับแต่งความคิด	2.1 มีการออกแบบชิ้นงานที่แตกต่างกันได้มากกว่า 1 ชิ้น	1	1	1	3
	2.2 มีการเรียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานโดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน	1	1	1	3
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	3.1 มีการออกแบบที่แปลกใหม่ท้าทายความสามารถของตนเอง	1	1	1	3
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	4.1 มีการสรุปความคิดของสมาชิกกลุ่ม	1	1	1	3
	4.2 มีการเชื่อมโยงความคิดของสมาชิกกลุ่มในการออกแบบชิ้นงาน	1	1	1	3

รายการประเมิน (ข้อ)					
พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม		สถานการณ์			รวม (ข้อ)
		1	2	3	
5. การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่าง สร้างสรรค์	5.1 มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย	1	1	1	3
	5.2 มีการวิเคราะห์กลุ่มเป้าหมายเชิงลึก	1	1	1	3
	5.3 มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน	1	1	1	3
	5.4 มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุ เกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ	1	1	1	3
6. การควบคุมและ การสะท้อนตนเอง	6.1 มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงาน ดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู	1	1	1	3
	6.2 มีการระบุข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่ม พร้อมบอกแนวทางแก้ไข	1	1	1	3
	6.3 มีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ที่กำหนด	1	1	1	3
ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดง จากการสร้างชิ้นงานและนวัตกรรม					
1. การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่าง สร้างสรรค์	1.1 มีการนำวัสดุอุปกรณ์ที่อยู่รอบตัวมาประยุกต์ใช้ในการ การสร้างชิ้นงาน	1	1	1	3
	1.2 สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	1	1	1	3
	1.3 ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด	1	1	1	3

โดยเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ Catalina Foothills School District ; CFSD (2018) แบบประมาณค่า 4 ระดับ (Rating Scale) คือ

ค่าคะแนน 4 คะแนน หมายถึง ขั้นสูง อธิบายประสิทธิภาพการทำงานที่เป็นแบบอย่างซึ่งเกินความสามารถ

ค่าคะแนน 3 คะแนน หมายถึง ขั้นชำนาญ อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่เชี่ยวชาญความคาดหวังที่เป็นเป้าหมายสำหรับแต่ละพื้นที่การปฏิบัติงาน

ค่าคะแนน 2 คะแนน หมายถึง ขั้นพื้นฐาน อธิบายผลการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า แต่แสดงถึงความเชี่ยวชาญในทักษะ/ความรู้พื้นฐาน เช่น ข้อกำหนดและรายละเอียด คำจำกัดความ การอนุมานพื้นฐาน และกระบวนการ

ค่าคะแนน 1 คะแนน หมายถึง ชั้นเริ่มต้น อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียน ที่แสดงให้เห็นถึงทักษะความพร้อมและ/หรือความเข้าใจผิดและต้องการการสนับสนุนที่สำคัญ

3.3 นำแบบประเมินแบบประเมินแสดงเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน คือ ครูประจำการ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ คศ.3 จำนวน 1 ท่าน อาจารย์ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยเกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย

+1 หมายถึง ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับค่านิยมเชิงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับค่านิยมเชิงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1 หมายถึง ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับค่านิยมเชิงความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ผู้วิจัยจะหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (IOC: Index of item-objective congruence) ใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์

R แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

หากมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถนำไปทำการประเมินความฉลาดรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (เทียมจันทร์ พานิชย์ผลินไชย, 2539, น. 181)

3.4 นำข้อเสนอแนะและแนวทางการปฏิบัติจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ไปปรับปรุงและแก้ไขแบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้สมบูรณ์

3.5 ผลจากการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า มีค่า IOC ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 โดยเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

3.6 เสนอผลต่ออาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเองตรวจสอบ เพื่อนำไปใช้จริงกับผู้เข้าร่วมวิจัยต่อไป

ตาราง 7 แสดงการสรุปเครื่องมือและผู้ใช้เครื่องมือในการตอบคำถามวิจัย

คำถามวิจัย	เครื่องมือ	แบบประเมิน
<p>1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมทเคอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ควรเป็นอย่างไร</p>	<p>แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมทเคอร์สเปซ ผู้วิจัย - ผู้วิจัย - ครูประจำการ คศ.3 จำนวน 2 ท่าน</p>	<p>ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม</p>
<p>2. ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์โดยใช้กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมทเคอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล เป็นอย่างไร</p>	<p>- ผู้วิจัย - ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน</p>	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ด้วยกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นวางแผน

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำท่วมอย่างฉับพลันภายในชุมชนทางภาคเหนือ มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ ออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ และเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นสังเกต

ในระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีแหล่งข้อมูลจากการสะท้อนผลของนักเรียน คือ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ โดยครูที่มีประสบการณ์ด้านการสอน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้มา

ปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในครั้งถัดไป คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน

วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นวางแผน

นำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลจากวงจรที่ 1 นำมาปรับปรุงให้เหมาะสม แล้วมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน และเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน

ขั้นสังเกต

ในระหว่างการทำเนิการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล

ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีแหล่งข้อมูลจากการสะท้อนผลของนักเรียน คือ ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนโดยครูที่มีประสบการณ์ด้านการสอน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้มาปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในครั้งถัดไป คือ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ

วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ขั้นวางแผน

นำผลที่ได้จากขั้นสะท้อนผลจากวงจรที่ 2 นำมาปรับปรุงให้เหมาะสม มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิด

เมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เสถียรภาพของวัตถุ

ขั้นปฏิบัติ

ผู้วิจัยดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double
Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
เรื่อง สมดุลกล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพ
ของวัตถุ

ขั้นสังเกต

ในระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เสถียรภาพ
ของวัตถุ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และใบกิจกรรม
การเรียนรู้ที่ 3 บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล

ขั้นสะท้อนผล

ผู้วิจัยสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยมีแหล่งข้อมูลจากการสะท้อนผลของนักเรียน คือ
ใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยครูที่มี
ประสบการณ์ด้านการสอน แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น เพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับแนวทาง
การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิด
เมคเกอร์สเปซ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากนั้นวิจัยนำผลที่ได้มาปรับปรุง
ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมในครั้งต่อไป

3. ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ จะทำการบันทึกการจัดการเรียนการสอนออนไลน์
ด้วย โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาข้อมูลในปัญหาการออกแบบ ระดมแนวคิดที่หลากหลาย
และเขียนลงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในขณะที่ผู้วิจัยการจัดการเรียนรู้จะสังเกตและจดบันทึก
การจัดการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

4. เมื่อนักเรียนสร้างชิ้นงานและนำเสนอชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน
วิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัยจะให้คะแนนใบกิจกรรมการเรียนรู้และชิ้นงานของนักเรียน
แต่ละกลุ่มลงในโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จาก
การจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ครูประจำการ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ คศ.3 หรือ
มีประสบการณ์สอนอย่างน้อย 10 ปี จำนวน 2 ท่าน และผู้วิจัยทำการสะท้อนผลเพื่อนำผลที่ได้
ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ของครู และผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 อ่านเนื้อหาจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ

1.2 จัดกลุ่มข้อความจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ของผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ทั้งหมด 4 ชั้น และวิเคราะห์แยกข้อความในแต่ละชั้นออกเป็นข้อดีและข้อควรปรับปรุง จากนั้นจับประเด็นสำคัญของประโยค และใส่รหัสข้อมูลโดยใช้วิธีสั้น ๆ เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของข้อความนั้น ๆ และเพื่อความเข้าใจง่ายและตรงกันสำหรับผู้อ่าน

1.3 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีรหัสเดียวกันเข้าด้วยกัน โดยใส่แหล่งที่มาของข้อมูลว่ามาจากเครื่องมือใด พร้อมลงวัน เวลา และสถานที่ประกอบข้อมูลนั้น ๆ

1.4 ทำการลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ในแต่ละวงจร และเมื่อครบวงจรปฏิบัติการทั้งหมดโดยเขียนเป็นความเรียง

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล จากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน แล้วนำผลการประเมินมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยวิธีสามเส้าด้านผู้วิจัยหรือผู้เก็บข้อมูล (Investigator triangulation) ตามวิธีการของ สุกงศ์ จันทรวานิช (2542, หน้า 129-130) ที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 รวบรวมคะแนนที่ได้จากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากผู้ประเมินทั้ง 3 ท่าน แต่ละวงจร แล้วนำแยกตามรายการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2.2 พิจารณาให้คะแนนเฉพาะในรายการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
ที่ผู้ประเมิน ทั้ง 3 ท่าน ให้ข้อมูลเหมือนกัน

2.3 พิจารณาให้คะแนนเฉพาะให้รายการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
ที่ผู้ประเมิน 2 จากใน 3 ท่าน ให้ข้อมูลเหมือนกัน

2.4 หากรายการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายการใด ที่ผู้ประเมิน
ทั้ง 3 ท่าน ให้ข้อมูลไม่ตรงกันเลย ให้ผู้ประเมินทั้ง 3 ท่าน พิจารณาและทำการประเมินใหม่อีกครั้ง

2.5 รวมคะแนนการประเมินและลงข้อสรุปเพื่อสะท้อนผลความคิดสร้างสรรค์และ
นวัตกรรม จากการจัดการเรียนรู้ตามทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double
Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ในแต่ละวงจร และเมื่อครบวงจรปฏิบัติการทั้งหมด
ทำการสรุปเพื่อตอบคำถามวิจัยในข้อที่ 2



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action research) ซึ่งผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการวิจัย โดยการวิจัยดังกล่าวเน้นศึกษาเชิงลึกด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สมดุลกล ผ่านการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามจุดมุ่งหมายของการศึกษา 2 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 2) เพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการดำเนินการ แสดงรายละเอียด ดังนี้

ผลของการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการศึกษาจุดมุ่งหมายข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียด ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1: สมดุลต่อการเลื่อนที่

ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยทำการศึกษาสภาพปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาในชั้นเรียน ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ทั้ง 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สมดุลต่อการเลื่อนที่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 สมดุลต่อการหมุน แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เสถียรภาพของวัตถุ วางแผน ออกแบบ

และสร้างเครื่องมือ เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 3 เครื่องมือ ได้แก่ 1) ใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. เรื่องที่ 1 ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. เรื่องที่ 2 แหล่งพลังงาน เคลื่อนไหวเชิงกล ใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. เรื่องที่ 3 บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล 2) แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิด เมคเกอร์สเปซ 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของครูผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ ตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือแต่ละประเภท นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน โดยผลการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา ทั้ง 3 แผน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ขั้นปฏิบัติการ และขั้นสังเกต

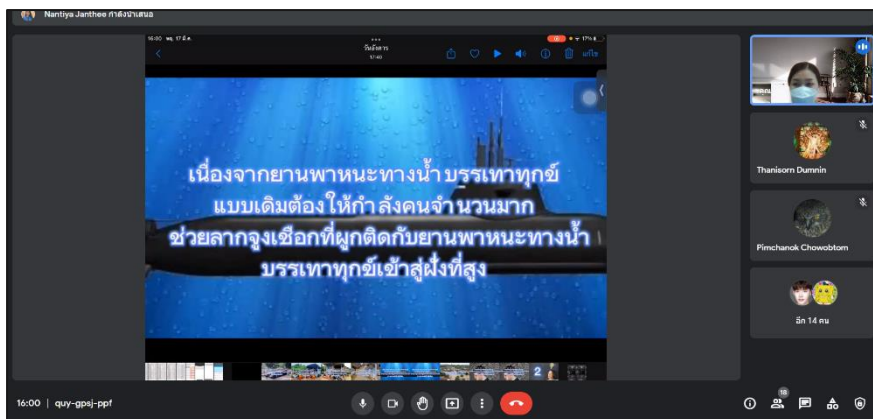
ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ เวลา 4 ชั่วโมง ตามขั้นตอนแผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

ในขั้นนี้ครูชี้แจงรายละเอียดการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ จากนั้นครูผู้สอนนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยประเด็นเกี่ยวกับปัญหาช่วงฤดูฝน ของหมู่บ้านแห่งหนึ่ง ด้วยการเปิดคลิปวิดีโอโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ในแพลตฟอร์ม Google Classroom โดยเนื้อหาภายในคลิปวิดีโอมีดังนี้ ณ หมู่บ้านภูหลวง ที่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีทุ่งหญ้าเขียวขจี มีลำธารน้ำไหลจากป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์บนสันภูเขา ที่ชื่อว่า ภูหลวง อาชีพเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ จึงเป็นอาชีพหลักของผู้คนในหมู่บ้านภูหลวงนี้ โดยเฉพาะโคเนื้อพันธุ์พื้นเมือง กำแพงแสน และพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) ที่สร้างรายได้เป็นอย่างดีให้แก่ชาวบ้านนี้ ในช่วงเดือนกันยายนของทุกปี เป็นช่วงที่ประเทศไทยตกอยู่ในสถานการณ์น้ำท่วม เนื่องจากได้รับอิทธิพลมาจากพายุโซนร้อน จึงเกิดสถานการณ์น้ำท่วมชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างอย่างฉับพลันเป็นประจำทุกปี รวมถึงหมู่บ้านภูหลวงด้วย ที่มักจะมีน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมที่ราบลุ่มบริเวณที่เลี้ยงโคพันธุ์ของหมู่บ้าน ทำให้มีชาวเกษตรกรเลี้ยงโค และพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์โค ติดอยู่ในพื้นที่สูง ไม่สามารถลุยน้ำที่ท่วมสูงออกมาจากที่ราบลุ่มดังกล่าวได้ จากสถานการณ์ข้างต้น สมมติให้นักเรียน คือ ผู้เชี่ยวชาญ ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำ ที่ต้องนำความรู้เรื่อง สมดุลกล ในรายวิชาฟิสิกส์ มาใช้ออกแบบ และสร้างยานพาหนะทางน้ำ จากวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด (ขนม) ที่สามารถลอยน้ำได้ เพื่อใช้ในการบรรเทาทุกข์คนและโคเนื้อออกมาด้วยแรงคนลากจูงด้วยเชือกความเร็วคงที่ ออกจากที่ราบลุ่มได้

จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลันชุมชนของตนเอง และทำการแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามบริบทที่อยู่อาศัยใกล้ ๆ กัน ครูแจกและชี้แจงใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ในรูปแบบของ Google Doc. และให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้ 1.1-1.2 ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา และจากสถานการณ์ปัญหา ต้องการให้นักเรียนทำอะไร จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว เพื่อร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นที่กำหนด ใน Google Meet กลุ่มย่อย เพื่อค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไข ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกันที่จะออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำ เช่น เรือ แพ เป็นต้น โดยที่ครูเข้าสังเกตการณ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหา ภายใน Google Meet กลุ่มย่อย ครูตั้งคำถามนักเรียน ว่าจากปัญหาคือต้องการให้นักเรียนออกแบบ และสร้างยานพาหนะทางน้ำ ได้สำเร็จนั้น นักเรียนจำเป็นต้องใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดบ้าง จากนั้นครูให้นักเรียนทำการสืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากรู้ และบันทึกเรื่องที่สืบค้นได้ ลงในใบกิจกรรม ในข้อ 1.3 ระหว่างนั้นครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถาม เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเรือ แพ หรือยานพาหนะทางน้ำเกี่ยวข้องกับสภาพสมดุลหรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล จากนั้นครูให้นักเรียนเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อยานพาหนะทางน้ำ อย่างอิสระเมื่อยานพาหนะทางน้ำอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่ โดยระบุและแสดงทิศทางของแรงที่เกี่ยวข้องกับสมดุลต่อการเคลื่อนที่ของประเภทของยานพาหนะทางน้ำ ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.5

ต่อมาครูได้นำเสนอประเด็นท้าทาย ในการบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยฉับพลันที่หมู่บ้านภูหลวง 1 ครั้ง ยานพาหนะทางน้ำต้องสามารถบรรทุก ได้อย่างน้อย นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ จำนวน 1 คน ชาวเกษตรเลี้ยงโค จำนวน 1 คน พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน จำนวน 1 ตัว แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน จำนวน 1 ตัว พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) จำนวน 1 ตัว และแม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) จำนวน 1 ตัว โดย 100 กิโลกรัม ในตาราง มีค่าเท่ากับ 100 กรัมจากการชั่งจริง จากประเด็นท้าทาย ครูให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อตกลงที่ทำนาย ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.6 - 1.8 ดังต่อไปนี้ ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย กำหนดข้อตกลงที่ทำนาย และให้นักเรียนเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากการนำข้อตกลงที่ทำนาย ที่ใช้ในการทำภารกิจอุทกภัยฉับพลันที่หมู่บ้านภูหลวง จากนั้นครูให้นักเรียนคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ กับแรงพยุง แล้วแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรมข้อ 1.9



ภาพ 1 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัย พบว่า นักเรียนมีความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจคลิปวิดีโอปัญหา จึงไม่สามารถตอบคำถามข้อ 1.1-1.2 ในใบกิจกรรม Google Doc. สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนสนใจในสถานการณ์ปัญหาน้ำ จากคลิปวิดีโอที่ครูใช้เปิดนำเข้าสู่ขั้นคิดค้นปัญหา แต่นักเรียนยังไม่สามารถตอบคำถาม หรืออภิปรายประเด็นปัญหาได้มากนัก

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนบางกลุ่ม ไม่สามารถตอบคำถามได้เนื่องจากชมคลิปวิดีโอปัญหาไม่ทันครูผู้สอนจึงเข้าไปแก้ไขใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรทุกขยะ

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากนั้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวใน Google Meet กลุ่มย่อย โดยที่ครูเข้าสังเกตการณ์การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหา นักเรียนมีความสนใจกับสถานการณ์ปัญหาอย่างมาก สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนให้ความสนใจ และตื่นตัวกับประเด็นปัญหา สอบถามถึงแนวทางการปฏิบัติขั้นต่อไป เช่น การออกแบบ การสร้าง การเลือกใช้วัสดุ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนทุกกลุ่มสามารถกำหนดข้อตกลงที่ทำทหายได้มากกว่าประเด็นทำทหายที่ครูได้กำหนดขึ้น สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนทุกกลุ่มสามารถกำหนดข้อตกลงที่ทำทหายได้มากกว่าประเด็นทำทหายที่ครูได้กำหนดขึ้น และสามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรจากข้อตกลงที่ทำทหายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้นได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปเจตย์ (Define) ใน Sharing space

ครูแนะนำ Sharing Space นักเรียนทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมถึงดาวนิโหลด ใบความรู้ รายละเอียดเกี่ยวกับค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์จากข้อตกลงที่ทำทหาย รายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนมชนิดต่าง ๆ) และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสืบค้น ได้ผ่านทาง Google Drive. จากนั้นครูได้แนะนำวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากการสร้างของจำลองจากขนม ที่เป็นวัสดุหลักในการใช้ออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์มาให้ให้นักเรียนดู เพื่อให้ให้นักเรียนศึกษา คุณสมบัติของวัสดุ และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ กับแรงพยุง ที่นักเรียนแสดงวิธีคิดไว้ในข้อ 1.9 ซึ่งครูอธิบายค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์โดย 100 กิโลกรัมในตารางมีค่าเท่ากับก้อนมวลสมมติที่มีค่า 100 กรัม การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัตถุ และความหนาแน่นของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) จากนั้นให้นักเรียนตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่นำไปสู่แนวทางการใช้ขนมต่าง ๆ มาออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ แล้วนำไปโพสต์ลงใน Google Drive. แล้วให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่ นักเรียนได้โพสต์ลงใน Google Drive. แล้วนำมาใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.1 และเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับการสถานการณ์ปัญหาการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนม และข้อตกลงทำทหายได้ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.2 จากนั้นให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อมระบุขนาด และจำนวนที่ใช้

ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้ครบถ้วน ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.3 แล้วให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนมที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.4 จากให้นักเรียนทบทวนการออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ แล้วให้นักเรียนบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม ถึงจุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.6 แล้วครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสรูปภาพการออกแบบชิ้นงาน เพียง 1 การออกแบบที่สมาชิกภายในกลุ่มเห็นพ้องต้องกัน รวมถึงการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงใน Google Classroom โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการวางแผนการทำงาน การออกแบบชิ้นงานของนักเรียน



ภาพ 2 กล่องอุปกรณ์ Safe box space ที่จัดส่งให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนบางกลุ่ม มีความสนใจกับวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด จึงส่งผลให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรของวัสดุหลักในการใช้ออกแบบชิ้นงาน แต่นักเรียนบางกลุ่มมีเวลาไม่เพียงพอในการวิเคราะห์วัสดุอุปกรณ์เพื่อสรุปแนวคิดหรือ นิยามปัญหาสอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนบางกลุ่มได้นำรูปวัสดุอุปกรณ์ที่ครูนำไปใส่ในสไลด์ PowerPoint มาใช้ในการออกแบบ ส่งผลให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายในขั้นการบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในและพิจารณาถึงกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ของการออกแบบได้

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

...ครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบ โดยการสืบค้นข้อมูล ที่นำไปสู่แนวทางการออกแบบชิ้นงานจากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ใน Sharing space จากที่นักเรียนมีความตั้งใจในการวิเคราะห์ปัญหา และประเด็นท้าทาย นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ปัญหา แล้วนำความรู้ที่สืบค้นได้มาแบ่งปันกันใน google drive จากนั้นเข้าศึกษาร่วมกันเพิ่มเติม แล้วสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง และสมาชิกกลุ่ม เพื่อสรุปปัญหา ตามข้อตกลงที่ทำหายที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนมีความตั้งใจในการวิเคราะห์ปัญหา สืบค้นข้อมูลแล้วนำมาแบ่งปันกันใน google drive เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของสมาชิกภายในกลุ่มกลุ่ม เพื่อสรุปปัญหาตามข้อตกลงที่ทำหาย

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

ครูนักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ครูชี้แจงกล่องเครื่องมือ Safe box space หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ จากครูให้นักเรียนสร้างต้นแบบชิ้นงาน แล้วภาพถ่ายชิ้นงานต้นแบบที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น ลงในใบกิจกรรมข้อ 3.2 ครูให้นักเรียนนำยานพาหนะทางน้ำต้นแบบ และข้อตกลงที่ทำหาย ในข้อ 1.7 มาทดสอบการลอยบนผิวน้ำ และทดลองออกแรงดึงด้วยเชือกด้วยความเร็วคงที่ แล้วบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.3 โดย 100 กิโลกรัมในตาราง มีค่าเท่ากับ 100 กรัม จากการชั่งจริง จากนั้นครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสต์ภาพต้นแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ ใน Google Classroom เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน ถือเป็น การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่ม โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้า

ในการสร้างต้นแบบชิ้นงานของนักเรียนครูให้นักเรียน ครูให้บันทึกข้อเสนอแนะจากครู ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ที่ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป และให้นักเรียนร่วมกันวางแผนพัฒนายานพาหนะทางน้ำให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.5 ครูให้นักเรียนบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.6 จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้าง หรือปรับปรุงชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ โดยนักเรียนสามารถพิจารณาสร้างชิ้นใหม่จากชิ้นงานต้นแบบ หรือจะดำเนินการสร้างต่อจากชิ้นงานต้นแบบก็ได้ และภาพถ่ายชิ้นงานหรือนวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการปรับปรุงชิ้นงานต้นแบบแล้ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลใส่ในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.7



ภาพ 3 การดัดแปลงวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้สามารถลอยน้ำได้ ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ชั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัย พบว่า นักเรียนในแต่ละกลุ่มเกิดการผลิต และสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์จากอุปกรณ์ที่ครูกำหนด (ขนม) ที่ส่ง Safe Box Space ทางไปรษณีย์ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และปฏิบัติตามข้อตกลงที่ทำทนายที่นักเรียนสร้างขึ้นได้สำเร็จ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนสามารถดัดแปลงวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดเพื่อสร้างชิ้นงานตามที่ออกแบบได้ และสามารถทดสอบประสิทธิภาพตามข้อตกลงทำทนายที่นักเรียนกำหนดได้ทุกกลุ่ม

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

...กล่องที่ใช้ใส่วัสดุ อุปกรณ์ นักเรียนได้นำมาใส่น้ำ เพื่อให้ทดสอบการลอยน้ำของ
ชิ้นงาน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

ครูให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่ม นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” จากขนม แล้วทำการบรรทุกสิ่งของตามข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น นำไปลอยในน้ำ และออกแรงดึงด้วยเชือกที่ผูกติดกับตัวยานพาหนะทางน้ำ ด้วยความเร็วคงที่ ที่ครูได้เตรียมไว้ จากนั้นให้ตัวแทนนักเรียนในกลุ่มโพสต์ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ และให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเอง โดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม จึงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเอง ลงในใบกิจกรรม ข้อ 4.3



ภาพ 4 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำหาย ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1
ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ จากวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด(ขนม) และได้นำเสนอกระบวนการวางแผนดำเนินงาน และการการออกแบบ พร้อมกับนำชิ้นงานไปใช้ตามสภาพปัญหาจริงตรงตามข้อตกลงที่ ทำหายได้สำเร็จทุกกลุ่ม สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ จากวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด (ขนม) และได้นำเสนอชิ้นงาน โดยนำไปใช้ตามสภาพปัญหาจริงตรงตามข้อตกลงที่ทำทหายได้สำเร็จทุกกลุ่มในรูปแบบคลิปวิดีโอ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วุจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม แต่ละกลุ่มค่อนข้างน้อย แม้นักเรียนการออกแบบ และการสร้างยานพาหนะทางน้ำที่สามารถบรรทุกขั้วมุลตามที่กำหนดในข้อตกลงที่ทำทหายได้สำเร็จ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเอง ในแต่ละกลุ่มค่อนข้างน้อยอยู่ในระดับ 1 แม้นักเรียนสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ที่ตรงตามข้อตกลงที่ทำทหายได้สำเร็จ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วุจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

...ในขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน พบว่านักเรียนบางกลุ่มจำนวนสมาชิกไม่ครบ และไม่สามารถร่วมสร้างชิ้นงานกับกลุ่มเพื่อนได้ อาจส่งผลให้การประเมินความสำเร็จของตนเองน้อย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วุจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นสะท้อนผล

หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง สมดุลต่อการเลื่อนที่ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ ของครูและผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 5

ตาราง 8 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space	นักเรียนสนใจในสถานการณ์ปัญหา น้ำท่วม ณ หมู่บ้านภูหลวง จากคลิป วิดีโอที่ครูใช้เปิดนำเข้าสู่ขั้นคิดค้น ปัญหา แต่นักเรียนยังไม่สามารถตอบ คำถาม หรืออภิปรายประเด็นปัญหา ได้มากนัก	แก้ไขใบกิจกรรม โดยการใส่บทความ สถานการณ์ปัญหา และ Qr Code คลิปวิดีโอ ลงในใบกิจกรรม Google Doc. ทุกกลุ่ม
2. การคิดวิเคราะห์ เพื่อสรุปโจทย์(Define) ใน Sharing Space	นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสามารถ หาความสัมพันธ์ของปัญหากับ ข้อตกลงที่ทำทหายได้เนื่องจากเวลา ไม่เพียงพอในการวิเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์เพื่อสรุปแนวคิดหรือ นิยามปัญหา	ใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนให้เกิด การตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบ โดยการสืบค้นข้อมูล ที่นำไปสู่ แนวทางการออกแบบและการสร้าง และปรับกิจกรรมเป็นลักษณะ การบ้าน หรือสืบค้นนอกเวลาเรียน
3. การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space	นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานตาม ที่ออกแบบได้ และสามารถทดสอบ ประสิทธิภาพตามข้อตกลงทำทหาย ที่นักเรียนกำหนดได้ทุกกลุ่ม	
4. การพัฒนาเพื่อส่ง มอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space	นักเรียนประเมินความสำเร็จของ ตนเอง ในแต่ละกลุ่มค่อนข้างน้อย อยู่ในระดับ 1 แม้นักเรียนสามารถ ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ที่ตรง ตามข้อตกลงทำทหายได้สำเร็จ	แก้ไขใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. โดยใส่เกณฑ์การประเมินความสำเร็จ ของตนเอง และการพิจารณาตาม ขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกัน ในสมาชิกกลุ่ม

วงจรถอบปฏิบัติกรที่ 2: สมดุลต่อการหมุน

ชั้นวางแผน

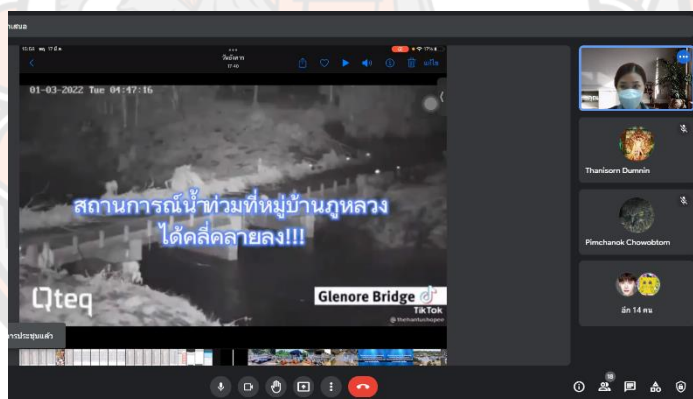
ผู้วิจัยปรับแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลต่อการหมุน ตามปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรถอบปฏิบัติกรที่ 1 ได้แก่ การแก้ไขใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล การกระชับ ชัดเจนตรงประเด็น ปรับเวลาที่ใช้วิดีโอต้องมีความเหมาะสมในเรื่องของเวลาไม่เร็วจนเกินไป ครูควรชี้แจงถึงเป้าหมายของกิจกรรม การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่นำไปสู่แนวทางการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แล้วนำไปโพสต์ลงใน Google Drive. การชี้แจงให้นักเรียนบางคนได้ตรวจพบเชื้อ COVID-19 และมีความเสี่ยงจึงไม่สามารถร่วมสร้างชิ้นงานกับกลุ่มเพื่อนได้ ช่วยงานกลุ่มโดยการช่วยทำใบกิจกรรม Google Doc. ออนไลน์ ระหว่างรักษาตัวเอง

ชั้นปฏิบัติการ และชั้นสังเกต

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

ครูผู้สอนนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยประเด็นเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งเป็นสถานการณ์ต่อมาจากกิจกรรมในวงจรถอบปฏิบัติกรที่ 1 ด้วยการเปิดคลิปวิดีโอ คือ สถานการณ์น้ำท่วมที่หมู่บ้านภูหลวง ได้คลี่คลายลง น้ำลดลงจึงจะทำการสำรวจความเสียหาย ซ่อมแซม และทำความสะอาดบ้านเรือน และต้องการปรับปรุงยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ เนื่องจากยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์แบบเดิมต้องให้กำลังคนจำนวนมากช่วยลากจูงเชือกที่ผูกติดกับยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์เข้าสู่ฝั่งที่สูง ชาวบ้านจึงอยากให้นักเรียนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างยานพาหนะทางน้ำ ออกแบบสร้างแหล่งพลังงานของเรือ โดยให้ยานพาหนะทางน้ำเคลื่อนที่จากการเคลื่อนไหวเชิงกล ประกอบติดเข้ากับยานพาหนะทางน้ำ แล้วยานพาหนะทางน้ำสามารถเล่นได้ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับความจำเป็นต้องสร้างแหล่งพลังงานจากการเคลื่อนไหวเชิงกล ในรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ห้องใหญ่ และชี้แจงใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แหล่งเชื้อเพลิงเคลื่อนไหวเชิงกล ในรูปแบบของ Google Doc. และให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้ สถานการณ์ปัญหา และจากสถานการณ์ปัญหา ต้องการให้นักเรียนทำสิ่งใด ระหว่างนั้น ครูซักชวนนักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเชิงกล แล้วทำให้เกิดการเคลื่อนที่ที่นักเรียนพบเจอในชีวิตประจำวัน มีอะไรบ้าง พูดคุยถึงคำตอบของนักเรียนตอบที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวเชิงกล จะอยู่ในรูปแบบของการหมุน จึงได้ถามคำถามว่า วัตถุที่หยุดนิ่งสามารถเกิดสมดุลต่อการหมุนได้หรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามปากเปล่า หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล ครูและนักเรียนสนทนาทบทวนเกี่ยวกับสมดุลกลและเงื่อนไขของสมดุล ครูตั้งคำถามให้นักเรียนคิดหาคำตอบ นักเรียนมีความรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับโมเมนต์ของแรง ให้ทุกคน

บันทึกสิ่งที่ตนเองรู้จากการสืบค้น ลงในใบกิจกรรม ในข้อ 1.3 จากนั้นครูให้นักเรียนเขียนอธิบาย หรือ วาดภาพแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เรื่อง โมเมนต์ และ ผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ ลงใน ใบกิจกรรมข้อที่ 1.4 และครูได้นำเสนอประเด็นท้าทาย ดังต่อไปนี้ เนื่องจากสำรวจความเสียหาย ของชาวบ้าน พบว่า มักมีน้ำป่าได้พัดพา นำเอากิ่งไม้ และต้นไม้ขนาดใหญ่ปิดขวางทางสถานีจ่าย น้ำมันในชุมชน จึงทำให้ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่นักเรียนสร้างขึ้นไม่มีน้ำมันที่จะใช้เป็น เชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนได้ (ไม่สามารถใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในหารหมุนใบพัด) นักเรียนออกแบบสร้าง แหล่งพลังงานของยานพาหนะทางน้ำ จากผักและผลไม้ โดยไม่ให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และระบบ ถ่านชาร์จิตใด ๆ *หมายเหตุ ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ไม่ต้อง บรรทุกคนและโคเนื้อ จากนั้นครูให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.5-1.7 ดังต่อไปนี้ ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย กำหนดข้อตกลง ที่ทำหาย และเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง แหล่งงานเคลื่อนไหวเชิงกล จากการนำ ข้อตกลงที่ทำหาย ที่ใช้ในการทำให้ยานพาหนะทางน้ำสามารถแล่นได้



ภาพ 5 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจในการนำเข้าสู่ บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอเป็นอย่างมาก และมุ่งสนใจการออกแบบสร้างซ สอดคล้องกับการสะท้อนของ ครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนมีความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคลิปวิดีโอเป็นอย่างมาก ได้มีการสอบถามถึงข้อตกลงที่ทำหายในชั้นการสอนต่อไป เพื่อจะได้วางแผนการใช้วัสดุอุปกรณ์ ในออกแบบและสร้าง

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนสนใจกิจกรรมมาก เนื่องจากเป็นกิจกรรมต่อเนื่องมาจากกิจกรรมที่ 1 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นอย่างดี

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

จากที่ครูเข้าตรวจสอบการทำงานกลุ่ม และการตอบคำถามพบว่า การสร้างประเด็นทำหาย ครูให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ซึ่งกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ ไม่ได้กำหนดข้อตกลงที่ทำหาย เนื่องจากนักเรียนยังไม่เห็นวัสดุอุปกรณ์ใน Safe Box Space สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนบางกลุ่มไม่กำหนดข้อตกลงที่ทำหาย หรือมีการตอบใบกิจกรรมไม่สมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนไม่ทราบวัสดุ อุปกรณ์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

...ครูได้อธิบายการตอบใบกิจกรรมข้อที่ 1.6 เนื่องจากนักเรียนมีการสอบไม่ครบถ้วน และไม่สมบูรณ์

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing space

ครูได้นำผักและผลไม้ เช่น มะนาว หัวหอม ส้มเป็นต้น ที่เป็นวัสดุหลักในการใช้ออกแบบ สร้างแหล่งพลังงานของยานพาหนะทางน้ำ ที่เคลื่อนไหวเชิงกลมาให้แก่นักเรียนดู เพื่อให้นักเรียนศึกษา คุณสมบัติของวัสดุ จากนั้นครูให้นักเรียนตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่นำไปสู่แนวทางการออกแบบและสร้างแหล่งพลังงานของยานพาหนะทางน้ำ ที่เคลื่อนไหวเชิงกลจากผักและผลไม้ แล้วให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนได้ลงใน Google Drive. แล้วนำมาใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ลงในใบกิจกรรม

ข้อ 2.1 จากนั้น ให้นักเรียนเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุต่อการหมุน ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาการออกแบบและสร้างแหล่งพลังงานของยานพาหนะทางน้ำ ที่เคลื่อนไหวเชิงกลจากผักและผลไม้และข้อตกลงทำทนายได้ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.2 และให้นักเรียน ระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อมระบุขนาด และจำนวนที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ให้ครบถ้วน ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.3 รวมทั้งให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหว เชิงกล จากผักและผลไม้โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรม 2.4 จากนั้น ทบทวนการออกแบบชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่แตกต่าง ของสมาชิก ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.5 ครูให้นักเรียน บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม ได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล จากผักและ ผลไม้ของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้อย่าง ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.6 และให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสรูปภาพการออกแบบชิ้นงาน เพียง 1 การออกแบบที่สมาชิกภายในกลุ่มเห็นพ้องต้องกัน รวมถึงการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงใน Google Classroom โดยครูตรวจสอบและ ประเมินความคืบหน้าในการวางแผนการทำงาน การออกแบบชิ้นงานของนักเรียน

กลุ่ม 4 ใบกิจกรรมที่ 2 แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล หน้า ๒๑

ไฟล์ แกล้ง ๑ แหวก รูปหมุน เครื่องมือ ส่วนเสริม ความช่วยเหลือ แก้ไขครั้งสุดท้ายที่ 7 เมษายน

ไม่มีประวัติดูอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน

ส่ง

2.1 ให้นักเรียนตั้งคำถาม เกี่ยวกับการออกแบบสร้างแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล สอนผัก และผลไม้ และแสวงหาคำตอบ จากใบโพส Google Drive

คำถามเกี่ยวกับการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำประเภทต่างๆ	บันทึกการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ที่ได้จาก Google Classroom (Spotlight Space)
1. การเคลื่อนที่แบบหมุน	ส่ง การเคลื่อนที่แบบหมุน ไฟล์ใหม่ https://www.classroom.google.com/classroom-photos/7300-2017-06-14-15-05-53 ส่งที่ศึกษาเพิ่มเติม การเคลื่อนที่แบบหมุนและแรงหมุน ดูจากบทเรียนของครูสอนพิเศษความเฉลียว
2. การเคลื่อนที่แบบพลังงานลม	ส่ง การเคลื่อนที่แบบพลังงานลม ไฟล์ใหม่ https://www.classroom.google.com/14406994/%E0%88%9C%E0%88%A0%E0%88%B1%E0%88%87%E0%88%87%E0%88%82%E0%88%9A%E0%88%A0%E0%88%A1 ส่งที่ศึกษาเพิ่มเติม

ภาพ 6 การรวบรวมการตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบลงในใบกิจกรรม ในการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปเจตย์ (Define) ใน Sharing space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนให้ความสำคัญกับการออกแบบแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล จากการเปลี่ยนพลังงานศักย์ยืดหยุ่น (ยางวง) เป็นพลังงานจลน์ทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ มากกว่าการออกแบบใบพัดของให้เกิดการหมุนที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนให้ความสำคัญกับการออกแบบเปลี่ยนพลังงานศักย์ยืดหยุ่น เป็นพลังงานจลน์ การเพิ่มจำนวน และอัตราการหมุนของยางวง มากกว่าการออกแบบใบพัดของให้เกิดการหมุนที่สมบูรณ์

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

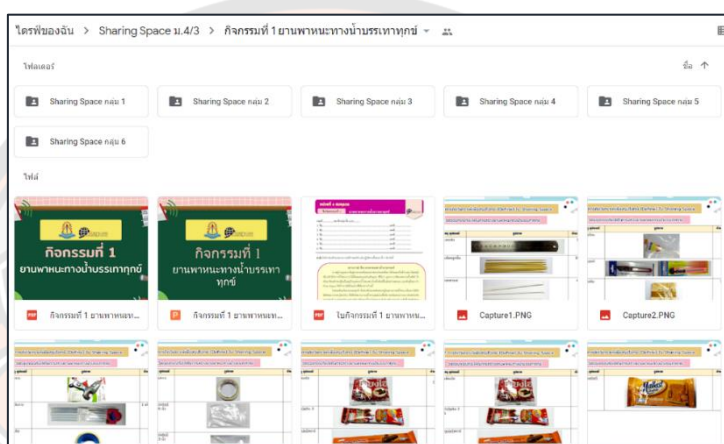
...นักเรียนบางกลุ่ม ไม่ใช่หลักการสมดุลต่อการหมุน มาใช้ในการออกแบบสร้างแหล่งงานเลย เคย แต่ครูผู้สอนได้ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียน เพื่อนักเรียนให้ปรับปรุงใบพัดของให้เกิดการหมุนที่สมบูรณ์แล้ว

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

ครูให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการแบ่งสรรสร้างชิ้นงาน แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.1 ครูชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับอุปกรณ์หลักที่จะใช้สร้างแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล คือ ผักและผลไม้ ที่ครูได้ส่งกล่องอุปกรณ์และเครื่องมือ และนักเรียนสามารถใช้ผักและผลไม้ชนิดอื่น ๆ ได้ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียนแต่ละกลุ่ม หรือตามความเหมาะสมในการสร้างแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล จากนั้นครูให้นักเรียนสร้างต้นแบบชิ้นงาน แล้วถ่ายภาพชิ้นงานต้นแบบที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น ลงในใบกิจกรรมข้อ 3.2 ครูให้นักเรียนนำแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลประกอบติดเข้ากับยานพาหนะทางน้ำ แล้วยานพาหนะทางน้ำสามารถเล่นได้ มาทดสอบแล้วบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.3 (หมายเหตุ ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ไม่ต้องบรรเทาทุกคนและโคนเรือ) แล้วให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสต์ภาพต้นแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ที่ประกอบเข้ากับแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ใน Google Classroom เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน ถือเป็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่ม โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการสร้างต้นแบบชิ้นงานของนักเรียนครูให้นักเรียน จากนั้นครูให้บันทึกข้อเสนอแนะจากครู ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ที่ได้แสดงความคิดเห็น

ในต้นแบบชิ้นงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป (มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง ชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู) ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.4 รวมถึง ร่วมกันวางแผนพัฒนาแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น แล้วบันทึกลงใน ใบกิจกรรม ข้อที่ 3.5 และบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ โดยที่ต้องเขียนอธิบาย รายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.6 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้าง หรือปรับปรุงชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล โดยนักเรียน สามารถพิจารณาสร้างชิ้นใหม่จากชิ้นงานต้นแบบ หรือจะดำเนินการสร้างต่อจากชิ้นงานต้นแบบก็ได้



ภาพ 7 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า วัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดชำรุดและ ขนส่งล่าช้า จึงส่งผลต่อการออกแบบสร้างชิ้นงานของนักเรียน สอดคล้องกับการสะท้อนของครู ที่กล่าวว่า

...นักเรียนบางกลุ่มได้ชี้แจงว่าได้รับ Safe Box Space แล้ว และได้ตรวจสอบพบ การชำรุดเสียหายของวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนแจ้งครูว่า วัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดพบการชำรุดเสียหาย ซึ่งครูผู้สอนได้ แก้ไขดังกล่าวโดยการให้นักเรียนสามารถใช้วัสดุอื่น ที่มีตามที่อยู่อาศัยของนักเรียนได้

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Sharing space

ครูให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่ม นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล” ที่ประกอบติดเข้ากับยานพาหนะทางน้ำ จากกิจกรรมสถานการณ์ปัญหาที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ นำไปเล่นในน้ำ โดนที่ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ไม่ต้องบรรเทาทุกคนและโคเนื้อ จากนั้นครูในตัวแทนนักเรียนในกลุ่มโพตส์ชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ และให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม จึงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเอง ลงในใบกิจกรรม



ภาพ 8 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำท่าย ในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Sharing space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนตั้งใจทำกิจกรรม สามารถออกแบบชิ้น จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดจากหลักการเรื่อง สมดุลการหมุน และปรับปรุงแก้ไขจากคำแนะนำของครูผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญ ได้สำเร็จทุกกลุ่ม สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนสามารถทำกิจกรรมที่ 2 ออกแบบสร้างชิ้นงาน จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด จากหลักการเรื่อง สมดุลการหมุน ได้สำเร็จทุกกลุ่ม และสามารถออกแบบสร้างชิ้นงาน สำรองไว้หลายชิ้น เพราะคาดเดาว่าจะได้ใช้ในกิจกรรมที่ 3 ถัดไป

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนตั้งใจทำกิจกรรม สามารถออกแบบสร้างชิ้นงาน จากวัสดุอุปกรณ์
ที่กำหนดตามหลักการเรื่อง สมดุลการหมุน ได้สำเร็จทุกกลุ่ม

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

นักเรียนบางกลุ่มได้ชี้แจงในช่องทาง Special Advice Space และจากการตรวจสอบ
การเผยแพร่ชิ้นงานลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ พบว่านักเรียนไม่ได้โพสต์คลิป
วิดีโอ เนื่องจากตัดต่อคลิปวิดีโอไม่เสร็จสมบูรณ์ ทันท่วงเวลาที่กำหนด สอดคล้องกับการสะท้อน
ของครูที่กล่าวว่า

...มีนักเรียนบางกลุ่ม ชี้แจงในช่องทาง Special Advice Space ว่าตัดต่อคลิปวิดีโอ
ไม่ทัน

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นสะท้อนผล

หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม
กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง สมดุล
ต่อการหมุน ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ คือ
แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม
กระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ ของครูและ
ผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)
ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัด
การเรียนรู้ ดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space	ปรับแก้สถานการณ์ปัญหา ในคลิป วิดีโอและแก้ไขใบกิจกรรมเพื่อให้ นักเรียนสามารถเข้าถึงปัญหาได้ง่าย ในการคิดค้น และสืบค้นปัญหา ซึ่งนักเรียนกำหนดข้อตกลง ที่ทำทนายไม่ชัดเจน	ครูควรชี้แจงวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด ให้ชัดเจน เนื่องจากนักเรียนใช้เป็น ข้อมูลในการกำหนดข้อตกลงที่ทำทนาย
2. การคิดวิเคราะห์ เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing Space	นักเรียนไม่สามารถกำหนดข้อตกลง ที่ทำทนายได้ เนื่องจากประกอบการ สร้างแนวคิด หรือนิยามปัญหา เนื่องจากการสร้างแนวคิด หรือ นิยามปัญหาของนักเรียน ยังไม่ชัดเจน	ปรับกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ วัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนด เกี่ยวกับการ ออกแบบชิ้นงานมาก่อนล่วงหน้าโดยใช้ เวลานอกเวลาเรียนลงใน Sharing Space และได้แนะนำนักเรียนใช้ Phet Interactive Simulations เรื่อง ทำให้ สมดุล ประกอบการสร้างแนวคิด หรือ นิยามปัญหา
3. การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space	นักเรียนให้ความสำคัญกับการสร้าง และทดสอบประสิทธิภาพแหล่ง พลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ส่งผล ให้มีชิ้นงานต้นแบบหลายชิ้น และ พบว่าวัสดุอุปกรณ์หลักที่ครูกำหนด ชำรุดเสียหาย จากการขนส่ง ให้สามารถใช้วัสดุที่มีในถิ่น ที่อยู่อาศัยของนักเรียนได้	ครูให้นักเรียนสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์ อื่น ที่มีตามที่อยู่อาศัยของนักเรียน
4. การพัฒนา เพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space	นักเรียนตัดต่อคลิปวิดีโอที่จะ เผยแพร่ชิ้นงานลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ ไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด	แนะนำให้นักเรียนตัดต่อคลิปวิดีโอ รวมกัน 3 กิจกรรมในคลิปวิดีโอเดียว เพื่อจะได้เห็นความต่อเนื่องของ กิจกรรมสมดุล

วงจรถวายปฏิบัติกรที่ 3: เสถียรภาพของวัตถุ

ขั้นวางแผน

ผู้วิจัยปรับแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุตามปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไขในวงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2 ได้แก่ การแก้ไขใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล การกระชับ ชัดเจนตรงประเด็น ปรับเวลาที่ใช้วิดีโอต้องมีความเหมาะสมในเรื่องของเวลาไม่เร็วจนเกินไป ครูควรชี้แจงถึงเป้าหมายของกิจกรรม การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในเกิดการตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่นำไปสู่แนวทางการออกแบบและสร้างชิ้นงาน แล้วนำไปโพสต์ลงใน Google Drive. รวมถึงเกิดการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพที่นักเรียนกำหนดไว้ในข้อตกลงที่ทำหาย การชี้แจงให้นักเรียนบางคนได้ตรวจพบเชื้อ COVID-19 และมีความเสี่ยงจึงไม่สามารถร่วมสร้างชิ้นงานกับกลุ่มเพื่อนได้ ช่วยงานกลุ่มโดยการช่วยทำใบกิจกรรม Google Doc. ออนไลน์ ระหว่างรักษาตัวเอง และการชี้แจงการเผยแพร่ชิ้นงาน ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์

ขั้นปฏิบัติการ และขั้นสังเกต

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

ครูผู้สอนนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยประเด็นเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งเป็นสถานการณ์ต่อมาจากกิจกรรมในวงจรถวายปฏิบัติกรที่ 2 ด้วยการเปิดคลิปวิดีโอ คือ หลังจากที่บ้านภูหลวง ผ่านพ้นช่วงวิกฤตการณ์น้ำท่วมที่รุนแรงมากในเดือน กันยายน-ตุลาคม ที่ผ่านมาทำให้หมู่บ้านมียานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ (จากขนม) ที่ใช้การขับเคลื่อนด้วยแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล (จากผักและผลไม้) จำนวน 6 ลำ ผู้ใหญ่บ้านจึงได้มีโครงการ “บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล” ได้รับเงินสนับสนุนให้จัดทำยานพาหนะทางน้ำเพิ่ม เพื่อใช้ในยามฉุกเฉิน จึงอยากคัดเลือกยานพาหนะทางน้ำลำที่ดีที่สุด มาใช้เป็นแบบ หรือเป็นโมเดลในการสร้างลำต่อ ๆ ไป ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับโครงการ “บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล” ว่ายานพาหนะทางน้ำที่ใช้บรรเทาทุกข์จากสถานการณ์น้ำท่วมที่ดีควรมีองค์ประกอบอะไรบ้าง ในรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ห้องใหญ่ และชี้แจงใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล ในรูปแบบของ Google Doc. และให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม คือให้นักเรียนตอบคำถาม สถานการณ์ปัญหา และต้องการให้นักเรียนทำสิ่งใด ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถามว่า การปรับปรุงยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ที่ติดตั้งแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ให้กลายเป็น “บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล” เพื่อใช้ในภารกิจทุกภัยในปีต่อ ๆ ไป ควรมีลักษณะอย่างไร หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล ครูนำคลิปวิดีโอ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ให้นักเรียนสังเกตการณ์รักษาสภาพเดิมของวัตถุ แล้วตั้งคำถาม เกี่ยวกับคลิปวิดีโอ เรื่อง

เสถียรภาพของวัตถุ ดังนี้ วัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) ที่มีรูปร่างและสภาพวัตถุคงเดิมเหมือนมีแรงมากระทำวัตถุต่าง ๆ วัตถุจะเป็นอย่างไร วัตถุรักษาสภาพเดิมไว้ได้หากแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อวัตถุนั้นเป็นศูนย์ คุยยกตัวอย่างวัตถุแข็งเกร็ง รูปทรงต่าง ๆ มาให้นักเรียนสังเกตสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีเสถียรภาพของวัตถุ และให้นักเรียนศึกษาเสถียรภาพของวัตถุ แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรมข้อ 1.4 ครูให้นักเรียนเขียนอธิบายหรือวาดภาพแสดงหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เรื่อง สภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุผ่านศูนย์กลางมวลของวัตถุ และผลของศูนย์ถ่วงที่มีเสถียรภาพของวัตถุ ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.5

จากนั้นครูได้นำเสนอประเด็นท้าทาย ดังต่อไปนี้ ให้นักเรียนที่เป็นผู้เชี่ยวชาญในการสร้างยานพาหนะทางน้ำ โดยให้นักเรียนปรับพารามิเตอร์ของแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ที่ติดกับตัวยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ให้เหมาะสมสำหรับการเป็น “บรรเทาทุกข์ ภูหลวงโมเดล” ยานพาหนะที่ใช้บรรเทาทุกข์จากอุทกภัยที่ชุมชนบ้านภูหลวงต้นแบบในการผลิตสร้างลำอื่น ๆ โดยต้องสามารถบรรเทาทุกคนและโคเนื้อ ที่เป็นประเด็นท้าทายจากกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ และเล่นได้ไวที่สุด โดยไม่โคลงเคลง หรืออยู่ในสภาพสมดุลเสถียรของยานพาหนะดังกล่าว แล้วให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.6-1.7 ดังต่อไปนี้ ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย กำหนดข้อตกลงที่ทำหาย และให้เขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล จากการนำข้อตกลงที่ทำหาย ที่ใช้ในการปรับพารามิเตอร์จนได้เป็นยานพาหนะต้นแบบ



ภาพ 9 การจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัย พบว่า หลังจากที่เปิดคลิปลิขิตวีโอสถานการณ์ ปัญหาที่ 3 นักเรียนให้ความสนใจกับคำว่า “บรรเทาทุกข์หลวงโมเดล” มาก สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับโครงการ บรรเทาทุกข์หลวงโมเดล ว่ายานพาหนะทางน้ำที่ใช้บรรเทาทุกข์จาก สถานการณ์น้ำท่วมที่ดีควรมีองค์ประกอบอะไรบ้างนักเรียนให้ความสำคัญ ดังนี้ บรรทุกมวล ได้เยอะ เคลื่อนที่ได้เร็ว และปลอดภัย

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวได้ดี และให้ความหมายของ บรรเทาทุกข์หลวงโมเดล ว่ายานพาหนะทางน้ำที่ใช้บรรเทาทุกข์ที่บรรทุกมวลได้เยอะ เคลื่อนที่ได้เร็ว และปลอดภัย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

จากนั้น ในช่วงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของปัญหา เพื่อที่จะตั้งคำถามเกี่ยวกับคลิปลิขิตวีโอ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ผ่านทาง Google Meet กลุ่มย่อย ค่อนข้างใช้เวลานานเนื่องจาก นักเรียน พบปัญหาสะสมของชิ้นงานมาตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จึงต้องการปรับปรุง เพื่อที่จะได้เป็น “บรรเทาทุกข์หลวงโมเดล” สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างนานกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ในการปรับปรุงชิ้นงาน ให้กลายเป็นบรรเทาทุกข์หลวงโมเดล

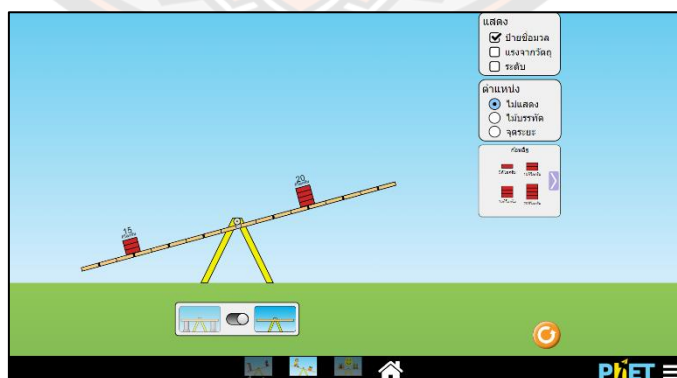
(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

...ในช่วง Google Meet กลุ่มย่อยใช้เวลานานมาก เนื่องจากนักเรียนใช้ชิ้นงานเดิม ในการทำกิจกรรมมาตลอด จนทำให้ชิ้นงานของนักเรียนเกิดการชำรุดไปบ้างบางกลุ่ม 1

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space

ครูให้ดูลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวหนอน ที่เลียนแบบลักษณะการเคลื่อนที่ของหนอนใบไม้ และตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่าง ๆ ที่นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงชิ้นงานของกลุ่มตนเองให้กลายเป็น “บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล” จากนั้นให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่ นักเรียนได้ลงใน Google Drive. แล้วนำมาใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.1 พร้อมเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับเสถียรภาพของวัตถุ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาการปรับพารามิเตอร์ของแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ที่ติดกับตัวยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ให้เหมาะสมสำหรับการเป็น “บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล” และข้อตกลงทำทนายได้ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.2 และให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ต้นแบบ ที่เล่นด้วยความเร็วจากแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล และอยู่ในสภาพสมดุลเสถียร โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.4 และพบทวนการออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ต้นแบบของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.5 จากนั้น บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึงจุดเด่น และจุดด้อยของสมาชิกภายในกลุ่ม ได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ต้นแบบของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.6 แล้วตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสรูปภาพการออกแบบชิ้นงานเพียง 1 การออกแบบที่สมาชิกภายในกลุ่มเห็นพ้องต้องกัน รวมถึง การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงใน Google Classroom โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการวางแผนการทำงาน การออกแบบชิ้นงานของนักเรียน



ภาพ 10 การสาธิตนักเรียนในโปรแกรม Phet Interactive Simulations ในการจัดการเรียนรู้
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า หลังจากครูให้ดูลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ตัวหนอนที่เลียนแบบลักษณะการเคลื่อนที่ของหนอนใบไม้ เพื่อให้ให้นักเรียนตั้งคำถามและแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูลลงใน Google Drive. พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ใส่ข้อมูลของสมุดข่อยเร็ว และเอกสารเกี่ยวกับเสถียรภาพของยานพาหนะทางน้ำโดยเฉพาะ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนมีพัฒนาการในการตรวจสอบความคิดอย่างสร้างสรรค์ มีการสืบค้นแนวทางของปัญหา โดยสอดคล้องกับปัญหาและข้อตกลงที่ทำทนายได้”

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

จากนั้นนักเรียนในแต่ละกลุ่มได้สอบถามการทำใบกิจกรรมในข้อ 2.3-2.6 จำนวนมากเกี่ยวกับการออกแบบรายบุคคล การพิจารณาจุดเด่น จุดด้อยจากการออกแบบ สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนสอบถามการตอบใบกิจกรรมข้อ 2.3 การระบุวัสดุอุปกรณ์ ข้อ 2.4 การออกแบบบรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล รายบุคคล ข้อ 2.5 การทบทวนถึงจุดเด่น และจุดด้อย ของการออกแบบ และข้อ 2.6 การบูรณาการความคิด ถึงจุดเด่น จุดด้อยของสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบ แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ต้นแบบ ของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน ในส่วนข้อ 2.3-2.6 เป็นในเฉพาะส่วนที่นักเรียนต้องการปรับปรุง หรือทำเพิ่มเติมจากกิจกรรมที่ 1-2 เพื่อปรับปรุงพารามิเตอร์ยานพาหนะให้เกิดเสถียรภาพของวัตถุในการเคลื่อนที่ และทำให้เป็นบรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนบางกลุ่มน่าจะเกิดความสับสนในการระบุวัสดุ การออกแบบ การบูรณาการในขั้นตอนการออกแบบ แต่ครูผู้สอนชี้แจงและอธิบายให้แก่ นักเรียนแล้ว ในส่วนข้อ 2.3-2.6 เป็นในเฉพาะส่วนที่นักเรียนต้องการปรับปรุง หรือทำเพิ่มเติมจากกิจกรรมที่ 1-2

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

ครูให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการแบ่งปรับชิ้นงานให้กลายเป็น “บรรเทาทุกข์หลวมโมเดล” ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.1 ครูให้นักเรียนสร้างต้นแบบชิ้นงาน แล้วภาพถ่ายชิ้นงานต้นแบบที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำ “บรรเทาทุกข์หลวมโมเดล” มาทดสอบแล้วบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ อื่น ๆ โดยต้องสามารถบรรเทาทุกคนและคณะ ที่เป็นประเด็นท้าทายจากกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ และเล่นได้ไวที่สุด โดยไม่โคลงเคลง หรืออยู่ในสภาพสมดุลเสถียรของยานพาหนะดังกล่าว ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.3 จากนั้นให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสต์ภาพต้นแบบชิ้นงาน “บรรเทาทุกข์หลวมโมเดล” ที่ใน Google Classroom เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน ถือเป็น การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันระหว่างกลุ่ม โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการสร้างต้นแบบชิ้นงานของนักเรียนครูให้นักเรียน ครูให้บันทึกข้อเสนอแนะจากครู ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ที่ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป (มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อน และครู) ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.4 และร่วมกันวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น แล้วบันทึก ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.5 จากนั้นครูให้นักเรียนทำการบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.6

วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์		
วัสดุ อุปกรณ์	รูปภาพ	จำนวน /กลุ่ม
7. ปืนทาว		1 อัน
8. ไม้ปั่นทาว		1 แพ็ค (5 อัน)
9. เทปใส		1 ม้วน

ภาพ 11 อุปกรณ์ที่ส่งให้เพิ่มเติม สำหรับใช้ปรับปรุงชิ้นงานในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนตั้งใจปรับพารามิเตอร์ และทำให้ยานพาหนะเกิดเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ เพื่อให้กลายเป็นบรรเทาทุกซ์ภูหลวงโมเดล สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนตั้งใจปรับพารามิเตอร์ และทำให้ยานพาหนะเกิดเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ ในการทำภารกิจ เป็นอย่างมาก ประกอบกับนักเรียนต้องปรับปรุงยานพาหนะที่ชำรุดมาจากกิจกรรมที่ 1-3

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนมีความตั้งใจทำงานมาก เพราะต้องซ่อมชิ้นงานที่ชำรุดด้วย

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

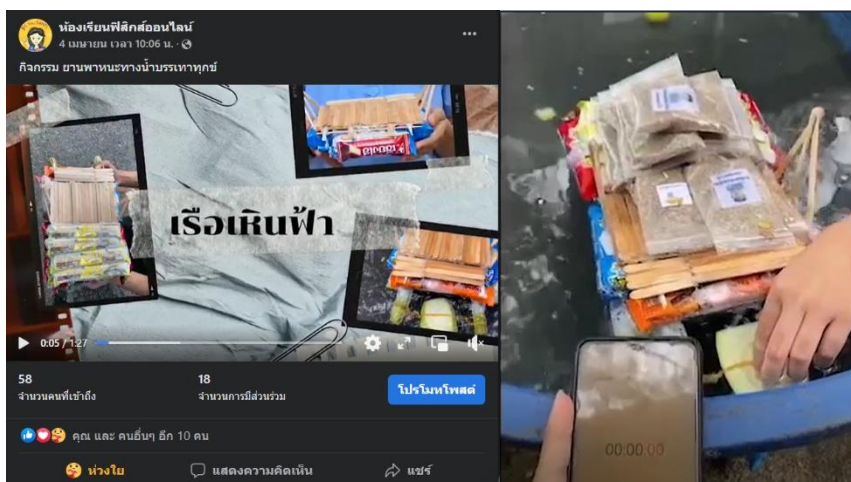
ในขั้นการทดสอบประสิทธิภาพนักเรียนตั้งใจปรับปรุงชิ้นงาน ให้เคลื่อนที่ในระยะทาง 1 เมตร ให้ได้เร็วที่สุด สอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...จากการสังเกตการทำงาน และจาก Special Advice Space พบว่า นักเรียนตั้งใจปรับพารามิเตอร์ และทำให้ยานพาหนะเกิดเสถียรภาพในการเคลื่อนที่ให้เร็วที่สุด พร้อมกับการบรรเทาทุกซ์ภูหลวงโมเดลจากข้อตกลงท้าทายจากกิจกรรมที่ 1 ซึ่งแต่ละกลุ่มมีการปรับปรุงประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อให้ได้เวลาที่เร็วที่สุด

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

ครูให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่ม นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “บรรเทาทุกซ์ภูหลวงโมเดล” โดยต้องสามารถบรรเทาทุกคนและโคเนื้อ ที่เป็นประเด็นท้าทายจากกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกซ์ และเล่นได้ไวที่สุด โดยไม่โคลงเคลง หรืออยู่ในสภาพสมดุลเสถียรของยานพาหนะ และให้ตัวแทนนักเรียนในกลุ่มโพตส์ชิ้นงาน “บรรเทาทุกซ์ภูหลวงโมเดล” ที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ จากนั้นให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม จึงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเอง ลงในใบกิจกรรม ข้อ 4.3



ภาพ 12 การทดสอบชิ้นงานตามข้อตกลงที่ทำหายในการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3
ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

จากผลดำเนินการในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัย พบว่า นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม แต่ละกลุ่มค่อนข้างน้อย แม้นักเรียนการออกแบบ การปรับพารามิเตอร์ และปรับเสถียรภาพของยานพาหนะทางน้ำให้สามารถบรรทุกข้มวลตามที่กำหนดในข้อตกลงที่ทำหายตามกิจกรรมที่ 1 ได้สำเร็จ และทำสถิติการเคลื่อนที่ในระยะทาง 1 เมตรได้ ใช้เวลาน้อยที่สุดสอดคล้องกับการสะท้อนของครูที่กล่าวว่า

...นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองในแต่ละกลุ่มค่อนข้างน้อย เนื่องจากยังไม่พอใจกับผลสถิติเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในระยะทาง 1 เมตรได้ ไม่เป็นที่น่าพอใจของกลุ่ม และยังอยากปรับปรุงชิ้นงานต่อ แต่เวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอ

(ผู้วิจัย, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

...นักเรียนตั้งใจทำกิจกรรมการทดสอบประสิทธิภาพของยานพาหนะทางน้ำดีมาก แต่ด้วยเวลาไม่เพียงพอจึงทำให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจของนักเรียน

(ผู้เชี่ยวชาญ, แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ วงจรที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

ขั้นสะท้อนผล

หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิด เมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ คือ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิด เมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ ของครูและผู้เชี่ยวชาญ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ เนื้อหา (Content Analysis) ผลการปฏิบัติสามารถสะท้อนปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในวงจร ปฏิบัติการที่ 3

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space	นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างนานในการ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในการปรับปรุง ชิ้นงานให้เป็นไปตามสถานการณ์ ปัญหา และข้อตกลงที่ทำทากว่า กิจกรรมอื่น ๆ	ควรปรับเวลาในการทำกิจกรรมในชั้น การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ให้มากขึ้น อาจจะ มากกว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เนื่องจากเป็นกิจกรรมต่อเนื่อง นักเรียน อาจมีปัญหาสะสมที่ต้องได้รับการแก้ไข
2. การคิดวิเคราะห์ เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing Space	เกิดความสับสนในใบกิจกรรมในขั้นตอน การออกแบบกิจกรรม เนื่องจากกิจกรรม ที่ 3 เน้นการปรับปรุงชิ้นงาน และ การปรับพารามิเตอร์ ซึ่งค่อนข้าง แตกต่างจากกิจกรรมที่ 1 กับ 2 ที่เน้นการออกแบบและสร้างชิ้นงาน	อธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนทราบในส่วน ของการออกแบบและสร้างในเฉพาะส่วน ที่นักเรียนต้องการปรับปรุง หรือทำ เพิ่มเติมจากกิจกรรมที่ 1-2 ตามข้อตกลง ทำทากว่าที่นักเรียนกำหนดไว้
3. การพัฒนา ความคิด (Develop) ใน Safe Box Space	นักเรียนไม่สามารถสร้างชิ้นงานเสร็จได้ ตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากนักเรียน ต้องทำการซ่อมแซมชิ้นงาน จาก กิจกรรมต่อเนื่องที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ประกอบกับการทดสอบประสิทธิภาพ หลายครั้ง เพื่อเก็บสถิติของเวลาตาม	ควรปรับเวลาในการทำกิจกรรม ในขั้นตอนสร้าง และขั้นการทดสอบ ประสิทธิภาพของชิ้นงาน ให้มากขึ้น อาจจะมากกว่าในแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ 1 และ 2 เนื่องจากเป็นกิจกรรม ต่อเนื่อง นักเรียนอาจมีปัญหาสะสม

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	ข้อตกลงทำทนายที่นักเรียนกำหนดไว้	ที่ต้องได้รับการแก้ไข และสามารถพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของ ชิ้นงานให้มากที่สุด
4. การพัฒนา เพื่อส่งมอบสู่ ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space	นักเรียนประเมินความสำเร็จของ ตนเอง ในแต่ละกลุ่มสูงขึ้น เนื่องจาก นักเรียนสามารถออกแบบและสร้าง ชิ้นงานได้ที่ตรงตามข้อตกลงทำทนาย ได้สำเร็จ และมีเกณฑ์การประเมิน ความสำเร็จของตนเองประกอบ การประเมินในใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc.	

จากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่าปัญหาที่พบมีทั้งที่แตกต่างกันและคล้ายคลึงกัน และมีแนวทางแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงทำการสรุปปัญหาและแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ด้วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมทาดอร์สเปซ
ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ขั้นตอนการจัด	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ			แนวทางแก้ไข	
การเรียนรู้	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 1	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 2	วงจรมุ่งปฏิบัติที่ 3	ในการจัดการเรียนรู้	
1. การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space	นักเรียนสนใจในสถานการณ์ ปัญหาต่างๆ หนึ่งบ้าน ภูหลวง จากคลิปลิวิดิโอที่ครู ใช้เปิดนำเข้าขั้นคิดค้นปัญหา แต่นักเรียนยังไม่สามารถตอบคำถาม หรืออภิปรายประเด็นปัญหาได้มากนัก	นักเรียนกำหนดข้อตกลง ที่ทำทนายแม่ชัดเจน ครูผู้สอน จึงได้ปรับแก้สถานการณ์ ปัญหาในคลิปลิวิดิโอและแก้ไข ปัญหาในกิจกรรมเพื่อให้นักเรียน อภิปรายถึงปัญหาได้ง่าย ในการคิดค้นและสืบค้นปัญหา	เชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหา ทั้ง 3 กิจกรรมเข้าด้วยกัน ในลักษณะต่อเนื่อง เพื่อกระตุ้น ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ของปัญหา เพื่อที่จะตั้งคำถาม เกี่ยวกับคลิปลิวิดิโอ เรื่อง เสถียรภาพของวัตถุ ผ่านทาง Google Meet กลุ่มย่อย	การนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ในรูปแบบคลิปลิวิดิโอที่ แสดงให้เห็นถึงมุมมองความแตกต่าง ทางความคิด เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยน ความคิดซึ่งกันและกัน และกระตุ้น ให้นักเรียนข้อสงสัยจากประเด็น ทำทนายเพื่อนำไปสู่การสืบค้น หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถ เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน	
2. การคิดวิเคราะห์ เพื่อสรุปใจพ (Define) ใน Sharing Space	นักเรียนบางกลุ่ม มีความ สนใจกับวัสดุอุปกรณ์ที่ครู กำหนด จึงส่งผลให้สามารถ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างมวลกับปริมาตร	ปรับกิจกรรมให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ที่ครู กำหนด เกี่ยวกับการออกแบบ ชิ้นงานมาก่อนล่วงหน้าโดยใช้ เวลาออกเวลาเรียงลงใน	นักเรียนมีการบูรณาการ ความคิด ถึงจุดเด่น จุดด้อย จากการออกแบบของสมาชิก ภายในกลุ่มได้ออกแบบได้ดี เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ 3	ครูแนะนำ Sharing Space ซึ่งเป็น แหล่งรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียน สืบค้น ได้ผ่านทาง Google Drive. อาจใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริง แบบออนไลน์ เช่น Phet	

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ		แนวทางแก้ไข
	วงจรมติการที่ 1	วงจรมติการที่ 2	
ในการเรียนรู้	<p>ของวัสดุหลักในการใช้ ออกแบบชิ้นงาน แต่นักเรียน บางกลุ่มมีเวลาไม่เพียงพอ ในการวิเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ เพื่อสรุปแนวคิดหรือนิยาม ปัญหา</p>	<p>Sharing Space และได้ แนะนำให้นักเรียนใช้ Phet Simulations เรื่อง ทำให้ สมดุล ประกอบการสร้าง แนวคิด หรือนิยามปัญหา</p>	<p>Interactive Simulations เพิ่มเติม จากข้อตกลงที่ท้าทาย โดยครูต้อง กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบเพื่อนำไปใช้ เป็นข้อมูลในการออกแบบสร้างสรรค์ ชิ้นงานในชั้นการพัฒนาความคิด</p>
3. การพัฒนา ความคิด (Develop) ใน Safe Box Space	<p>นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงาน ตามที่ออกแบบได้ และสามารถทดสอบประสิทธิภาพ ตามข้อตกลงท้าทายที่ นักเรียนกำหนดได้ทุกกลุ่ม</p>	<p>นักเรียนให้ความสำคัญกับ การสร้างและทดสอบ ประสิทธิภาพแหล่งพลังงาน เคลื่อนไหวเชิงกล ส่งผลให้มี ชิ้นงานต้นแบบหลายชิ้น และ พบว่าวัสดุอุปกรณ์หลักที่ครู กำหนดชำรุดเสียหาย จากการขนส่ง ให้สามารถ ใช้วัสดุที่มีในชั้นที่อยู่อาศัย ของนักเรียนได้</p>	<p>ดำเนินการปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งค่อนข้างแตกต่างจาก กิจกรรมที่ 1 กับ 2 ที่เน้น การออกแบบและสร้างชิ้นงาน</p> <p>นักเรียนไม่สามารถสร้างชิ้นงาน เสร็จได้ตามเวลาที่กำหนด เนื่องจากนักเรียนต้องทำการซ่อมแซมชิ้นงาน จากกิจกรรมต่อเนื่องที่ 1 และกิจกรรมที่ 2 ประกอบกับการทดสอบประสิทธิภาพ หลายครั้ง เพื่อเก็บสถิติของ เวลาตามข้อตกลงท้าทาย ที่นักเรียนกำหนดไว้</p> <p>ชั้นการสร้างต้นแบบชิ้นงานจาก อุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของ นักเรียน และกล่องเครื่องมือ หรือ อุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ ที่จำเป็น โดยครูส่งกล่องอุปกรณ์ Safe Box Space ให้ทางไปรษณีย์ เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิด การสร้าง ทดสอบประสิทธิภาพ ตามข้อตกลงที่ท้าทาย และนำไปสู่ การวางแผนพัฒนาชิ้นงานให้เกิด ประสิทธิภาพดีขึ้น</p>

ขั้นตอนการจัด การเรียนรู้	ปัญหาที่พบ/สาเหตุ		แนวทางการแก้ไข	
	วงจรมติบัตรที่ 1	วงจรมติบัตรที่ 2		วงจรมติบัตรที่ 3
4. การพัฒนา เพื่อส่งมอบสู่ ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space	นักเรียนประเมินความสำเร็จ ของตนเอง ในแต่ละกลุ่ม ค่อนข้างน้อยอยู่ในระดับ 1 แม้นักเรียนสามารถออกแบบ และสร้างชิ้นงานได้ที่ตรง ตามข้อตกลงที่ทำทนายได้สำเร็จ	จากการสังเกตใน Special Advice Space พบว่า นักเรียนตัดต่อวิดีโอ ที่จะเผยแพร่ชิ้นงานลงใน Facebook Page ห้องเรียน ฟีดลิสต์ออนไลน์ ไม่เสร็จตาม เวลาที่กำหนด และปรับแก้ ใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. โดยใส่เกณฑ์การประเมิน ความสำเร็จของตนเอง ประกอบการประเมิน ของนักเรียน	นักเรียนประเมินความสำเร็จ ของตนเอง ในแต่ละกลุ่มสูงขึ้น เนื่องจากนักเรียนสามารถ ออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ ที่ตรงตามข้อตกลงที่ทำทนาย ได้สำเร็จ และมีเกณฑ์ การประเมินความสำเร็จของ ตนเองประกอบ การประเมิน ในใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. ประกอบการประเมินการทำงาน ร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม	ในการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนในการนำเสนอชิ้นงาน หรือนวัตกรรม อาจอยู่ในรูปแบบ ของคลิปวิดีโอประมวลความสำเร็จ ตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-3 แล้วเผยแพร่ ในออนไลน์ และการนำเสนอผลงานหรือ นวัตกรรมไปใช้จริงในบริบทปัญหา เพื่อให้นักเรียนประเมินความสำเร็จ ของตนเอง โดยพิจารณาตามขั้นตอน การทำงาน การออกแบบ และ การสร้างชิ้นงานตามการทำงาน ร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม

ดังนั้น จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ควรมีลักษณะของขั้นตอนการจัดกิจกรรม ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

ครูจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ในแพลตฟอร์ม Google Classroom และใบกิจกรรมกลุ่มผ่านทาง Google Doc. ซึ่งต้องนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาในรูปแบบคลิปวิดีโอที่ ที่แสดงให้เห็นถึงมุมมองความแตกต่างทางความคิด โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดข้อสงสัยหรือตั้งคำถาม นำไปสู่สืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเป็นแนวทางในการใช้แก้ปัญหานักเรียนเห็นพ้องต้องกันและต้องมีการกำหนดข้อตกลงที่ทำทหาย เพื่อสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน และข้อกำหนดและข้อจำกัดต่าง ๆ ของสถานการณ์ได้

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจพทย์ (Define) ใน Sharing space

ครูแนะนำ Sharing Space ให้แก่นักเรียนซึ่งสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมถึงดาวน์โหลดใบความรู้ ,ข้อมูลรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสืบค้น ได้ผ่านทาง Google Drive. อาจใช้โปรแกรมการทดลองเสมือนจริงแบบออนไลน์ เช่น Phet Interactive Simulations เพิ่มเติมจากข้อตกลงที่ทำทหายครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานในขั้นการพัฒนาความคิดต่อไป

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

ขั้นการสร้างต้นแบบชิ้นงานจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียน และกล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ ที่จำเป็น โดยครูส่งกล่องอุปกรณ์ Safe Box Space ให้ทางไปรษณีย์ เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิดการสร้าง ทดสอบประสิทธิภาพตามข้อตกลงที่ ทำทหาย และนำไปสู่การวางแผนพัฒนาชิ้นงานให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น โดยขั้นตอนการทดสอบและข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

เป็นขั้นตอนในการทดสอบช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำเอาผลงานหรือนวัตกรรมไปใช้จริงในบริบทปัญหาที่ครูผู้สอนหรือผู้วิจัยสร้างปัญหาขึ้นในขั้นที่ 1 โดยครูให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่ม นำเสนอ

ชิ้นงานหรือนวัตกรรม อาจอยู่ในรูปแบบของคลิปวิดีโอประมวลความสำเร็จตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-3 แล้วเผยแพร่โดยการโพสต์เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ และให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเอง โดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้างชิ้นงานตามการทำงานร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม

ผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมใช้การตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมิน จาก Rubric scores ที่ปรับปรุงกรอบ Catalina Foothills School District: CFSD (2018) ให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียน แบบประมาณค่า 4 ระดับ (Rating Scale) คือ

ค่าคะแนน 4 คะแนน หมายถึง ขั้นสูง อธิบายประสิทธิภาพการทำงานที่เป็นแบบอย่าง ซึ่งเกินความสามารถ

ค่าคะแนน 3 คะแนน หมายถึง ขั้นชำนาญ อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่เชี่ยวชาญ ความคาดหวังที่เป็นเป้าหมายสำหรับแต่ละพื้นที่การปฏิบัติงาน

ค่าคะแนน 2 คะแนน หมายถึง ขั้นพื้นฐาน อธิบายผลการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถ ต่ำกว่า แต่แสดงถึงความเชี่ยวชาญในทักษะ/ความรู้พื้นฐาน เช่น ข้อกำหนดและรายละเอียด คำจำกัด ความการอนุมานพื้นฐาน และกระบวนการ

ค่าคะแนน 1 คะแนน หมายถึง ขั้นเริ่มต้น อธิบายประสิทธิภาพของนักเรียนที่แสดงให้เห็น ถึงทักษะความพร้อมและ/หรือความเข้าใจผิดและต้องการการสนับสนุนที่สำคัญ

ทำการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แบบประเมินความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นประเมินโดยครูทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลักได้แก่

1. การสร้างความคิด ได้แก่ มีคำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา มีการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และการตรวจสอบความคิดอย่างสร้างสรรค์
2. การออกแบบและละเอียดรอบคอบ ได้แก่ มีการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน และมีการทบทวน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีความอยากรู้ และมีข้อตกลงที่ทำหาย
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย มีการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน มีการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด และสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน มีการวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น และมีการประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตรวจให้คะแนนจากการตอบคำถาม การออกแบบในแบบใบกิจกรรมกลุ่ม Google Doc. และการสร้างชิ้นงาน โดยผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม จำนวน 2 ท่าน แล้วนำผลการประเมินมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดยวิธีสามเส้าด้านผู้วิจัยหรือผู้เก็บข้อมูล (Investigator triangulation) หลังจากประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังตาราง 12 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังตาราง 13 วงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังตาราง 14



ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายกลุ่มจากผู้ประเมิน 3 คน																	
พฤติกรรม	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		รวม	ค่าเฉลี่ย	ระดับ		
	ผู้ประเมิน	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2				3	รวม
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง																	
6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.00
6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1.00
6.3 การประเมินความสำเร็จของตนเอง	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.00
																	1.67
																	ชั้นพื้นฐาน

จากตาราง 12 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.28 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.67 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.75 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ, ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.50 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.67 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน



ตาราง 13 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายกลุ่มจากผู้ประเมิน 3 คน															
พฤติกรรม	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		ค่าเฉลี่ยรวม	ระดับ	
	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน			ค่าเฉลี่ยรวม
1. การสร้างความคิด	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	13
1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	14
1.3 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12
2. การออกแบบและละเอียดรอบคอบ															
2.1 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10
2.2 การทบทวน	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	15
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ															
3.1 ความอยากรู้	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12
3.2 ข้อตกลงที่ท้าทาย	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์															
4.1 บุรณการของความคิดที่สมาชิกภายในกลุ่ม	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	14
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์															
5.1 การระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10
5.2 การระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	10
5.3 การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12
5.4 สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	14

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายกลุ่มจากผู้ประเมิน 3 คน															
พฤติกรรม	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		ค่าเฉลี่ยรวม	ระดับ	
	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง															
6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.3 การประเมินความสำเร็จของตนเอง	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
														2.00	ขั้นพื้นฐาน
														2.00	

จากตาราง 13 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 2 เรื่อง แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล ในวงจรปฏิบัติภารกิจที่ 2 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.09 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.33 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.92 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน

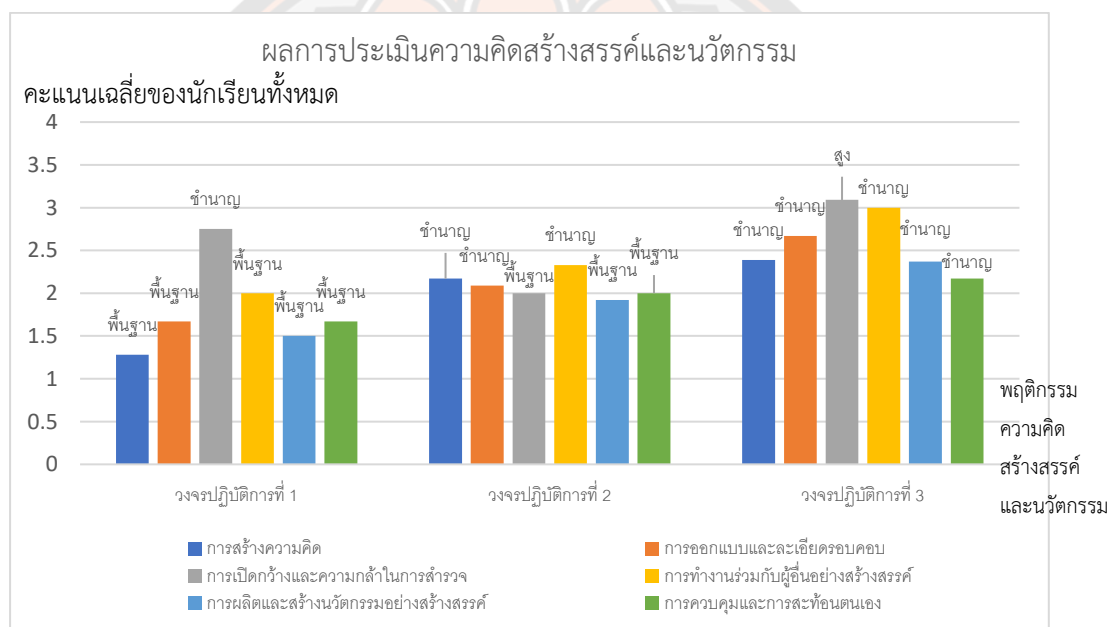


ตาราง 14 แสดงผลการประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 3 เรื่อง บรรเทาทุกข์หลวงโมเดล ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายกลุ่มจากผู้ประเมิน 3 คน															
พหุกิจกรรม	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		ค่าเฉลี่ยรวม	ระดับ	
	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน			ค่าเฉลี่ยรวม
1. การสร้างความคิด	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	14
1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	14
1.3 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	15
2. การออกแบบและละเอียดรอบคอบ															
2.1 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	14	2.33
2.2 การทบทวน	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	18	3.00
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ															
3.1 ความอยากรู้	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	14	2.33
3.2 ข้อตกลงที่ท้าทาย	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	21	3.50
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์															
4.1 บุรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.00
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์															
5.1 การระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	15
5.2 การระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	14
5.3 การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	13
5.4 สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	15

พฤติกรรม	ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมรายกลุ่มจากผู้ประเมิน 3 คน																		ระดับ
	กลุ่ม 1		กลุ่ม 2		กลุ่ม 3		กลุ่ม 4		กลุ่ม 5		กลุ่ม 6		ค่าเฉลี่ยรวม	ค่าเฉลี่ยรวม	ระดับ				
	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน	ผู้ประเมิน							
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง																			
6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.00	
6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2.50	
6.3 การประเมินความสำเร็จของตนเอง	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.00	
																2.17	ขั้นชำนาญ		

จากตาราง 14 แสดงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกิจกรรมที่ 3 เรื่อง บรรเทาทุกข์ภูเขาลวงโมเดล ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.39 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.67 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.09 อยู่ในระดับขั้นสูง ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.00 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.37 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ



ภาพ 13 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้ 3 วงจรปฏิบัติการ

จากแผนภาพ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของพฤติกรรมนักเรียนมีแนวโน้ม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึงวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีผลการประเมินพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คือ ด้านการสร้างความคิด จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.28 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.39 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.67 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.09 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลการประเมิน

ค่าเฉลี่ยรวม 2.67 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.33 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.00 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.50 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.92 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.37 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.67 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ส่วนด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากนักเรียนกำหนดข้อตกลงที่ทำทนายไม่ชัดเจน จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.75 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.09 อยู่ในระดับขั้นสูง

คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากใบกิจกรรมที่ 1-3 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การสร้างความคิด

1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา ได้แก่ การวางแผนปัญหาใหม่หรือข้อตกลงที่ทำทนายโดยใช้คำอุปมาหรือการเปรียบเทียบเพื่อแสดงทิศทางชัดเจนเกี่ยวกับวิธีการในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

1.8 จงเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากข้อตกลงที่ทำทนายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น ในข้อ 1.7

มีน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมที่พื้นที่ซึ่งเลี้ยงโคพันธุ์ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวนั้นเป็นบริเวณพื้นที่ราบลุ่ม ทั้งยังอยู่ในแนวสันเขา ประกอบกับประเทศไทยต้องเผชิญหน้ากับอิทธิพลจากพายุโซนร้อน ในช่วงเดือนกันยายน จึงมีฝนตกหนักเป็นจำนวนมาก เกิดเป็นน้ำป่าไหลหลาก ทำให้จำเป็นต้องใช้ยานพาหนะสำหรับเคลื่อนย้ายสัตว์ออกจากพื้นที่โดยมีนักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ 1 คน มวล 60 กิโลกรัม ชาวเกษตรเลี้ยงโค 1 คน มวล 60 กิโลกรัม พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน 1 ตัว มวล 180 กิโลกรัม แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน 2 ตัว มวล 150 กิโลกรัม พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) 2 ตัว มวล 200 กิโลกรัม แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) 2 ตัว มวล 180 กิโลกรัม

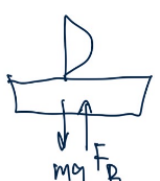
ภาพ 14 แสดงการสร้างคำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 14 พบว่า นักเรียนระบุว่าเกิดเหตุการณ์อุทกภัยทางน้ำที่หมู่บ้านภูหลวง จากน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมชุมชน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนประจำปีโดยต้องการช่วยเหลือ ข้อตกลงที่ทำหายโดยระบุจำนวนมวลทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมมากกว่าจำนวนชิ้นตัวอย่างละ จำนวน 1 อย่าง โดยการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด คือ ขนม

1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ได้แก่ สร้างความคิดจากปัญหาหรือข้อตกลงที่ทำหายโดยเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิด

2.2 ให้นักเรียนเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา การออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) และข้อตกลงที่ทำหาย

เรือลอยหง่าง



mg F_B

$\rho =$ ความหนาแน่นน้ำ

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$V_{\text{เรือ}} =$ ปริมาตรเรือ m^3

$m =$ มวล จากข้อตกลงที่ทำหาย kg

$\Sigma F = 0$

$F_B = mg$

$\rho V_{\text{เรือ}} g = mg$

$1000 (V_{\text{เรือ}}) = (1.160)$

$V_{\text{เรือ}} = \frac{1.160}{1000}$

$V_{\text{เรือ}} = 0.00116 \text{ m}^3$

ภาพ 15 แสดงการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 15 พบว่า นักเรียนสร้างความคิดจากปัญหาหรือข้อตกลงที่ทำหาย โดยเขียนแนวคิดและแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสมดุลต่อการเลื่อนที่ โดยแสดงความสัมพันธ์ของค่ามวล กับปริมาตรที่จะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ในการออกแบบสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักกับแรงพยุงหรือแรงลอยตัว และระบุประเภทของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

1.3 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ การตั้งคำถาม และสืบค้นแนวทางการออกแบบ และสร้างชิ้นงาน

2.1 ให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) และสืบค้นหาคำตอบ จากในโพสต์ Google Drive	
คำถามเกี่ยวกับการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนม	บันทึกการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ที่ได้จาก Google Classroom (Spotlight Space)
1. ฐานของเรือและการทรงตัว	เรื่อง ฐานของเรือและการทรงตัว ที่มา http://www.rtnalibrary.com/web/E-RTN_Refere_nce/rtnref/9202.pdf สรุปที่ได้จากการสืบค้น ฐานของเรือและการทรงตัวส่วนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์คือการใช้กำลังลอยและหลักการทรงตัว
2.การออกแบบให้เรือมีความสมดุลและลอยตัวได้	เรื่อง ,การออกแบบให้เรือมีความสมดุลและลอยตัวได้ ที่มา https://www.scimath.org/article-physics/item/7388-2017-07-20-07-31-07 สรุปที่ได้จากการสืบค้น มีการใช้หลักการ

ภาพ 16 การสำรวจความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 16 พบว่า นักเรียนได้เกิดการตั้งคำถาม และสืบค้นแนวทางการออกแบบ และสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ที่สอดคล้องกับปัญหาและข้อตกลงที่ทำทหายได้

2. การออกแบบและความละเอียดรอบคอบ

2.1 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน ได้แก่ การเขียนอธิบายรายละเอียด ขนาดของแต่ละส่วนที่ของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ หรืออัตราส่วนที่ออกแบบ โดยแสดงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล หรือ สมดุลต่อการเลื่อนที่ และระบุขอบเขตของค่ามวลกับปริมาตรที่จะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) ในการออกแบบสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงพยุงหรือแรงลอยตัว

2.4 ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) พร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานอย่างละเอียด(ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงตาราง)


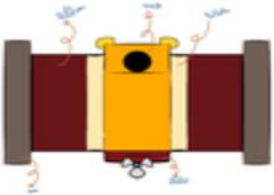
ชื่อสมาชิก	ภาพการออกแบบ	รายละเอียดของชิ้นงาน
1. น.ส.พิชาม ญชู้ มากเมือง		-ฐานเป็นขนมทิวส์ แบบซิมป์โซชั่น -ขอใช้ voiz waffle
2. น.ส.อภิศรา มูลโพธิ์ทอง		-ฐานเป็นขนมมอล ลคิสท์ร้อแพงเป็น ขนมเซียงไฮ้ 4 ห่อ
3. น.ส.อมรภัศ พวงทอง		ฐานตรงกลาง เป็นมอลคิสท์ ซ้ายกับขวาเป็นทิว ส์ข้างแล้วข้างซ้าย กับขวาของทิวส์ เป็น

ภาพ 17 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 17 พบว่านักเรียนเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยแสดงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล หรือ สมดุลต่อการเคลื่อนที่ และระบุขอบเขตของค่ามวลกับปริมาตรที่จะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ในการออกแบบสร้าง แต่ไม่ได้ระบุขนาดของแต่ละส่วนที่ของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ หรืออัตราส่วนที่ออกแบบจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงพยุงหรือแรงลอยตัว

2.2 การทบทวน ได้แก่ ออกแบบชิ้นงานหลายแบบ แล้วมีการปรับแต่งการออกแบบ จากการวิเคราะห์ถึงจุดเด่น และจุดด้อย ในการออกแบบ

2.5 ให้นักเรียนทบทวนถึงจุดเด่นและจุดด้อยของการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) แล้วบันทึกถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแคล์ไม้พ (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงตาราง)

ชื่อสมาชิก	ภาพการออกแบบ	จุดเด่น	จุดด้อย
1. น.ส.พิชาม ณัฐ มากเมือง		ฐานมีความ แข็งแรง ทนทาน	ขอบหนักเกิน ไปทำให้เรือ จม
4. น.ส.อภิสร่า มุลโพธิ์ทอง		-ก้ำกั้ว สามารถกิน น้ำเข้า	-ตัวขนมมอ ลติสท์ที่เป็น ฐานอ่อนแอ เกินไป
5. น.ส.อมรภัศ พวงทอง		-ใช้ไม้ไผ่ติด ช่วยพยุงเรือ	-ไม้ไผ่ติดก่อน ข้างขอบบาง หากยึดไว้ไม่ดี พอก็สามารถ หลุดได้ง่าย

ภาพ 18 การทบทวนของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 18 พบว่า นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จำนวน 6 แบบ (ออกแบบรายบุคคลตามสมาชิกภายในกลุ่ม) แล้วมีการปรับแต่งการออกแบบจากการร่วมกันวิเคราะห์ถึงจุดเด่น และจุดด้อย ในการออกแบบกันภายในกลุ่ม

3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

3.1 ความอยากรู้ ได้แก่ การกำหนดเรื่องที่จะค้นหา และทำการสืบค้นและสำรวจแนวคิดใหม่ ๆ เกี่ยวข้องสถานการณ์ปัญหา

1.3 ให้นักเรียนกำหนดเรื่องที่จะค้นหา และสืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากรู้ และบันทึกเรื่องที่สืบค้นได้ลงในตาราง เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหา เรื่อง บรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล

ชื่อสมาชิก กลุ่ม	บันทึกผลการสืบค้นเกี่ยวกับ สถานการณ์ปัญหา เรื่อง บรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล	ชื่อสมาชิก กลุ่ม	บันทึกผลการสืบค้นเกี่ยวกับสถานการณ์ ปัญหา เรื่อง บรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล
1. พิชาม ณัฐ (พริกแกง)	สมดุลเสถียร คือ สมดุลที่วัตถุวางอยู่กับที่ นิ่ง ๆ ใด หากถูกแรงกระทำที่น้อยมาก อาจ ทำให้มันเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยและจะกลับ คืนสู่สภาพเดิม หากพิจารณาจากจุด CG จะ เห็นว่าแรงที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้จุด CG ของวัตถุสูงขึ้นกว่าเดิม และมีแนวโน้มจะ กลับคืนสู่ที่เดิม ยกตัวอย่างเช่น ลูกปิงปอง ใบซาม ที่เราส่งแรงหรือเปิดลูกปิงปองไปเบา ๆ ทำให้ลูกปิงปองเคลื่อนที่ แต่ท้ายที่สุด แล้วก็จะกลับมาอยู่ที่เดิม	4. อภิสรธา (ชาร์ม)	สมดุลสะเทิน คือ วัตถุได้รับแรงแล้วจะเปลี่ยน ตำแหน่งไปจากเดิม แต่ยังมีลักษณะเดิม รวม ทั้ง CG อยู่ในระนาบเดิม ทำให้ยังคงสภาพเดิม ไว้ได้ เช่น หากลูกปิงปองวางอยู่บนพื้นราบ ธรรมดา เมื่อรับแรงแล้วก็ยังจะอยู่บนพื้น อาจจะแต่กลับเปลี่ยนตำแหน่งไปเท่านั้น
2. พิมพ์ ชนก (ยู)	สมดุลของแรง คือ การที่วัตถุสามารถ รักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมอยู่ได้ สภาพการเคลื่อนที่ในที่นี้อาจจะหมายถึง ความเร็วคงที่ในสมดุลจลน์ (Kinetic Equilibrium) หรือวัตถุหยุดอยู่นิ่ง ความเร็ว เป็นศูนย์ ในสมดุลสถิต (Static Equilibrium) ซึ่งไม่ว่าจะเป็นสมดุลจลน์หรือสมดุลสถิตก็	5. อมรภัส (พราว)	ยานพาหนะทางน้ำอยู่ในสภาพสมดุล คือ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่คงที่ โดยอ้างอิงมาจาก กฎของนิวตันข้อที่ 1 $\Sigma F = 0$ หรือกฎของ ความเฉื่อย “วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วคงที่ในทิศทางเดิมก็ต่อเมื่อ แรง ลัพธ์ที่มากกระทำ ต่อวัตถุมาค่าเท่ากับศูนย์

ภาพ 19 แสดงความอยากรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 19 พบว่า นักเรียนได้การกำหนดเรื่องที่จะค้นหา เช่น สมดุลเสถียร และ สมดุลสะเทิน และทำการสืบค้นเรื่องดังกล่าว เพื่อให้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ให้สามารถเคลื่อนไหวด้วยแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลและสามารถเคลื่อนที่เร็วที่สุด จนได้รับเลือกเป็นต้นแบบของชุมชน หรือบรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล

3.2 ข้อตกลงที่ทำหาย ได้แก่ การกำหนดสิ่งที่ต้องปฏิบัติในการกิจจากสถานการณ์ ทำหาย

1.7 ให้นักเรียนกำหนดข้อตกลงที่ทำทนาย สิ่งที่นักเรียนจะนำขึ้นยานพาหนะทางน้ำ เพื่อทำภารกิจนำออกมาจากเหตุสถานการณ์อุทกภัยที่หุบเขาภูหลวง

- นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ	จำนวน 2ตัว	มวล 120กิโลกรัม
- ชาวเกษตรเลี้ยงโค	จำนวน 5ตัว	มวล 300กิโลกรัม
- พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน 2 ตัว	มวล 360กิโลกรัม
- แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน 1 ตัว	มวล 150กิโลกรัม
- พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน 2ตัว	มวล 400กิโลกรัม
- แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน 1ตัว	มวล 180กิโลกรัม

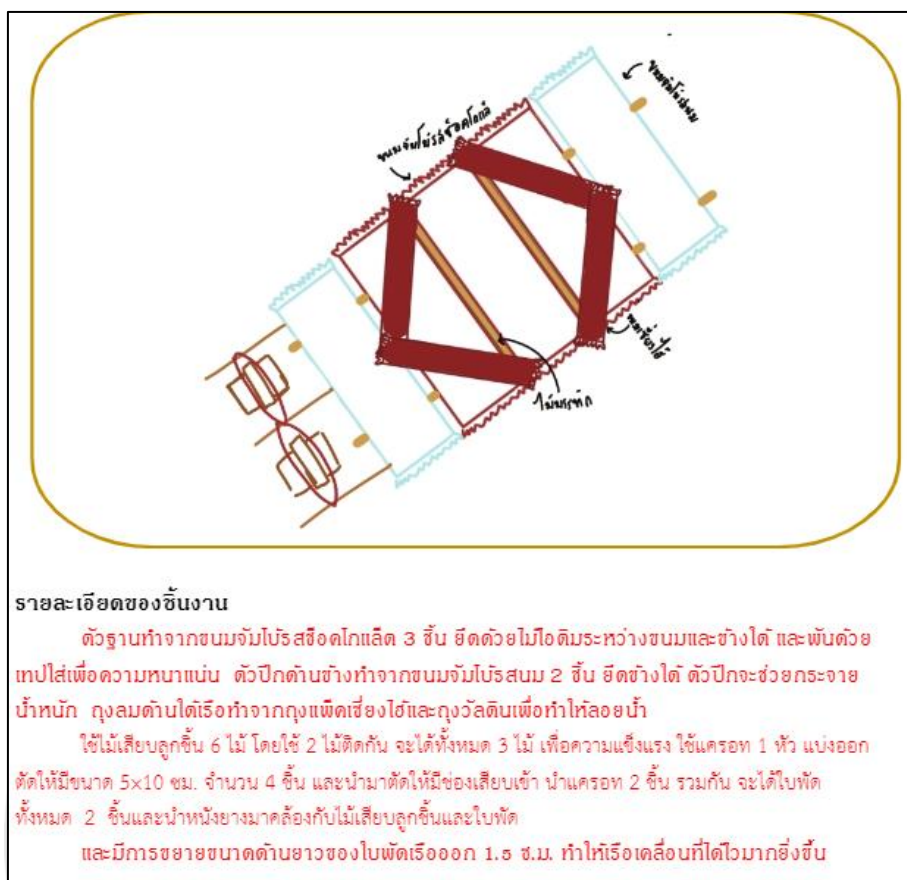
รวมมวลทั้งหมด 1590 กิโลกรัม (มวลจริง 1.590 กิโลกรัม)

ภาพ 20 แสดงข้อตกลงที่ทำทนายของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 20 พบว่า นักเรียนได้กำหนดข้อตกลงที่ทำทนายสิ่งที่จะช่วยขึ้นยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยระบุจำนวนมากกว่าขั้นต่ำ จำนวนละ 1 อย่าง (จำนวนมวลทั้งหมดต้องมากกว่า 1,160 กิโลกรัม) ซึ่งกลุ่มที่ 4 ได้กำหนดข้อตกลงที่ทำทนายมวลจริง 1.590 กิโลกรัม

4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

4.1 บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม ได้แก่ การนำจุดเด่นที่ได้จากการออกแบบจากสมาชิกภายในกลุ่ม ซึ่งได้ผ่านกระบวนการเชื่อมโยงการบูรณาการระหว่างความคิดของสมาชิกในกลุ่มแล้วมาออกแบบเป็นแบบใหม่



ภาพ 21 แสดงการบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 21 พบว่า ในใบกิจกรรมที่ 3 บรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดล นักเรียนได้บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่นและจุดด้อยจากสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานบรรเทาทุกข์ภูหลวงโมเดลใหม่ ตามสิ่งที่สมาชิกเห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานให้ครบถ้วน

5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

5.1 การระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ การพิจารณาหลายมุมมองของกลุ่มเป้าหมาย เพื่อปรับแนวคิดให้เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน

1.6 ให้นักเรียนระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการทำภารกิจช่วยเหลือออกมาจากเหตุ สถานการณ์อุทกภัยที่หุบเขาภูหลวง คือ

เรือต้องลอยและสามารถรับน้ำหนักสิ่งของได้เรื่อยๆเพื่อบรรเทาอุทกภัยให้แก่ชาวบ้านโดยสิ่งจำเป็น คือคนขับ 1 คน มวล 60 kg เกษตร 1 คน 60 kg พ่อโคและแม่โคกำแพงแสนอย่างละ 1 ตัว มวล 330 kg พ่อโคและแม่โคไทย วาเกียวอย่างละหนึ่ง 380 kg รวมทั้งหมด 830 kg

ภาพ 22 แสดงการระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมายของนักเรียนกลุ่มที่ 4 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 22 พบว่า นักเรียนได้ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมายในการสร้าง ยานพาหนะทางน้ำที่สามารถเพื่อใช้ช่วยเหลือเกษตรกร และพ่อแม่พันธุ์โค ได้มากกว่าขั้นต่ำ อย่างละ จำนวน 1 อย่าง หรือจำนวนมวลทั้งหมดมากกว่า 1,160 กิโลกรัมจากอุทกภัยที่หมู่บ้านภูหลวง

5.2 การระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน ได้แก่ การระบุจำนวน วัสดุอุปกรณ์ ประเภท หรือลักษณะเฉพาะ และการปรับแต่งหรือการรวมกันของวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น (ขนม) สำหรับการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

2.3 ให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อมระบุขนาด และจำนวนที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ให้ครบถ้วน

-ขนมทิวส์ทวินจัมโบ้รสช็อคโกแล็ต	จำนวน 3 ชิ้น	กว้าง6x18.5 cm. มวล 35 กรัม
-ขนมทิวส์ทวินจัมโบ้รสนม	จำนวน 2 ชิ้น	กว้าง6x18.5 cm. มวล 35 กรัม
-ขนมเซียงไฮ้รสช็อคโกแล็ต	จำนวน 6 ชิ้น	กว้าง2.5x11.8 cm. มวล 6 กรัม
-ซองปาวมงโฮวีลติน	จำนวน 2 ซอง	กว้าง4.5x16.5 cm.
-ซองปาวขนมเซียงไฮ้บรรจุ 12 ชิ้น		กว้าง 14.5x18.5 cm.
-ไม้ไอติม	จำนวน 8 ชิ้น	ขนาด 1x11.5 cm.
-ปิ่นกาวและไส้ปิ่นกาว		

ภาพ 23 แสดงการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 23 พบว่า นักเรียนได้ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์ ได้แก่ การระบุประเภทของวัสดุอุปกรณ์ ระบุจำนวน ระบุขนาด แต่ไม่ได้ระบุ ลักษณะเฉพาะ หรือการปรับแต่งวัสดุอุปกรณ์สำหรับการสร้างชิ้นงาน

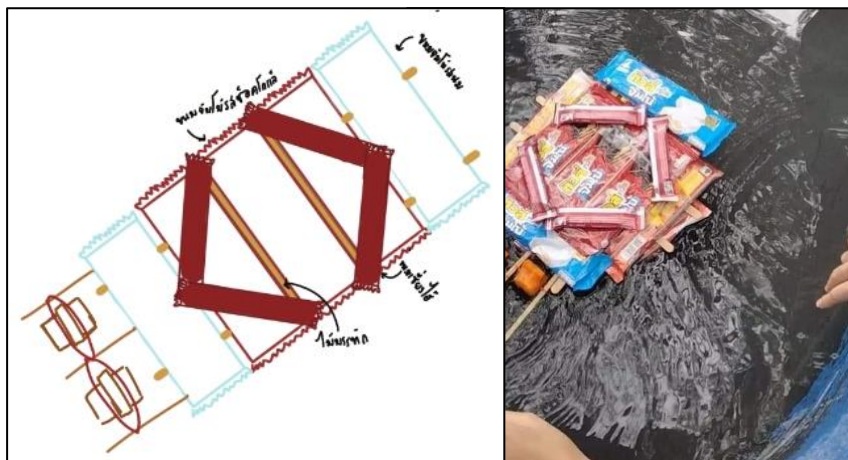
5.3 การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด ได้แก่ การให้ข้อมูลโดยวิเคราะห์ ส่วนประกอบ หรือวางแผนการทำงานเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการสร้างชิ้นงานโดยแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่มที่ชัดเจน

3.1 ให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการแบ่งสร้างสรรชิ้นงาน แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ผักและผลไม้)		
ข้อที่	ขั้นตอนการสร้างยานพาหนะทางน้ำประเภททุกล	ชื่อสมาชิกที่รับผิดชอบ
1	ซื้อผักและผลไม้ที่จะนำมาทำแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล	จูน
2	ประชุมความคิดเห็นเพื่อตกลงในการออกแบบ	เตอร์ เคน จูน เพ้นท์ ปาล์ม สตางด์
3	ออกแบบแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล	เตอร์ เคน เพ้นท์
4	ประดิษฐ์แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล	เตอร์ เคน
5	ทดสอบโดยนำไปลอยกับกะมะ็ง	เตอร์ เคน จูน เพ้นท์ ปาล์ม
6	บันทึกผล(ถ่ายวิดีโอ)	เพ้นท์ ปาล์ม

ภาพ 24 แสดงการวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดของนักเรียนกลุ่มที่ 5 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 24 พบว่า นักเรียนมีการวางแผนการทำงานในการออกแบบชิ้นงาน แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลจากผักและผลไม้ที่มีขายตามแหล่งที่อยู่อาศัย แล้วค่อยประชุมวางแผนเพื่อออกแบบและสร้างชิ้นงานตามวัสดุอุปกรณ์ที่สมาชิกกลุ่มของนักเรียนมีอยู่ โดยแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่มที่ชัดเจน แต่ไม่ได้วางแผนถึงขั้นตอนการปรับปรุงชิ้นงานหลังทดสอบประสิทธิภาพ

5.4 การสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ได้แก่ จัดทำชิ้นงานตามแผนที่เกิดจากการแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่มที่ชัดเจน และตรงตามข้อกำหนดทั้งหมดโดยทำการเปลี่ยนแปลงตามความจำเป็น



ภาพ 25 การสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 25 พบว่า นักเรียนได้สร้างชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลติดกับตัวยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกซ์ได้ตรงตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ได้สำเร็จ

6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน ได้แก่ การวิพากษ์วิจารณ์กระบวนการสร้างสรรค์ของตัวเองหรือชิ้นงาน และประเมินความคิดสร้างสรรค์ตลอดกระบวนการจากข้อเสนอแนะที่ได้จากเพื่อน ครู และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนา

4.2 ในการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกซ์” ครั้งนี้ นักเรียนพบข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มหรือไม่ บอกแนวทางแก้ไขดังกล่าว เพื่อเป็นการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานของกลุ่มตนเอง

- เกิดข้อบกพร่องเนื่องจากความสมดุลของเรือทั้ง 2 ข้าง มีน้ำหนักที่ไม่เท่ากันจึงทำให้การรับน้ำหนักของเรือฝั่งหนึ่งจึงทำให้ต้องนำน้ำหนักไปถ่วงอีกฝั่งหนึ่งของแพให้มากกว่าอีกฝั่งหนึ่งให้แพมีความสมดุล

ภาพ 26 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานของนักเรียนกลุ่มที่ 5 (ใบกิจกรรมที่ 1, 21 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 26 พบว่า นักเรียนสามารถวิพากษ์วิจารณ์กระบวนการสร้างสรรค์ของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้ ถึงสามารถสาเหตุและแนวทางวิธีการแก้ไขปัญหา และปรับปรุงชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้เหมาะสมกับข้อตกลงที่ทำทนายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น

6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น ได้แก่ การวิเคราะห์รูปแบบการสร้างก่อนหน้าเพื่อปรับปรุงในการสร้างใหม่จากวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ และนำความรู้ที่เกี่ยวข้องเรื่อง สมดุลกลหรือสมดุลต่อการเลื่อนที่ มาสร้างเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการปรับปรุงชิ้นงาน

3.5 ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนพัฒนาบรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล ให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงพัฒนา และแนวทางการปรับปรุงพัฒนา		
สิ่งที่	สิ่งที่ต้องปรับปรุง/พัฒนา	แนวทางการปรับปรุง/พัฒนา
1	ใบพัดเคลื่อนที่ได้ช้าในตอนที่หมุน	ขยายตรงส่วนบริเวณท้ายเรือ ให้ใบพัดมีพื้นที่ในการหมุนมากขึ้น
2	ใบพัดหนักเกินและก่วงท้ายยานพาหนะ	ปรับใบพัดให้น้ำหนักสมดุลกับตัวยานพาหนะเพื่อที่จะได้ไม่ก่วงให้ยานพาหนะจม

ภาพ 27 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้นของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 3, 28 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 27 พบว่า นักเรียนสามารถการวิเคราะห์รูปแบบการสร้างชิ้นงานในกิจกรรมที่ 1 ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ และกิจกรรมที่ 2 แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกลถึงสิ่งที่ต้องปรับปรุงหรือพัฒนาให้สมบูรณ์จากโครงสร้าง วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่และนำความรู้เกี่ยวกับเรื่อง สมดุลกล สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และเสถียรภาพของวัตถุ มาให้เป็นแนวทางในการมาสร้างและปรับปรุงชิ้นงานให้บรรลุเป้าหมายในกิจกรรมที่ 3 บรรเทาทุกข์หหลวงโมเดล

6.3 การประเมินความสำเร็จของตนเอง ได้แก่ การแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงจุดอ่อนของกลุ่มตัวเอง เพื่อเพิ่มการเติบโตทางความคิด หรือประสิทธิภาพ เช่น ความเพียร การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ กระตือรือร้นหาข้อเสนอแนะของผู้อื่น การสืบค้นและการใช้แหล่งข้อมูลภายนอกในการสร้างชิ้นงานและการทำภารกิจได้สำเร็จ

4.3 จงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบสร้าง และการวางแผนแก้ปัญหา เรื่อง แหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล

- 4 คะแนน หมายถึง ชั้นสูง
- 3 คะแนน หมายถึง ชั้นเชี่ยวชาญ
- 2 คะแนน หมายถึง ชั้นพื้นฐาน
- 1 คะแนน หมายถึง ชั้นริเริ่ม

เพราะเหตุใด

กลุ่มของพวกเราได้มีการปรับปรุงจุดอ่อน และนำจุดแข็งที่แต่ละคนในกลุ่มคิดนำมาปรับใช้ในการสร้างใบพัดเพื่อการเคลื่อนตัวที่ดี และรวดเร็วของยานพาหนะทางน้ำซึ่งเป็นที่พอใจของทุกคนในกลุ่ม เนื่องจากระหว่างสร้างก็ได้มีการปรับปรุงส่วนที่พวกเราในกลุ่มปรึกษากัน และคิดว่าทำอย่างไรยานพาหนะทางน้ำถึงจะดีขึ้นอีกระหว่างนั้นได้มีการสืบค้น และนำทฤษฎีที่ได้เรียนไปมาปรับใช้กับใบพัดของยานพาหนะทางน้ำของกลุ่มเรา มีการปรึกษาคณะครูเพื่อยานพาหนะที่ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับกลุ่มเราและทำได้ออกมาที่พอใจต่อทุกคนในกลุ่ม โดยยานพาหนะทางน้ำสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างดี

ภาพ 28 การประเมินความสำเร็จของตนเองของนักเรียนกลุ่มที่ 3 (ใบกิจกรรมที่ 2, 24 กุมภาพันธ์ 2565)

จากภาพ 28 พบว่า นักเรียนได้ประเมินความสำเร็จของตนเองเพิ่มมากขึ้น จากกิจกรรมที่ 1 และได้แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงจุดอ่อนของกลุ่มตัวเอง เพื่อพัฒนาความคิด หรือประสิทธิภาพของชิ้นงานแหล่งพลังงานเคลื่อนไหวเชิงกล โดยให้เหตุผลประกอบที่แสดงถึงความเพียร การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ ความกระตือรือร้นหาข้อเสนอแนะจากเพื่อน ครู และผู้เชี่ยวชาญ การสืบค้นและการใช้แหล่งข้อมูล เพื่อสร้างและปรับปรุงชิ้นงานให้สำเร็จตามข้อตกลงที่ทำทหายได้

ดังนั้น จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ควรมีลักษณะของขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ผ่าน Google Meet ซึ่งเป็นขั้นตอนการเรียนรู้สถานการณ์ปัญหา โดยการแตกประเด็นของปัญหาตามมุมมองความแตกต่างทางความคิด โดยร่วมกันอภิปรายซึ่งกันและกัน และกระตุ้นความสนใจด้วยประเด็นท้าทาย เพื่อให้ให้นักเรียนได้เกิดข้อสงสัยหรือตั้งคำถามเพื่อกำหนดปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space เป็นขั้นการทำความเข้าใจและตีความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง อาจใช้โปรแกรมการทดลองออนไลน์ เช่น Phet Interactive Simulations เพิ่มเติมการสืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ และแบ่งปันแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการใช้ออกแบบ และสร้างชิ้นงานใน Google Drive เพื่อนิยามปัญหา

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space เป็นขั้นตอนการสร้างต้นแบบจากวัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดส่งให้ผ่านทางไปรษณีย์ เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิดการสร้าง ทดสอบ ประสิทธิภาพตามข้อตกลงที่ทำหาย และนำไปสู่การวางแผนพัฒนาชิ้นงานให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space เป็นขั้นตอนในการนำชิ้นงานมาใช้ในสถานการณ์จริง และเผยแพร่โดยการโพสต์เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ ในสื่อออนไลน์

นอกจากนี้ การศึกษาการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล หลังจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการประเมินหลังการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นประเมินโดยดูทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลักในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีคะแนนมากที่สุด คือ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.75 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ กับด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองมีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.67 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.50 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน และด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.28 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน

วงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีคะแนนมากที่สุด คือ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.33 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.09 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ กับด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองมีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.00 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน และด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 1.92 อยู่ในระดับขั้นพื้นฐาน

วงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีคะแนนมากที่สุด คือ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.09 อยู่ในระดับขั้นสูง ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 3.00 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.67 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการสร้างความคิด มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.39 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.37 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยรวม 2.17 อยู่ในระดับขั้นชำนาญ

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม โดยพฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด คือ ด้านการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ และพฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเอง



บทที่ 5

บทสรุป

การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเพื่อศึกษาผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยขอสรุปผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยสามารถสรุปผลได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study space

ครูนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาในรูปแบบคลิปวิดีโอที่แสดงให้เห็นถึงมุมมองความแตกต่างทางความคิด โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดซึ่งกันและกัน และกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยประเด็นท้าทาย เพื่อให้เกิดข้อสงสัย

ที่นำไปสู่สืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเป็นแนวทางในการใช้แก้ไขปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน โดยจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ใน Study space หรือผ่านทาง Google Meet ในแพลตฟอร์ม Google Classroom และใบกิจกรรมกลุ่มร่วมกันใน Google Doc.

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing space

ครูให้นักเรียนการเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจโดยสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง ดาวน์โหลดใบความรู้ ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์อุปกรณ์ที่กำหนด และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสืบค้นใน Sharing space หรือ Google Drive. อาจใช้โปรแกรมการทดลองแบบ Interactive แบบออนไลน์ เช่น Phet Simulations เพิ่มเติมจากประเด็นท้าทายเพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานในขั้นการพัฒนาความคิดต่อไป

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe box space

ขั้นการสร้างต้นแบบชิ้นงานจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียน และกล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ ที่จำเป็น โดยครูส่งกล่องอุปกรณ์ Safe Box Space ให้ทางไปรษณีย์ เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียนเกิดการสร้าง ทดสอบประสิทธิภาพตามข้อตกลงที่ท้าทาย และนำไปสู่การวางแผนพัฒนาชิ้นงานให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น โดยขั้นตอนการทดสอบและข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space

เป็นขั้นตอนในการนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม อาจอยู่ในรูปแบบของคลิปวิดีโอประมวลความสำเร็จตั้งแต่กิจกรรมที่ 1-3 แล้วเผยแพร่ใน Spotlight space หรือสื่อออนไลน์ต่าง ๆ และนำผลงานหรือนวัตกรรมไปใช้จริงในบริบทปัญหา เพื่อให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเอง โดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้างชิ้นงานตามการทำงานร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม

2. ผลการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หลังจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งทำการประเมินระหว่างการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนั้นประเมินโดยครู และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ 2 ท่าน ทั้งหมด 6 พฤติกรรมหลัก ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3

ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการสร้างความคิด ด้านการออกแบบและละเอียดรอบคอบ ด้านการเปิดกว้างและความกล้า ในการสำรวจ ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ด้านการผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่าง สร้างสรรค์ และด้านการควบคุมและการสะท้อนตนเองสามารถพัฒนาจากขั้นพื้นฐาน เป็นขั้นสูงได้

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ใน Study space หรือผ่านทาง Google Meet และใบกิจกรรมกลุ่มร่วมกันใน Google Doc โดยผู้วิจัยนำเข้าสู่ สถานการณ์ปัญหาในรูปแบบคลิปวิดีโอ ที่แสดงให้เห็นถึงมุมมองความแตกต่างทางความคิด และ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจด้วยการกำหนดข้อตกลงที่ทำทนาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุมินตรา จินเมือง (2562) ที่กล่าวว่า ครูควรสร้างความตระหนัก ความสำคัญของสถานการณ์ ที่สำคัญสถานการณ์ต้องมีเงื่อนไขสร้างความท้าทายให้กับนักเรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) โดยการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ ถือเป็น การให้นักเรียนได้การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจโดยสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง, ศึกษาข้อมูลรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่นักเรียนสืบค้นร่วมกันอย่างอิสระใน Sharing space หรือ Google Drive. อาจใช้โปรแกรม การทดลองแบบออนไลน์ เช่น Phet Interactive Simulations เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้ง คำถาม และแสวงหาคำตอบเพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการนิยามปัญหาและออกแบบชิ้นงาน สอดคล้อง กับงานวิจัยของ ชาญวิทย์ คำเจริญ (2563) ที่กล่าวว่า การใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริงให้ผล ในเชิงบวก สามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้สามารถสร้างมโนคติทางฟิสิกส์ตลอดจนสามารถ มองเห็นภาพได้ชัดเจนได้

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) เป็นช่วงที่นักเรียนได้การสร้างต้นแบบชิ้นงาน จากวัสดุอุปกรณ์ช่วยเหลือใน Safe box space ที่ครูส่งให้ทางไปรษณีย์ เพื่อเอื้ออำนวยให้นักเรียน เกิดการสร้าง การดัดแปลงวัสดุที่ครูกำหนด การทดสอบประสิทธิภาพตามข้อตกลงที่ทำทนาย และ วางแผนพัฒนาชิ้นงานให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับผู้เรียน หรือการทำซ้ำ จะช่วยส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สอดคล้องกับ Bradley Camburn (2018) ที่กล่าวว่า การแก้ไขโดยใช้กระบวนการของการคิดเชิงออกแบบ ผ่านวิธีการที่มีการแก้ปัญหาแบบลงมือ ปฏิบัติ การสร้างต้นแบบและการทดลองซ้ำ ๆ หลายครั้ง จะเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง การพลวัตของทีม

และความคิดสร้างสรรค์ โดยภายใน Safe box space ต้องประกอบด้วย 1) วัสดุหลักที่ครูกำหนดในการสร้างชิ้นงาน 2) อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่จำเป็นในการสร้างชิ้นงาน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการสร้างชิ้นงาน เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ เป็นผลมาจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ซึ่งนักเรียนบางคนไม่สามารถจัดหาอุปกรณ์ได้ เนื่องจากความห่างไกล หรือความไม่พร้อมด้านต่าง ๆ การส่ง Safe box space จึงเป็นการเอื้ออำนวยให้นักเรียนได้เกิดการสร้างอย่างเต็มประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ จินตนา รุ่งเรือง (2557) ที่กล่าวว่า การมอบหมายวัสดุอุปกรณ์ หรือชุดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการสร้างชิ้นงาน เป็นการให้อิสระในการคิดมีความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้นที่จะทำชิ้นงานจากความคิดของกลุ่ม มีความอดทนในการทำงาน ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ยังการสร้างบรรยากาศและสีสันในชั้นเรียนได้เป็นอย่างดี

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ขั้นตอนในการนำเอาผลงานหรือนวัตกรรมไปใช้สถานการณ์ปัญหาจริง โดยการทำภารกิจตามข้อตกลงท้าทายที่นักเรียนได้กำหนดและนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม ซึ่งอยู่ในรูปแบบของคลิปวิดีโอประมวลความสำเร็จ เผยแพร่ช่องทางสื่อออนไลน์ หรือ Spotlight space เพื่อประเมินความสำเร็จของตนเอง สอดคล้องกับ ภาณุวัฒน์ เกียรติคุณ (2564) ที่กล่าวว่า การสร้างนักประดิษฐ์ควรให้ความสำคัญในขั้นตอนการนำเสนอชิ้นงาน เนื่องจากจะทำให้เห็นความสำคัญของการสร้างและการร่วมกิจกรรมเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย นอกจากนี้ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยและผู้ประเมินร่วมที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ร่วมกันประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการออกแบบและกระบวนการสร้างชิ้นงาน สอดคล้องกับ พิชญา กล้าหาญ (2564) ที่กล่าวว่า กระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมของนักเรียน ซึ่งจะต้องฝึกฝนจากการลงมือปฏิบัติ การปรับแก้ไขชิ้นงานตามความต้องการของผู้ใช้งานหรือผู้เชี่ยวชาญในการสร้าง ซึ่งการประเมินควรเป็นในลักษณะการประเมินร่วมกันระหว่างผู้ใช้งานหรือผู้เชี่ยวชาญ กับผู้วิจัย

Special advice space เป็นสเปซหรือช่องทางที่นักเรียนใช้ในการติดต่อสื่อสาร หรือขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน เพื่อเอื้ออำนวยให้คำแนะนำการออกแบบ กระบวนการสร้าง และแนวทางการปรับปรุงชิ้นงานในลักษณะแบบ real time ผ่านทางแอปพลิเคชัน Line ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดความกระตือรือร้นในการพัฒนาชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับ ลลิตา ณ หนองคาย (2559) กล่าวว่า การเพิ่มช่องทางการสื่อสารที่เป็นไปในลักษณะที่สามารถขอความช่วยเหลือได้ทุกที่ทุกเวลา ระหว่างนักเรียน และครูหรือผู้เชี่ยวชาญ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดตระหนักในงานที่ต้องรับผิดชอบ การทำงานของสมาชิกกลุ่ม และสามารถกระตุ้นให้พัฒนาชิ้นงานได้ดีขึ้น

2. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เมื่อจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ประเมินโดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม 2 ท่าน ประเมินจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากการบันทึกในใบกิจกรรม การออกแบบและสร้างชิ้นงาน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 ผู้เรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นทุกพฤติกรรมที่กำหนด โดยมีพฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุดและน้อยที่สุด ดังต่อไปนี้

พฤติกรรมที่ได้คะแนนมากที่สุด คือ การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ เนื่องจากผู้วิจัยได้นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เข้าใจได้ง่าย แต่ทำให้เกิดมุมมองความแตกต่างทางความคิด และทุกกิจกรรมผู้วิจัยจะมีประเด็นท้าทายเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้กำหนดข้อตกลง ที่ท้าทายซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบในลักษณะรายบุคคล และทำการสรุปปัญหาพร้อมกันภายในกลุ่ม สอดคล้องกับ The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2016) ที่กล่าวว่า นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนให้รู้จักแก้ปัญหาที่หลากหลายและแปลกใหม่ เพื่อกระตุ้นเกิดความอยากรู้ ซึ่งจะนำไปสู่การได้ฝึกฝนการสำรวจ สืบค้น และความคิดวางแผน

พฤติกรรมที่มีคะแนนน้อยที่สุด ได้แก่ การควบคุมและการสะท้อนตนเอง ซึ่งพบว่าการวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพดีขึ้น ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 มีการพัฒนาเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงชิ้นงาน ผ่านทาง Special advice space แต่การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน และการประเมินความสำเร็จของตนเอง มีผลการประเมินในระดับขั้นพื้นฐาน ในทุกวงจรปฏิบัติการที่ 1-3 เนื่องจากผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่านได้ประเมินพฤติกรรมตามการประเมินตนเองของนักเรียน ซึ่งนักเรียนยังต้องการเวลาในการปรับแก้ไขชิ้นงานที่มากขึ้น สอดคล้องกับ Joyce, & Weil (1986 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี, 2548) ที่กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เกิดการสร้างชิ้นงาน ต้องเป็นไปในลักษณะที่เวลาสามารถยืดหยุ่นได้ เพื่อให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

1. ช่องทาง Special Advice Space แอปพลิเคชัน Line ซึ่งผู้วิจัยควรชี้แจงขอบเขตของการขอรับคำปรึกษา ก่อน เช่น การใช้ภาษา เวลาที่สามารถติดต่อผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น ซึ่งเป็น การกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้ Special advice space ร่วมกัน

2. การจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ภายใน Safe box space ควรเป็นวัสดุที่มีรูปร่าง และ ปริมาตรสุทธิที่แน่นอน เพื่อป้องกันการเกิดการชำรุดเสียหายระหว่างการขนส่งทางไปรษณีย์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ในขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมกิจกรรมในช่วง ที่ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหาร่วมกันผ่านทาง Google Meet ในรูปแบบออนไลน์ ร่วมกับแอปพลิเคชันอื่น ๆ ที่สามารถดำเนินกิจกรรมนอกเวลาเรียนได้ เช่น Padlet เพื่อเป็นการสร้าง ความต่อเนื่องในการวิเคราะห์เพื่อสรุปปัญหาร่วมกันของนักเรียน

2. การจัดการเรียนรู้ในขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight space ควรศึกษาการเพิ่มบทบาทของนักเรียนได้มีส่วนในการประเมินการนำเสนอชิ้นงานของเพื่อน ภายในห้อง หรือการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- จินตนา รุ่งเรือง. (2557). ผลการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโครงงานวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/e-jodil/article/view/243750>
- เจริญ ภูวิจิตร. (2564). การจัดการเรียนรู้ทางออนไลน์อย่างมีประสิทธิภาพในยุคดิจิทัล. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/693689>
- ชาญวิทย์ คำเจริญ. (2563). การตรวจสอบการใช้แบบจำลองโต้ตอบเสมือนจริง สำหรับการสอนไฟฟ้ากระแสตรง. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/191761>
- ณัฐวัฒน์ ล่องทอง. (2561). การปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 เพื่อความสุขใจในการทำงาน. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <http://portal.nurse.cm.u.ac.th/fonoffice/adminoffice/DocLib>
- นำโชค อุ่นเวียง. (2563). ครูสังคมยุค 4.0. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://www.kruwandee.com/news-id39221.html>
- ประเสริฐ. (2561). การจัดกิจกรรมสนุกกับโค้ดและนักประดิษฐ์ Makerspace. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://www.newswit.com/>
- ไพเราะ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2560). *Design thinking: Learning by doing*. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <http://resource.tcdc.or.th/ebook/Design.Thingking.Learning.by.Doing.pdf>
- พิชญา กล้าหาญ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2565, จาก [file:///C:/Users/PC/Downloads/cujournaldupongo,%7B\\$userGroup%7D,+EDUCU4902013.pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/cujournaldupongo,%7B$userGroup%7D,+EDUCU4902013.pdf)
- ภาณุวัฒน์ เกียรติณัฐ. (2564). *STEM Maker การสร้างนักประดิษฐ์*. สืบค้น 2 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <https://drive.google.com/drive/folders/11uHCPinf801\YPguiFCPCKb4oQ796qdu>
- ลลิตา ณ หนองคาย. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) บน Cloud Computing ด้วย Google Apps. สืบค้น 20 กันยายน 2564, จาก <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/romphruekj/article/view/82436>

- ทศนา แคมมณี. (2548). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย* (พิมพ์ครั้งที่ 3).
กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์
- วิทยา วาโย. (2563). *การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19*. สืบค้น 20 เมษายน 2564, จาก <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/RHPC9Journal/article/view/242473>
- สุมินตรา จินเมือง. (2562). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง แสง เพื่อส่งเสริมคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. สืบค้น 20 เมษายน 2564, จาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edubuu/article/view/244175>
- สุวิทย์ เมษินทรีย์. (2559). *ประเทศไทย 4.0*. สืบค้น 25 เมษายน 2564, จาก http://planning2.mju.ac.th/government/20111119104835_planning/Doc_25590823143652_358135.pdf
- สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2564). *รายงาน IMD World Competitiveness Ranking 2021*. สืบค้น 20 เมษายน 2564, จาก <http://stiic.sti.or.th/wp-content/uploads/2022/03/IMD-2021-Final.pdf>
- Bradley Camburn. (2018). *Design and maker-based learning*. Retrieved September 20, 2021, from [KnownKnowledgeToCreatingNewKnowledgeExchange2016Issue20.pdf](https://www.knowledgeexchange.org/2016/issue20.pdf)
- Catalina Foothills School District; CFSFD (2018). *Creativity and innovation rubric grades 9-12*. Retrieved September 14, 2021, from https://www.cfsd16.org/application/files/4715/2989/2859/K-12_CREATIVITY-INNOVATION_2018.pdf
- Design Council. (2020). *What is the framework for innovation? design council's evolved double diamond*. Retrieved September 14, 2021, from <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-frameworkinnovation-design-councils-evolved-double-diamond>
- International Institute for Management Development. (2021). *World competitiveness ranking 2021*. Retrieved March 1, 2022, from <https://www.imd.org/centers/world-competitivenesscenter/rankings/world-digital-competitiveness/>
- Schmuck, R.A. (2006). *Practical action research for change*. Thousand Oaks, California: Corwin.

Susan B. (2018). Using a makerspace approach to engage Indonesian primary students with STEM. Retrieved March 1, 2022, from <http://www.iier.org.au/iier28/blackley.pdf>

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2016).

PISA 2015. Retrieved July 1, 2021, from <http://pisathailand.ipst.ac.th/>





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติยา บงกชเพชร อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.2 รองศาสตราจารย์สมชาย กฤตพลวิวัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ดร.ปัทมา ภู่อวาสดี ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก

2. รายนามผู้เชี่ยวชาญ ในการสังเกตการสอนและบันทึกข้อมูลในการวิจัย

2.1 ดร.ปัทมา ภู่อวาสดี ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก

2.2 ดร.ภูมิ ประยูรโกศราช ครูชำนาญการ โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดตาก



ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลกล
2. ใบกิจกรรม
3. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
4. ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้, แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
5. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์



แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม (เล่ม 2) รหัสวิชา ว 31202 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนตากพิทยาคม จังหวัดตาก ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 4 ชั่วโมง
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ชื่อหน่วยการเรียนรู้ สภาวะสมดุล ครูผู้สอน นางสาวนันทิยา จันทร์ดี

1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

1.1 สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนต์และกฎการอนุรักษ์โมเมนต์ การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

1.2 ผลการเรียนรู้

8) อธิบายสมดุลกลของวัตถุ โมเมนต์ และผลรวมของโมเมนต์ที่มีต่อการหมุน แรงคู่ควบและผลของแรงคู่ควบที่มีต่อสมดุลของวัตถุ เขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุล และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งทดลองและอธิบายสมดุลของแรงสามแรงได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสมดุลกลของวัตถุ และสภาพสมดุลต่อการเคลื่อนที่ได้

ด้านทักษะ (P)

2. นักเรียนกำหนดเรื่องที่จะค้นหาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้

3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่ได้

4. นักเรียนระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการทำภารกิจยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์สำเร็จได้

5. นักเรียนสามารถกำหนดข้อตกลงที่ทำหายของตนเองได้

6. นักเรียนสามารถให้คำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ตามข้อตกลงที่ทำหายของตนเองในการทำภารกิจได้

7. นักเรียนสามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุ กับปริมาตรของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้

8. นักเรียนสามารถตั้งคำถาม และสืบค้นแนวทางการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่สอดคล้องกับปัญหาและข้อตกลงที่ทำหายได้
9. นักเรียนสามารถเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา และข้อตกลงที่ทำหายได้
10. นักเรียนสามารถออกแบบ และเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุที่กำหนดให้ได้อย่างครบถ้วนได้
11. นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบ โดยการทบทวนถึงจุดเด่น และจุดด้อยของการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมได้
12. นักเรียนสามารถบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม ในการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้
13. นักเรียนสามารถระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้
14. นักเรียนมีการวางแผนขั้นตอนการทำงาน และสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์อย่างละเอียดได้
15. นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ได้
16. นักเรียนสามารถวางแผนพัฒนาชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้
17. นักเรียนสามารถเขียนสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ได้
18. นักเรียนสามารถประเมินความสำเร็จของตนเอง โดยการนำข้อบกพร่องในการออกแบบ และการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

19. นักเรียนสามารถทำงานกลุ่ม ร่วมผู้อื่นได้

3.สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

สภาพสมดุล (equilibrium) คือ สภาพที่วัตถุไม่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ ซึ่งวัตถุสามารถรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมของวัตถุไว้ หากพิจารณาลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถแบ่งสภาพสมดุลได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ สมดุลต่อการเลื่อนที่ สมดุลต่อการหมุน และสมดุลสัมบูรณ์

4. สาระการเรียนรู้

สมดุลกลเป็นสภาพที่วัตถุรักษาสภาพการเคลื่อนที่ให้คงเดิมคือหยุดนิ่ง หรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวหรือหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว

วัตถุจะสมดุลต่อการเคลื่อนที่ คือ หยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวเมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์ เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

5. การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบออนไลน์

การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ

ชั่วโมงที่ 1-2

ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space (เวลา 30 นาที)

1. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ

2. ครูผู้สอนนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยประเด็นเกี่ยวกับปัญหาช่วงฤดูฝน ของหมู่บ้านแห่งหนึ่งโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบ Onsite ในห้องเรียน ควบคู่กับรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ในแพลตฟอร์ม Google Classroom ดังนี้

สถานการณ์ปัญหา

ณ หมู่บ้านภูหลวง ที่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีทุ่งหญ้าเขียวขจี มีลำธารน้ำไหลจากป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์บนสันภูเขา ที่ชื่อว่า ภูหลวง อาชีพเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ จึงเป็นอาชีพหลักของผู้คนในหมู่บ้านภูหลวงนี้ โดยเฉพาะโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองกำแพงแสน และพันธุ์ไถยวากิว (Thai Wagyu) ที่สร้างรายได้เป็นอย่างดีให้แก่ชาวบ้านนี้

ในช่วงเดือนกันยายนของทุกปี เป็นช่วงที่ประเทศไทยตกอยู่ในสถานการณ์น้ำท่วม เนื่องจากได้รับอิทธิพลมาจากพายุโซนร้อน จึงให้เกิดสถานการณ์น้ำท่วมชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างอย่างฉับพลันเป็นประจำทุกปี รวมถึงหมู่บ้านภูหลวงด้วย ที่มักจะมีน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมที่ราบลุ่มบริเวณที่เลี้ยงโคพันธุ์ของหมู่ ทำให้มีเกษตรกรเลี้ยงโค และพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์โค ติดอยู่ในพื้นที่สูง ไม่สามารถลบน้ำที่ท่วมสูงออกมาจากที่ราบลุ่มดังกล่าวได้

จากสถานการณ์ข้างต้น สมมติให้นักเรียน คือ ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างยานพาหนะทางน้ำ ที่ต้องนำความรู้เรื่อง สมดุลกล ในรายวิชาฟิสิกส์ มาใช้ออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำ จากขนม ที่สามารถลบน้ำได้ เพื่อใช้ในการบรรเทาคนและโคเนื้อออกมาด้วยแรงคนลากจูงด้วยเชือกความเร็วคงที่ ออกจากที่ราบลุ่มได้

3. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าวเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำท่วมฉับพลันชุมชนของตนเอง ในรูปแบบ Onsite และรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ห้องใหญ่

4. ครูแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน

5. ครูแจกและชี้แจงใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ในรูปแบบของ Google Doc. และให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้

5.1 สถานการณ์ปัญหา คือ

5.2 จากสถานการณ์ปัญหา ต้องการให้นักเรียนทำสิ่งใด

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว เพื่อร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นที่กำหนด ใน Google Meet กลุ่มย่อย เพื่อค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไข ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ที่จะออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำ เช่น เรือ แพ เป็นต้น โดยที่ครูเข้าสังเกตการณ์การแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหา ภายใน Google Meet กลุ่มย่อย

7. ครูตั้งคำถามนักเรียน ว่าจากปัญหาคือต้องการให้นักเรียนออกแบบ และสร้างยานพาหนะทางน้ำ ได้สำเร็จนั้น นักเรียนจำเป็นต้องใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เรื่องใดบ้าง

แนวตอบ: สภาพสมดุล สมดุลกล สมดุลต่อการเคลื่อนที่ กฎการเคลื่อนที่

8. ครูให้นักเรียนทำการสืบค้นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากรู้ และบันทึกเรื่องที่สืบค้นได้ ลงในใบกิจกรรม ในข้อ 1.3

9. ครูชักชวนนักเรียนพูดคุยโดยถามคำถาม เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเรือ แพ หรือยานพาหนะทางน้ำ เกี่ยวข้องกับสภาพสมดุลหรือไม่ และให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถาม หรือครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล

แนวตอบ: เกี่ยวข้อง ซึ่งจะมีแรงที่กระทำต่อเรือตลอดเวลาขณะที่เคลื่อนที่ คือ แรงพยุงหรือแรงลอยตัว แรงดึงดูดของโลก แรงขับ และแรงต้าน โดยที่แรงทั้ง 4 นี้ จะต้องอยู่ในสภาวะสมดุลที่เหมาะสม ไม่เช่นนั้นแล้ว เรือจะไม่สามารถลอยอยู่ในน้ำได้เลย แรงทั้ง 4 จะมีทิศทางที่ตรงข้ามกัน คือ แรงพยุงหรือแรงลอยตัว มีทิศทางตรงข้ามกับ แรงดึงดูดของโลก และแรงขับ มีทิศทางตรงข้ามกับ แรงต้าน (และตอบคำถามในใบกิจกรรมข้อที่ 1.4)



10. ครูให้นักเรียนเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อยานพาหนะทางน้ำ อย่างอิสระเมื่อยานพาหนะทางน้ำอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่ โดยระบุและแสดงทิศทางของแรงที่เกี่ยวข้องกับสมดุลต่อการเคลื่อนที่ของประเภทยานพาหนะทางน้ำ ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.5

11. ครูได้นำเสนอประเด็นท้าทาย ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการทำภารกิจของยานพาหนะทางน้ำ ในการบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยฉับพลันที่หมู่บ้านภูหลวง 1 ครั้ง ยานพาหนะทางน้ำต้องสามารถบรรทุก ได้อย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ จำนวน 1 คน

- ชาวเกษตรเลี้ยงโค	จำนวน	1	คน
- พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน	1	ตัว
- แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน	1	ตัว
- พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน	1	ตัว
- แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน	1	ตัว

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางข้อตกลงทำทาย แสดงค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยที่หมู่บ้านภูหลวง (โดย 100 กิโลกรัมในตาราง มีค่าเท่ากับ 100 กรัมจากการชั่งจริง)

ลำดับ	ชนิด (ต่อ 1 หน่วย)	มวล (กิโลกรัม)
1	นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ	60
2	เกษตรกรเลี้ยงโค	60
3	พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	180
4	แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	150
5	พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	200
6	แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	180

11. จากประเด็นทำทาย ครูให้นักเรียนร่วมกันสร้างข้อตกลงที่ทำทาย ที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน ลงในใบกิจกรรมข้อที่ 1.6 – 1.8 ดังต่อไปนี้

- ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย
- กำหนดข้อตกลงที่ทำทาย
- ให้นักเรียนเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

จากการนำข้อตกลงที่ทำทาย ที่ใช้ในการทำภารกิจอุทกภัยฉบับพื้นที่หมู่บ้านภูหลวง

12. ครูให้นักเรียนคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ กับแรงพยุง แล้วแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรมข้อ 1.9

นักเรียนสามารถขอคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space (เวลา 90 นาที)

1. ครูแนะนำ Sharing Space นักเรียนทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมถึงดาวน์โหลดใบความรู้ , รายละเอียดเกี่ยวกับค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์จากข้อตกลงที่ทำทาย , ข้อมูลรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนมชนิดต่างๆ) และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่างๆที่นักเรียนสืบค้น ได้ผ่านทาง Google Drive.

2. ครูได้แนะนำวัสดุอุปกรณ์ที่จะให้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากการสร้างของจำลองจากขนมจำพวกคุกกี้ เวเฟอร์ช็อกโกแลต เป็นต้น ที่เป็นวัสดุหลักในการใช้ออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์มาให้ให้นักเรียนดู เพื่อให้นักเรียนศึกษา คุณสมบัติของวัสดุ และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ กับแรงพยุง ที่นักเรียนแสดงวิธีคิดไว้ในข้อ 1.9

3. ครูอธิบายค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์โดย 100 กิโลกรัมในตาราง มีค่าเท่ากับก้อนมวลสมมติที่มีค่า 10 กรัม ,การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัตถุ และความหนาแน่นของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) จากความสัมพันธ์ระหว่างมวลต่อปริมาตรของวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม)

4. ครูให้นักเรียนตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่างๆ ที่นำไปสู่แนวทางการใช้ขนมต่างๆ มาออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ แล้วนำไปโพสต์ลงใน Google Drive.

5. ครูให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลต่างๆที่ นักเรียนได้โพสต์ลงใน Google Drive. แล้วนำมาใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.1

6. ครูให้นักเรียนเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนม และข้อตกลงท้าทายได้ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.2

7. ครูให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อมระบุขนาด และจำนวนที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้ครบถ้วน ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.3

8. ครูให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนมโดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.4

9. ครูให้นักเรียนทบทวนการออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่แตกต่างของสมาชิก ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงตาราง) ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.5

10. ครูให้นักเรียนบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงกรอบภาพที่กำหนดให้) ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.6

11. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสต์ภาพการออกแบบชิ้นงาน เพียง 1 การออกแบบที่สมาชิกภายในกลุ่มเห็นพ้องต้องกัน รวมถึงการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงใน Google Classroom โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการวางแผนการทำงาน การออกแบบชิ้นงานของนักเรียน

โดยระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนสามารถขอคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจาก ครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space เพื่อพัฒนาต่อยอดนวัตกรรม ปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ได้ตลอดเวลาผ่านทางแอปพลิเคชัน Line

ชั่วโมงที่ 3-4

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space (เวลา 90 นาที)

1. ให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการสร้างสรรค์ ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากชมลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.1

2. ครูชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับอุปกรณ์หลักที่จะใช้สร้างยานพาหนะทางน้ำ คือ ชมต่างๆ จำพวกคูกี้ เวเฟอร์ ช็อกโกแลต เป็นต้น ที่ครูได้ส่งกล่องอุปกรณ์และเครื่องมือ ให้แก่นักเรียนที่เรียน Onsite ที่ห้องเรียน และกลุ่มนักเรียนที่ Online ทางไปรษณีย์ โดยที่นักเรียนสามารถใช้ชมชนิดอื่นๆ ได้ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียนแต่ละกลุ่ม หรือตามความเหมาะสมในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

3. ครูส่งกล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่างๆ ให้นักเรียนทั้งกลุ่ม Onsite และ Online

4. ครูให้นักเรียนสร้างต้นแบบชิ้นงาน แล้วถ่ายภาพชิ้นงานต้นแบบที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.2

5. ครูนำนยานพาหนะทางน้ำต้นแบบ และช็อคกลางที่ทำหาย ในข้อ 1.7 มาทดสอบการลอยบนผิวน้ำ และ ทดลองออกแรงดึงด้วยเชือกด้วยความเร็วคงที่ แล้วบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.3 โดย 100 กิโลกรัมในตาราง มีค่าเท่ากับ 100 กรัมจากการชั่งจริง

6. ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มโพสต์ภาพต้นแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ใน Google Classroom เพื่อให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบชิ้นงาน ถือเป็นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ระหว่างกลุ่ม โดยครูตรวจสอบและประเมินความคืบหน้าในการสร้างต้นแบบชิ้นงานของนักเรียนครูให้นักเรียน

7. ครูให้บันทึกข้อเสนอแนะจากครู ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ที่ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบ ชิ้นงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป (มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้น ตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู) ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.4

8. ครูให้นักเรียนร่วมกันวางแผนพัฒนายานพาหนะทางน้ำให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แล้วบันทึกลงในใบ กิจกรรม ข้อที่ 3.5

9. ครูให้นักเรียนบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงกรอบ ภาพที่กำหนดให้) (มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ) ลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.6

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้าง หรือปรับปรุงชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยนักเรียนสามารถ พิจารณาสร้างชิ้นใหม่จากชิ้นงานต้นแบบ หรือจะดำเนินการสร้างต่อจากชิ้นงานต้นแบบก็ได้

11. ภาพถ่ายชิ้นงานหรือนวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการปรับปรุงชิ้นงานต้นแบบแล้ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลใส่ในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.7

โดยระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนสามารถขอคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space เพื่อพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ได้ตลอดเวลาผ่านทางแอปพลิเคชัน Line

ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space (30 นาที)

1. ครูให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่ม นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” จากขนมแล้วทำการบรรจุกล่องตามข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น นำไปลอยในน้ำ และออกแรงดึงด้วยเชือกที่ผูกติดกับตัวยานพาหนะทางน้ำ ด้วยความเร็วคงที่ ที่ครูได้เตรียมไว้ให้

2. ครูให้ตัวแทนนักเรียนในกลุ่มโพสต์ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์

3. ครูให้นักเรียนประเมินการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” ครั้งนี้ นักเรียนพบข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มหรือไม่ พร้อมบอกแนวทางแก้ไขดังกล่าว ลงในใบกิจกรรม ข้อ 4.2

4. ครูให้นักเรียนประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม จงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเอง ลงในใบกิจกรรม ข้อ 4.3

โดยระหว่างการทำกิจกรรม นักเรียนสามารถขอคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอนและผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทาง Special Advice Space เพื่อพัฒนาต่อยอดนวัตกรรมปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป ได้ตลอดเวลาผ่านทางแอปพลิเคชัน Line

9. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

9.1 สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ 2
2. เอกสารประกอบการเรียนหน่วยที่ 1 เรื่อง สภาพสมมูล ใน Google Drive
3. ใบงาน เรื่อง สภาพสมมูล ใน Google Drive
4. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ใน Google Doc.
5. กล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่างๆ (ขนม) ที่จำเป็นในสร้างต้นแบบชิ้นงาน ส่งผ่านไปรษณีย์

9.2 แหล่งการเรียนรู้

1. Google Meet
2. Google Classroom

3. Google Drive
4. แอปพลิเคชัน Line

10. การวัดและประเมินผล

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. นักเรียนสามารถเขียนอธิบายสมดุลกลของวัตถุ และสภาพสมดุลต่อการเคลื่อนที่ได้	- ตรวจสอบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	- แบบประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตอนที่ 1	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ (P) 2. นักเรียนกำหนดเรื่องที่จะค้นหาและสืบค้นข้อมูลที่ เกี่ยวข้องในการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้ 3. นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อวัตถุอิสระเมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่ได้ 4. นักเรียนระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการทำภารกิจ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ สำเร็จได้ 5. นักเรียนสามารถกำหนดข้อตกลงที่ทำหายของตนเองได้ 6. นักเรียนสามารถให้คำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ตามข้อตกลงที่ทำหายของตนเองในการทำภารกิจได้ 7. นักเรียนสามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลของวัตถุ กับปริมาตรของ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้	- ตรวจสอบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ - ตรวจสอบชิ้นงานหรือนวัตกรรม ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	- แบบประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตอนที่ 1 - แบบประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตอนที่ 2	ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
<p>8. นักเรียนสามารถตั้งคำถาม และสืบค้นแนวทางการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ที่สอดคล้องกับปัญหาและข้อตกลงที่ทำทหายได้</p> <p>9. นักเรียนสามารถเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา และข้อตกลงทำทหายได้</p> <p>10. นักเรียนสามารถออกแบบ และเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุที่กำหนดให้ อย่างครบถ้วนได้</p> <p>11. นักเรียนมีความละเอียดรอบคอบ โดยการทบทวนถึงจุดเด่น และจุดด้อยของการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมได้</p> <p>12. นักเรียนสามารถบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม ในการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้</p> <p>13. นักเรียนสามารถระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้</p> <p>14. นักเรียนมีการวางแผนขั้นตอนการทำงาน และสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์อย่างละเอียดได้</p> <p>15. นักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ได้</p>			

รายการวัดและประเมินผล	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ประเมิน
<p>16. นักเรียนสามารถวางแผนพัฒนาชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้</p> <p>17. นักเรียนสามารถเขียนสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้</p> <p>18. นักเรียนสามารถประเมินความสำเร็จของตนเอง โดยการนำข้อบกพร่องในการออกแบบ และการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้</p>			
<p>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)</p> <p>19. นักเรียนสามารถทำงานกลุ่ม ร่วมผู้อื่นได้</p>	<p>- สังเกตการณ์ทำงานกันภายในกลุ่มของนักเรียน</p>	<p>- แบบประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ตอนที่ 1</p>	



11. ความเห็นและข้อเสนอแนะของครูนิเทศ / ผู้ที่ได้รับการมอบหมาย / หัวหน้าสถานศึกษา

.....

ลงชื่อ ผู้นิเทศ
 (นางปัทมา ภู่วาสดี)

12. บันทึกผลการสอน

1) ผลการเรียนรู้

1.1) ผู้เรียนที่ผ่านตัวชี้วัด มีจำนวน คน คิดเป็นร้อยละ

1.2) ผู้เรียนที่ไม่ผ่านตัวชี้วัด มีจำนวน คน คิดเป็นร้อยละ

1 สาเหตุ

2 สาเหตุ

แนวทางแก้ปัญหา

1.3) นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษได้แก่

แนวทางการพัฒนา / ส่งเสริม

1.4) ผู้เรียนได้รับความรู้ (K)

1.5) ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการ (P)

1.6) ผู้เรียนมีคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม (A)

2) ปัญหา อุปสรรค (ถ้ามี)

3) ข้อเสนอแนะ (ถ้ามี)

ลงชื่อ ผู้สอน
 (นางสาวนันทิยา จันทร์ดี)

ข้อเสนอแนะ

ลงชื่อ ผู้นิเทศ
 (นางปัทมา ภู่วาสดี)

หน่วยที่ 4 สมดุลกล

ใบกิจกรรมที่ 1

ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์



กลุ่มที่.....สมาชิกกลุ่ม ชั้น ม.4/..... ชื่อกลุ่ม.....

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

คำสั่ง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วปฏิบัติตามขั้นตอน ทั้ง 4 ข้อ ดังนี้

สถานการณ์ เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ณ หมู่บ้านภูหลวง ที่อยู่ทางภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีทุ่งหญ้าเขียวขจี มีลำธารน้ำไหลจากป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์บนสันภูเขา ที่ชื่อว่า ภูหลวง อาชีพเกษตรกรเลี้ยงสัตว์ จึงเป็นอาชีพหลักของผู้คนในหมู่บ้านภูหลวงนี้ โดยเฉพาะโคเนื้อพันธุ์พื้นเมืองกำแพงแสน และพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu) ที่สร้างรายได้เป็นอย่างดีให้แก่ชาวบ้านนี้

ในช่วงเดือนกันยายนของทุกปี เป็นช่วงที่ประเทศไทยตกอยู่ในสถานการณ์น้ำท่วม เนื่องจากได้รับอิทธิพลมาจากพายุโซนร้อน จึงให้เกิดสถานการณ์น้ำท่วมชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างอย่างฉับพลันเป็นประจำทุกปี รวมถึงหมู่บ้านภูหลวงด้วย ที่มักจะมีน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมที่ราบลุ่มบริเวณที่เลี้ยงโคพันธุ์ของหมู่บ้าน ทำให้มีเกษตรกรเลี้ยงโค และพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์โคติดอยู่ ไม่สามารถลุยน้ำที่ท่วมสูงออกมาจากที่ราบลุ่มดังกล่าวได้

จากสถานการณ์ข้างต้น สมมติให้นักเรียน คือ ผู้เชี่ยวชาญในการสร้างยานพาหนะทางน้ำ ที่ต้องนำความรู้เรื่อง สมดุลกล ในรายวิชาฟิสิกส์ มาใช้ออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำ จากเศษไม้ที่ลอยมากับกระแสน้ำ (ขนม) ให้สามารถลอยน้ำได้ เพื่อใช้ในการบรรเทาทุกคนและโคเนื้อออกมา ด้วยแรงคนลากจูงด้วยเชือกความเร็วคงที่ ออกจากที่ราบลุ่มได้



สแกนชมคลิปวิดีโอ
สถานการณ์ที่ 1



ขั้นที่ 1 การคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space

การสร้างความคิด

- มีค่านิยมหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา

การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ

- ข้อตกลงที่ท้าทาย
- มีความอยากรู้

การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

- การระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย

1.1 สถานการณ์ปัญหา คือ

.....

1.2 จากสถานการณ์ปัญหา ต้องการให้นักเรียนทำสิ่งใด.....

.....

1.3 ให้นักเรียนกำหนดเรื่องที่จะค้นหา และสืบค้นข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ และบันทึกเรื่องที่สืบค้นได้ลงในตาราง

ชื่อสมาชิกกลุ่ม	บันทึกผลการสืบค้นเกี่ยวกับ สถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	ชื่อสมาชิกกลุ่ม	บันทึกผลการสืบค้นเกี่ยวกับ สถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์
1. ชื่อ.....		4. ชื่อ.....	
2. ชื่อ.....		5. ชื่อ.....	
3. ชื่อ.....		6. ชื่อ.....	

1.4 ให้นักเรียนสรุปความรู้ที่สับสน หรือจากการเรียนรู้ในห้องเรียนได้แล้วอธิบายหลักการทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

สมดุลของวัตถุ คือ

.....

สภาพสมดุลต่อการเคลื่อนที่ คือ.....

.....

1.5 จงเขียนแผนภาพของแรงที่กระทำต่อยานพาหนะทางน้ำ เมื่อยานพาหนะทางน้ำอยู่ในสมดุลต่อการเคลื่อนที่



ประเด็นท้าทาย ดังต่อไปนี้

ความสามารถในการทำภารกิจของยานพาหนะทางน้ำ ในการบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยที่หมู่บ้านภูหลวง 1 ครั้ง ยานพาหนะทางน้ำต้องสามารถบรรทุก ได้อย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ	จำนวน	1	คน
- ชาวเกษตรกรเลี้ยงโค	จำนวน	1	คน
- พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน	1	ตัว
- แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน	1	ตัว
- พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน	1	ตัว
- แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน	1	ตัว

โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางข้อตกลงท้าทาย แสดงค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยที่หมู่บ้านภูหลวง โดย 100 กิโลกรัมในตาราง มีค่าเท่ากับ 100 กรัมจากการชั่งจริง

ลำดับ	ชนิด (ต่อ 1 หน่วย)	มวล (กิโลกรัม)
1	นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ	60
2	เกษตรกรเลี้ยงโค	60
3	พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	180
4	แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	150
5	พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	200
6	แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	180

1.6 ให้นักเรียนระบุรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ในการทำภารกิจช่วยเหลือออกมาจากเหตุสถานการณ์อุทกภัยที่หมู่บ้านภูหลวง คือ.....

.....

.....



1.7 ให้นักเรียนกำหนดข้อตกลงที่ทำหาย สิ่งที่นักเรียนจะนำขึ้นยานพาหนะทางน้ำ เพื่อทำภารกิจนำออกมาจากเหตุสถานการณ์อุทกภัยที่หุบเขาภูหลวง

- นักเรียนคนขับและบังคับยานพาหนะทางน้ำ	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม
- ชาวเกษตรกรเลี้ยงโค	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม
- พ่อพันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม
- แม่พันธุ์โคเนื้อพื้นเมืองกำแพงแสน	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม
- พ่อโคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม
- แม่โคพันธุ์ไทยวากิว (Thai Wagyu)	จำนวน.....ตัว มวล.....กิโลกรัม

รวมมวลทั้งหมด.....กิโลกรัม

1.8 จงเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากข้อตกลงที่ทำหายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น ในข้อ 1.7

.....

.....

.....

1.9 จงคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล กับปริมาตรของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากข้อตกลงที่ทำหายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น ในข้อ 1.7

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing Space

การสร้างความคิด

- มีการสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
- การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์

การออกแบบและการปรับแต่งความคิด

- มีการอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน
- มีการทบทวน

การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

- มีบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม

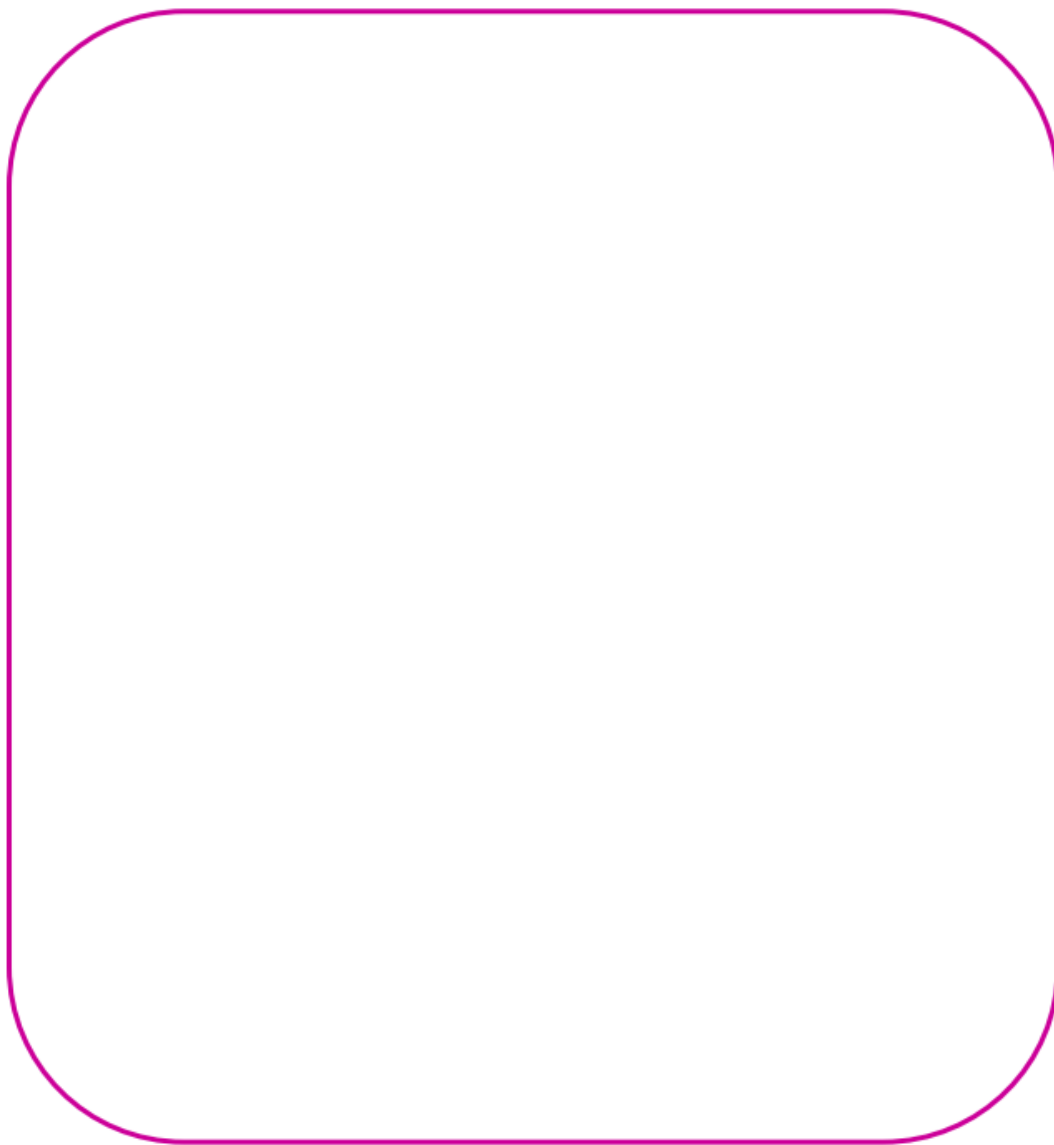
การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

- มีการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน

2.1 ให้นักเรียนตั้งคำถาม เกี่ยวกับการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) และสืบค้นหาคำตอบ จากในโพสต์ Google Drive

คำถามเกี่ยวกับการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนม	บันทึกการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ที่ได้จาก Google Classroom (Spotlight Space)
1.	เรื่อง ที่มา สรุปที่ได้จากการสืบค้น
2.	เรื่อง ที่มา สรุปที่ได้จากการสืบค้น
3.	เรื่อง ที่มา สรุปที่ได้จากการสืบค้น
4.	เรื่อง ที่มา สรุปที่ได้จากการสืบค้น

2.2 ให้นักเรียนเขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา การออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) และข้อตกลงทำทนาย



2.3 ให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อมระบุขนาด และจำนวนที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ
บรรเทาทุกข้อให้ครบถ้วน

.....

.....

.....

.....

.....

2.4 ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข้อ จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม)
พร้อมทั้งเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานอย่างละเอียด (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น
ให้แคปรูปลงตาราง)

ชื่อสมาชิก	ภาพการออกแบบ	รายละเอียดของชิ้นงาน
1. ชื่อ.....		
1. ชื่อ.....		
1. ชื่อ.....		
4. ชื่อ.....		
5. ชื่อ.....		
6. ชื่อ.....		

2.5 ให้นักเรียนทบทวนถึงจุดเด่น และจุดด้อยของการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) แล้วบันทึกถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงตาราง)

ชื่อสมาชิก	ภาพการออกแบบ	จุดเด่น	จุดด้อย
1. ชื่อ.....			
1. ชื่อ.....			
1. ชื่อ.....			
4. ชื่อ.....			
5. ชื่อ.....			
6. ชื่อ.....			

2.6 ให้นักเรียนบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม ได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ของกลุ่มตามความเห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานให้ครบถ้วน (ถ้า นักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แคปรูปลงกรอบภาพที่กำหนดให้)

รายละเอียดของชิ้นงาน

ขั้นที่ 3 การพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space

การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์

- การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด
- สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ (ตอนที่ 2 จากการตรวจชิ้นงาน)

การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

- การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

3.1 ให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการแบ่ง
สร้างสรรค์ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม)

ข้อที่	ขั้นตอนการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	ชื่อสมาชิกที่รับผิดชอบ
1		
2		
3		
4		
5		
6		

3.2 ให้นักเรียนแนบภาพถ่ายชิ้นงานต้นแบบที่กลุ่มนักเรียนสร้างขึ้น ในกรอบที่กำหนดให้

3.3 ให้นักเรียนนำยานพาหนะทางน้ำต้นแบบ และข้อตกลงที่ทำหาย ในข้อ 1.7 มาทดสอบการลอยบนผิวน้ำ แล้วบันทึกผลจากการทดสอบประสิทธิภาพ

.....

.....

3.4 ให้นักเรียนบันทึกข้อเสนอแนะจากครู ผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ที่ได้แสดงความคิดเห็นในต้นแบบ ชิ้นงาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป (มีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานดีขึ้นตามข้อเสนอแนะจากเพื่อนและครู)

ชื่อผู้ให้ข้อมูล	ข้อเสนอแนะในชิ้นงานต้นแบบ

3.5 ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนพัฒนายานพาหนะทางน้ำให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยระบุสิ่งที่ต้องปรับปรุงพัฒนา และแนวทางการปรับปรุงพัฒนา

สิ่งที่	สิ่งที่ต้องปรับปรุง/พัฒนา	แนวทางการปรับปรุง/พัฒนา
1		
2		
3		

3.6 ให้นักเรียนบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน (ถ้านักเรียนออกแบบในรูปแบบของโปรแกรมอื่น ให้แนบรูปภาพลงในกรอบที่กำหนดให้) (มีการปรับปรุง/เปลี่ยนแปลงชิ้นงานเพื่อให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดได้สำเร็จ)

.....

.....

.....

.....

3.7 ภาพถ่ายชิ้นงานหรือนวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนม ที่กลุ่มนักเรียนที่ผ่านการปรับปรุง
ชิ้นงานต้นแบบแล้ว



ขั้นที่ 4 การพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space

การควบคุมและการสะท้อนตนเอง

- มีการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน
- การประเมินความสำเร็จของตนเอง

4.1 ให้นักเรียนแนบภาพชิ้นงานหรือนวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากชมระหว่างนำไปลอยในน้ำ

4.2 ในการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” ครั้งนี้ นักเรียนพบข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มหรือไม่ บอกแนวทางแก้ไขดังกล่าว เพื่อเป็นการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานของกลุ่มตนเอง

.....

.....

.....

4.3 จงให้คะแนนความสำเร็จของการทำงานกลุ่มของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม

- 3 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 2 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
- 1 คะแนน หมายถึง น้อย

เพราะเหตุใด

.....

.....

แบบประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ตอนที่ 1 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจากการทำใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจากการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

รายการประเมิน (ข้อ)						
พฤติกรรมการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม		ระดับ				รวม
		ขั้นริเริ่ม	ขั้นพื้นฐาน	ขั้นชำนาญ	ขั้นสูง	
		1	2	3	4	
		คะแนน	คะแนน	คะแนน	คะแนน	
ตอนที่ 1 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจากการทำใบกิจกรรม						
1.การสร้างความคิด	1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา					
	1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา					
	1.3 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์					
2. การออกแบบและมีความละเอียดรอบคอบ	2.1 การอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน					
	2.2 การทบทวน					
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	3.1 ความอยากรู้					
	3.2 ข้อตกลงที่ท้าทาย					

รายการประเมิน (ข้อ)						
พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม		ระดับ				รวม
		ขั้นริเริ่ม 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน	
ตอนที่ 1 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงออกจากการสร้างชิ้นงาน						
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	4.1 บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม					
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	5.1 การระบุนายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมาย					
	5.2 การระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน					
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	5.3 การวางแผนขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด					
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง	6.1 การสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงาน					
	6.2 การวางแผนพัฒนาให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น					
	6.3 การประเมินความสำเร็จของตนเอง					

รายการประเมิน (ข้อ)						
พฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม		ระดับ				รวม
		ชั้นริเริ่ม	ชั้นพื้นฐาน	ชั้นชำนาญ	ชั้นสูง	
		1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน	4 คะแนน	
ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในพฤติกรรมที่แสดงจากการสร้างชิ้นงานและนวัตกรรม						
1. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	1.1 สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้					
รวม คะแนนตอนที่ 1						
รวม คะแนนตอนที่ 2						
รวมคะแนนทั้งหมด						
คะแนนเฉลี่ย						
ระดับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม						

เกณฑ์ระดับการประเมิน

- คะแนนเฉลี่ย 3.01 - 4.00 หมายถึง ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมชั้นสูง
 คะแนนเฉลี่ย 2.01 - 3.00 หมายถึง ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมชั้นชำนาญ
 คะแนนเฉลี่ย 1.01 - 2.00 หมายถึง ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมชั้นพื้นฐาน
 คะแนนเฉลี่ย 0.01 - 1.00 หมายถึง ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมชั้นริเริ่ม

ลงชื่อ.....
 (.....)

เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบ

ความคิดสร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
1. การสร้างความคิด				
1.1 คำนิยามหรือคำจำกัดความเกี่ยวกับปัญหา (ข้อ 1.8)	ระบุปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายที่ต้องการด้วยวิธีการที่สร้างสรรค์ (นักเรียนระบุว่าเกิดเหตุการณ์อุทกภัยทางน้ำที่หมู่บ้านหลวงโดยต้องการช่วยเหลือข้อดกลางที่ท้าทายโดยระบุจำนวนมวลทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมขั้นต่ำอย่างละเอียดจำนวน 1 อย่าง โดยการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์)	อธิบายลักษณะของปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทาย ระบุข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองต่อข้อดกลางที่ท้าทาย (นักเรียนระบุว่าเกิดเหตุการณ์อุทกภัยทางน้ำที่หมู่บ้านหลวงจากน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมชุมชน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนประจำทุกปีโดยต้องการช่วยเหลือข้อดกลางที่ท้าทายโดยระบุจำนวนมวลทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมขั้นต่ำอย่างละเอียดจำนวน 1 อย่างโดยการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์)	ระบุขอบเขตของปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายรวมทั้งโครงสร้าง ข้อจำกัด ระบุปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายโดยการตรวจสอบผ่านมุมมองต่างๆ (นักเรียนระบุว่าเกิดเหตุการณ์อุทกภัยทางน้ำที่หมู่บ้านหลวงจากน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมชุมชน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนประจำทุกปีโดยต้องการช่วยเหลือข้อดกลางที่ท้าทายโดยระบุจำนวนมวลทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมมากกว่าจำนวนขั้นต่ำอย่างละเอียดจำนวน 1 อย่างโดยการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์)	วางแนวปัญหาใหม่หรือข้อดกลางที่ท้าทายโดยใช้คำอุปมาหรือการเปรียบเทียบเพื่อแสดงทิศทางชัดเจนเกี่ยวกับวิธีการในการสร้างสรรค์ ขั้นงาน (นักเรียนระบุว่าเกิดเหตุการณ์อุทกภัยทางน้ำที่หมู่บ้านหลวงจากน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมชุมชน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อนประจำทุกปีโดยต้องการช่วยเหลือข้อดกลางที่ท้าทายโดยระบุจำนวนมวลทั้งหมดในหน่วยกิโลกรัมมากกว่าจำนวนขั้นต่ำอย่างละเอียดจำนวน 1 อย่างโดยการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด คือ ขนม)

ความคิดสร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
1.2 การสร้างแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (ข้อ 2.2)	เขียนแนวคิด หรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องสภาพสมดุล หรือสมดุลต่อการเคลื่อนที่	สร้างแนวคิดใหม่ จากปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายโดยเขียนแนวคิดหรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล หรือสมดุลต่อการเคลื่อนที่	สร้างความคิดที่ จากปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายโดยเขียนแนวคิดหรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล หรือสมดุลต่อการเคลื่อนที่ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าน้ำหนักและแรงพยุงหรือแรงลอยตัวของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	สร้างความคิดที่ จากปัญหาหรือข้อดกลางที่ท้าทายโดยเขียนแนวคิดหรือแผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมดุล หรือสมดุลต่อการเคลื่อนที่ โดยแสดงความสัมพันธ์ของค่ามวลกับปริมาตรที่จะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ในการออกแบบสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงพยุงหรือแรงลอยตัว และระบุประเภทของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์
1.3 การสำรวจความคิดอย่างสร้างสรรค์ (ข้อ 2.1)	อธิบายความคิดของตนเอง และแนวคิดของเพื่อนในกลุ่ม ถึงวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางในการบรรลุความสำเร็จ	ค้นคว้าความคิดของผู้อื่น ถึงวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางในการตอบสนองข้อดกลางที่ท้าทาย	ค้นคว้าตัวอย่าง หรือแบบอย่างที่มีมาก่อน ถึงวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางในการตอบสนองข้อดกลางที่ท้าทาย และการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้	ตั้งคำถาม และสืบค้นแนวทางการออกแบบ และสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ที่สอดคล้องกับปัญหาและข้อดกลางที่ท้าทายได้

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
2. การออกแบบและความละเอียดรอบคอบ				
2.1 การ อธิบาย รายละเอียด ของชิ้นงาน (ข้อ 2.4)	เขียนอธิบายรายละเอียดของ ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์	เขียนอธิบายรายละเอียด ขนาดของ แต่ละส่วนของชิ้นงานยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์	เขียนอธิบายรายละเอียด ขนาดของ แต่ละส่วนของชิ้นงานยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์ หรืออัตราส่วนที่ ออกแบบ โดยแสดงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ เลือกใช้เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล หรือ สมดุลต่อการเลื่อนที่	เขียนอธิบายรายละเอียด ขนาดของ แต่ละส่วนของชิ้นงานยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์ หรืออัตราส่วนที่ ออกแบบ โดยแสดงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ เลือกใช้เกี่ยวข้องกับเรื่อง สมดุลกล หรือ สมดุลต่อการเลื่อนที่ และระบุ ขอบเขตของค่ามวลกับปริมาตรที่ จะต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ในการออกแบบสร้างจาก ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรง พยุหรือแรงลอยตัว
2.2 การ ทบทวน (ข้อ 2.5)	ออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ เพื่อนำไปสู่การ ผลิตจริง	ออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์ จากข้อเสนอแนะที่ เฉพาะเจาะจง	ออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์หลายแบบ และมีการ ปรับแต่ง การออกแบบ จาก ข้อเสนอแนะที่เฉพาะเจาะจง	ออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์หลายแบบ แล้วมีการ ปรับแต่งการออกแบบ จากการ วิเคราะห์ถึงจุดเด่น และจุดด้อย ใน การออกแบบ

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
3. การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ				
3.1 ความ อยากรู้ (ข้อ 1.3)	ถามคำถามเกี่ยวกับงาน กระบวนการ หรือแนวคิด	พยายามขยายความเข้าใจด้วยการตั้ง คำถามลองใช้แนวทางใหม่ๆ และ/ หรือพิจารณาแนวคิดใหม่ๆ	แสวงหาและพิจารณาความคิดที่ไม่ คุ้นเคยด้วยใจที่เปิดกว้างระงับการ ประเมินความคิดจนกว่าจะมีการ สำรวจอย่างละเอียด	กำหนดเรื่องที่จะค้นหา และทำการ สืบค้นและสำรวจแนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวข้องสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์
3.2 ข้อตกลงที่ ท้าทาย (ข้อ 1.7)	กำหนดสิ่งที่จะช่วยเหลือโดยการนำ ชิ้นงานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยระบุจำนวนขั้นต่ำ อย่างละ จำนวน 1 อย่าง (จำนวนมวล ทั้งหมด 830 กิโลกรัม)	กำหนดสิ่งที่จะช่วยเหลือโดยการนำ ชิ้นงานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยระบุจำนวนมากกว่าขั้นต่ำ อย่าง ละ จำนวน 1 อย่าง (จำนวนมวล ทั้งหมด 831-950 กิโลกรัม)	กำหนดสิ่งที่จะช่วยเหลือโดยการนำ ชิ้นงานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยระบุจำนวนมากกว่าขั้นต่ำ อย่าง ละ จำนวน 1 อย่าง (จำนวนมวล ทั้งหมด 951-1,160 กิโลกรัม)	กำหนดสิ่งที่จะช่วยเหลือโดยการนำ ชิ้นงานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยระบุจำนวนมากกว่าขั้นต่ำ อย่าง ละ จำนวน 1 อย่าง (จำนวนมวล ทั้งหมดมากกว่า 1,160 กิโลกรัม)

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
4. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์				
4.1 บุคลากร ของความคิด กับสมาชิก ภายในกลุ่ม (ข้อ 2.6)	ตีความความคิดของตัวเอง และ สรุปความคิดเห็นของสมาชิกภายใน กลุ่ม จากการออกแบบยานพาหนะ ทางน้ำบรรเทาทุกข์	รวมความคิดของตัวเองกับคิดเห็น ของสมาชิกภายในกลุ่ม จากการ ออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์	ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่าง ความคิด จากการออกแบบหลาย แบบของสมาชิกภายในกลุ่ม เพื่อที่จะนำมาออกแบบชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ใหม่	นำจุดเด่น ที่ได้จากการออกแบบ หลายแบบของสมาชิกในกลุ่ม ทำให้ เกิดการเชื่อมโยงระหว่างความคิด ของสมาชิกในกลุ่ม แล้วออกแบบ เพื่อที่จะนำมาออกแบบชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ใหม่
5. การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์				
5.1 การระบุ รายละเอียด เกี่ยวกับ กลุ่มเป้าหมาย (ข้อ 1.6)	ระบุรายละเอียด เกี่ยวกับ กลุ่มเป้าหมาย (สร้างยานพาหนะ ทางน้ำเพื่อใช้ช่วยเหลือเกษตรกร และพ่อแม่พันธุ์โคจากอุทกภัยที่ หมู่บ้านภูหลวง)	ปรับความคิดเดิมลงชิ้นงานที่ เกี่ยวข้องกับกลุ่มเป้าหมาย (สร้าง ยานพาหนะทางน้ำที่สามารถเพื่อใช้ ช่วยเหลือเกษตรกร และพ่อแม่พันธุ์ โค ได้จำนวนชิ้นต่ำ อย่างละ จำนวน 1 อย่าง หรือจำนวนมวลทั้งหมด 830 กิโลกรัม จากอุทกภัยที่หมู่บ้านภู หลวง)	ปรับความคิดเดิมอย่างมี ประสิทธิภาพลงในชิ้นงานที่ตรงกับ ความต้องการหรือความสนใจของ กลุ่มเป้าหมาย (สร้างยานพาหนะทาง น้ำที่สามารถเพื่อใช้ช่วยเหลือ เกษตรกร และพ่อแม่พันธุ์โค ได้ มากกว่าชิ้นต่ำ อย่างละ จำนวน 1 ค่าง หรือจำนวนมวลทั้งหมด 951-	พิจารณาหลายมุมมองของ กลุ่มเป้าหมาย ปรับแนวคิดเพื่อให้ เหมาะกับกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่าง กัน กลุ่มเป้าหมาย (สร้างยานพาหนะ ทางน้ำที่สามารถเพื่อใช้ช่วยเหลือ เกษตรกร และพ่อแม่พันธุ์โค ได้ มากกว่าชิ้นต่ำ อย่างละ จำนวน 1 ค่าง หรือจำนวนมวลทั้งหมด

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
			1,160 กิโลกรัมจากอุทกภัยที่หมู่บ้าน ภูหลวง)	มากกว่า 1,160 กิโลกรัมจากอุทกภัย ที่หมู่บ้านภูหลวง)
5.2 การระบุ วัสดุอุปกรณ์ที่ ใช้ในการสร้าง ชิ้นงาน (ข้อ 2.3)	ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับ การสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์	ระบุจำนวน และวัสดุอุปกรณ์ ที่ จำเป็นสำหรับการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	ระบุจำนวน ,วัสดุอุปกรณ์ และ ประเภท หรือลักษณะเฉพาะของ วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น (ขนม) สำหรับ การสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์	ระบุจำนวน ,วัสดุอุปกรณ์ ,ประเภท หรือลักษณะเฉพาะ และการ ปรับแต่งหรือการรวมกันของวัสดุ อุปกรณ์ที่จำเป็น (ขนม) สำหรับการ สร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์
5.3 การ วางแผน ขั้นตอนการ ทำงานอย่าง ละเอียด (ข้อ 3.1)	อธิบายข้อกำหนดของการสร้าง ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์	ให้ข้อมูลขั้นตอนทั่วไป หรือวาง แผนการทำงานเพื่อให้เป็นไปตาม ข้อกำหนดของการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์	ให้ข้อมูลขั้นตอนทั่วไป หรือวาง แผนการทำงานเพื่อให้เป็นไปตาม ข้อกำหนดของการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดย แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่ม ที่ชัดเจน	ให้ข้อมูลโดยวิเคราะห์ส่วนประกอบ หรือวางแผนการทำงานเพื่อให้ เป็นไปตามข้อกำหนดของการสร้าง ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์ โดยแบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบ ภายในกลุ่มที่ชัดเจน

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
5.4 สามารถ สร้างชิ้นงานได้ ตามแบบที่ได้ ออกแบบไว้ (ข้อ 4.1)	ได้ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ ประเภททุกซ์	ทำให้ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ ประเภททุกซ์เสร็จสิ้นตามหลักความ ต้องการของแผน	ทำให้ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ ประเภททุกซ์เสร็จสิ้นตามหลักความ ต้องการของแผนที่เกิดจากการแบ่ง หน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่มที่ ชัดเจน	จัดทำชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ ประเภททุกซ์ตามแผนที่เกิดจากการ แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบภายในกลุ่ม ที่ชัดเจน และตรงตามข้อกำหนด ทั้งหมดโดยทำการเปลี่ยนแปลงตาม ความจำเป็น
6. การควบคุมและการสะท้อนตนเอง				
6.1 การ สะท้อนถึง คุณภาพของ ชิ้นงาน (ข้อ 4.2)	ระบุจุดแข็งและจุดอ่อนของตัวเอง ในกระบวนการสร้าง หรือชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์	ประเมินคุณภาพของประสิทธิภาพ และความคิดสร้างสรรค์ ใน กระบวนการสร้าง หรือชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์	สะท้อนถึงคุณภาพ การใช้งาน และ การสะท้อนข้อคิดเห็นเพื่อแก้ไข ความคิดหรือชิ้นงานยานพาหนะทาง น้ำประเภททุกซ์	วิพากษ์ วิเคราะห์ กระบวนการ สร้างสรรค์ของตัวเอง หรือชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์ และ ประเมินความคิดสร้างสรรค์ตลอด กระบวนการ จากข้อเสนอแนะที่ได้ จากเพื่อน ,ครู และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อ การพัฒนา.

ความคิด สร้างสรรค์ และ นวัตกรรม	ขั้นเริ่มต้น 1 คะแนน	ขั้นพื้นฐาน 2 คะแนน	ขั้นชำนาญ 3 คะแนน	ขั้นสูง 4 คะแนน
6.2 การวางแผนพัฒนา ให้เกิด ประสิทธิภาพ ที่ดีขึ้น (ข้อ 3.5)	กำหนดข้อตกลงที่ทำหายใหม่	ตั้งเป้าหมายสำหรับประสิทธิภาพ ตามข้อเสนอแนะหรือเกณฑ์ที่ กำหนด	ค้นหาเลือกและใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ และความรู้ที่เกี่ยวข้อง เรื่อง สมดุลกล หรือสมดุลต่อการเลื่อนที่ เพื่อให้ บรรลุเป้าหมายในการปรับปรุง ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำประเภท ทุกซ์	วิเคราะห์รูปแบบการรื้อก่อนหน้า เพื่อปรับปรุงใหม่จากวัสดุ อุปกรณ์ที่มีอยู่ และนำความรู้ที่เกี่ยวข้อง เรื่อง สมดุลกล หรือสมดุลต่อการ เลื่อนที่ มาสร้างเพื่อให้บรรลุ เป้าหมายในการปรับปรุงชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์
6.3 การ ประเมิน ความสำเร็จ ของตนเอง (ข้อ 4.3)	อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ความพยายามในการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์ และการทำภารกิจที่หมู่บ้านภูหลวง ความสำเร็จ	แสดงให้เห็นถึงความปรารถนาที่จะ ปรับปรุงสร้างชิ้นงานยานพาหนะ ทางน้ำประเภททุกซ์ และการทำ ภารกิจที่หมู่บ้านภูหลวงความสำเร็จ	แสดงให้เห็นถึงการเติบโตความคิด เพื่อตอบสนองต่อความท้าทายและ ความท้าทาย ในการสร้างชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำประเภททุกซ์และ การทำภารกิจที่ หมู่บ้านภูหลวง ความสำเร็จ	แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงจุดอ่อน ของกลุ่มตัวเอง เพื่อเพิ่มการเติบโต ทางความคิด หรือประสิทธิภาพ เช่น ความเพียร, การตัดสินใจที่มี ประสิทธิภาพ, ภาระต้อหรือค้นหา ข้อเสนอแนะของผู้อื่น ,การสืบค้น และการใช้แหล่งข้อมูลภายนอกใน การสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ ประเภททุกซ์และการทำภารกิจที่ หมู่บ้านภูหลวงความสำเร็จ

**แบบประเมินความเหมาะสมแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)**

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ด้วยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เพื่อส่งเสริมการส่งเสริมคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ และส่วนที่ 2 ประเมินแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

โปรดพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้และแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบการใช้ภาษา ความถูกต้องของเนื้อหาตามหลักวิชาการ เสนอความคิดเห็น และประเมินว่ามีความเหมาะสมในด้านต่างๆ ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด | 4 หมายถึง เหมาะสมมาก |
| 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง | 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย |
| 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด | |

ส่วนที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1. สารสำคัญ							
1.1	การเขียนสารสำคัญในแผนกระชับ ครอบคลุม สอดคล้องตามเนื้อหาสาระ						
2. จุดประสงค์การเรียนรู้							
2.1	สอดคล้องกับเนื้อหา						
2.2	มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย						
2.3	สอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม						
2.4	สามารถประเมินผลได้						

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
3. เนื้อหา							
3.1	สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
3.2	เนื้อหาในแผนถูกต้องและสอดคล้องตามหลักวิชาการ						
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้							
4.1	กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้						
4.2	การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ เหมาะสมกับเนื้อหาการออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุทกภัยทางน้ำ						
	4.2.1 ชั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space สามารถนำประเด็นปัญหา มาเป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านทาง Google Meet แล้วทำให้ผู้เรียนได้ร่วมค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไขซึ่งต้องเป็นปัญหาที่นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน						
	4.2.2 ชั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจตีความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง โดยทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่างๆ แล้วนำโพสต์ลงใน Google Drive.						
	4.2.3 ชั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างต้นแบบชิ้นงานจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียน และกล่องเครื่องมือหรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่างๆ ที่จำเป็นที่ผู้วิจัยจัดส่งให้ผ่านทางไปรษณีย์ ได้เกิดกระบวนการคิดและออกแบบสร้าง และทำการทดสอบ						

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	4.2.4 ชั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space สามารถส่งเสริมผู้เรียนได้ทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำเอาผลงานหรือชิ้นงานไปใช้จริงในบริบทปัญหาจริง และโพสต์ชิ้นงานสู่สาธารณะผ่านทาง Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์						
	4.2.5 ช่องทาง Special Advice Space สามารถส่งเสริมผู้เรียนได้รับคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทางแอปพลิเคชัน Line						
4.3	การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond Design ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม						
4.4	กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ						
4.5	กิจกรรมมีลำดับกระบวนการและกิจกรรมการเรียนรู้เป็นขั้นตอน						
4.6	จำนวนชั่วโมงในการทำกิจกรรมมีความเหมาะสมของเวลาที่ใช้						
4.7	ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน						
4.8	กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน						
4.9	ภาพรวมของแผนการจัดการเรียนรู้						
5. สื่อ แหล่งเรียนรู้ และการจัดเมคเกอร์สเปซ							
5.1	สื่อแหล่งเรียนรู้ สอดคล้องกับจุดประสงค์ และเนื้อหาที่เรียน						
5.2	สื่อแหล่งเรียนรู้ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
5.3	ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อ						
5.4	สื่อที่ใช้ประกอบการสอนมีความเหมาะสม						
5.5	การจัดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้						

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
	5.5.1 Study Space ผ่านทาง Google Meet สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
	5.5.2 Sharing Space ผ่านทาง Google Drive สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
	5.5.3 Safe Box Space การจัดส่งวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นให้ผ่านทางไปรษณีย์ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
	5.5.4 Spotlight Space ผ่านทาง Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
	5.5.5 Special Advice Space ผ่านทางผ่านทางแอปพลิเคชัน Line สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้						
6. กระบวนการวัดและประเมินผล							
6.1	วิธีวัดและประเมินตามสภาพจริงอย่างครอบคลุม						
6.2	สามารถวัดและประเมินตามสภาพจริงอย่างครอบคลุม						
6.3	มีเกณฑ์การวัดที่ชัดเจนและเป็นไปได้						
6.4	สามารถวัดและประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ครอบคลุมเหมาะสม						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

โดยภาพรวมคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับ

เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อยที่สุด

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ด้านภาษาและด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของแผนการจัดการเรียนรู้ และประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การประเมินค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ท โดยปรับจากเกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 102-103) ดังนี้

- 5 คะแนน เมื่อเห็นว่าย่างดีประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 คะแนน เมื่อเห็นว่าย่างดีประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมาก
- 3 คะแนน เมื่อเห็นว่าย่างดีประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 คะแนน เมื่อเห็นว่าย่างดีประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อย
- 1 คะแนน เมื่อเห็นว่าย่างดีประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด คำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

- 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 3.51-4.50 คะแนน หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
- 2.51-3.50 คะแนน หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
- 1.51-2.50 คะแนน หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

เกณฑ์การตัดสินผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต้องมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม

ตาราง แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ด้วยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ				เฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	รวม			
ข้อที่ 1.1	5	4	5	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด
ข้อที่ 2.1	5	4	5	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด

รายการ ประเมิน ข้อที่	ระดับความเหมาะสมจาก ผู้เชี่ยวชาญ				เฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	รวม			
2.2	4	4	5	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
2.3	4	4	5	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
2.4	4	4	5	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
3.1	5	4	5	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด
3.2	5	3	4	12	4.00	0.71	เหมาะสมมาก
4.1	4	3	4	11	3.67	0.24	เหมาะสมมาก
4.2	4	3	4	11	3.67	0.24	เหมาะสมมาก
4.2.1	4	3	4	11	3.67	0.24	เหมาะสมมาก
4.2.2	4	3	4	11	3.67	0.24	เหมาะสมมาก
4.2.3	3	5	4	12	4.00	0.71	เหมาะสมมาก
4.2.4	3	5	4	12	4.00	0.71	เหมาะสมมาก
4.2.5	4	5	4	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
4.3	5	5	4	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด
4.4	5	5	4	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด
4.5	3	4	4	11	3.67	0.47	เหมาะสมมาก
4.6	5	4	4	13	4.33	0.47	เหมาะสมมาก
4.7	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.8	4	4	4	12	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
4.9	4	5	4	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
5.1	4	5	4	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
5.2	5	5	4	14	4.67	0.24	เหมาะสมมากที่สุด
5.3	4	5	4	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก
5.4	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.5	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.5.1	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.5.2	4	4	5	13	4.33	0.24	เหมาะสมมาก

รายการ ประเมิน ข้อที่	ระดับความเหมาะสมจาก ผู้เชี่ยวชาญ				เฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	รวม			
5.5.3	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.5.4	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
5.5.5	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
6.1	5	5	5	15	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6.2	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
6.3	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
6.4	4	5	5	14	4.67	0.47	เหมาะสมมากที่สุด
รวม				444	4.35	0.33	เหมาะสมมาก

ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ด้วยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 (ไม่เกิน 1.00)



ส่วนที่ 2 แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
		5	4	3	2	1	
1.	มีการเขียนคำชี้แจงที่เข้าใจง่ายและชัดเจน						
2.	มีการกำหนดหัวข้อในการบันทึกสอดคล้องกับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้						
3.	มีการบอกรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้						
4.	มีข้อความที่ชัดเจน นำไปสู่การสะท้อนการจัดการเรียนรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์						
5.	มีการลำดับขั้นตอนการบันทึกของข้อความ						
6.	ครอบคลุม และสามารถสะท้อนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ						
7.	สอดคล้องกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม						
8.	มีหัวข้อในการสรุปปัญหา/แนวทางการแก้ไขที่ชัดเจน						
9.	สามารถได้ข้อสรุปที่นำไปสู่การพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในวงรอบถัดไป						

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

โดยภาพรวมคุณภาพแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในระดับ

เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อยที่สุด

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยและผู้สังเกต ซึ่งเป็นครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี ใช้ในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนแล้ว เพื่อบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ จุดเด่น จุดด้อย ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1. สร้างแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งลักษณะของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้เป็นการให้ผู้วิจัยและครูผู้เชี่ยวชาญเขียนบรรยายสภาพปัญหา ข้อดี และข้อที่ควรปรับปรุงจากการสังเกตพฤติกรรมกรรมการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3. นำแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4. นำแบบสะท้อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และ 3) ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสม

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาลงความเห็นตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ซึ่งปรับปรุงจากแบบประเมินผลการวิจัยและเกณฑ์การประเมินผลของบุญชม ศรีสะอาด (2554) ตามเกณฑ์ประเมินความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ระดับ ดังนี้

- 5 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมากที่สุด
- 4 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมมาก
- 3 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมปานกลาง
- 2 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อย
- 1 คะแนน เมื่อเห็นว่าองค์ประกอบนั้น ๆ มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

นำผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด คำนวณหาค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554) ดังนี้

- 4.51-5.00 คะแนน หมายถึง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51-4.50 คะแนน หมายถึง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก

2.51-3.50 คะแนน หมายถึง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง

1.51-2.50 คะแนน หมายถึง แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย

เกณฑ์การตัดสินผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญต้องมีเกณฑ์ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.51 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 คะแนน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสม

ตาราง แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลต่อการเลื่อนที่ ด้วยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ				เฉลี่ย	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	ข้อที่	1	2	3			
1	5	5	5	15	5.00	0	มีความเหมาะสมมากที่สุด
2	5	5	5	15	5.00	0	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3	5	5	5	15	5.00	0	มีความเหมาะสมมากที่สุด
4	4	5	5	14	4.67	0.58	มีความเหมาะสมมากที่สุด
5	4	3	4	11	3.67	0.58	มีความเหมาะสมมาก
6	3	3	4	10	3.33	0.58	มีความเหมาะสมปานกลาง
7	3	4	4	11	3.67	0.58	มีความเหมาะสมมาก
8	4	4	5	13	4.33	0.58	มีความเหมาะสมมาก
9	4	4	5	13	4.33	0.58	มีความเหมาะสมมาก
รวม				117	4.33	0.29	มีความเหมาะสมมาก

ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สมดุลต่อการเลื่อนที่ ด้วยกิจกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 (ไม่เกิน 1.00)

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถาม
 ในแบบบันทึกการทำกิจกรรม เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 (สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับแบบบันทึกการทำกิจกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถามในแบบบันทึกการทำกิจกรรม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รายการประเมินเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับแบบบันทึกการทำกิจกรรม แบ่งตามระดับค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง "คะแนนการพิจารณาความสอดคล้อง" ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้น ไม่สอดคล้อง กับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้น สอดคล้อง กับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้น สอดคล้อง กับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม หากมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม กรุณาเขียนลงในช่องว่างที่กำหนด



ส่วนที่ 1 ความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับแบบบันทึกการทำกิจกรรม

องค์ประกอบ ความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	ข้อความถาม	คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
การสร้างความคิด ได้แก่ มีคำนิยามหรือคำ จำกัดความเกี่ยวกับปัญหา มีการสร้างแนวคิดที่ เกี่ยวข้องกับปัญหา และ การสำรวจความคิดอย่าง สร้างสรรค์	1) จงเขียนคำจำกัดความของสถานการณ์ ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์ จากข้อตกลงที่ทำหายนักเรียนได้ กำหนดขึ้น 2) ให้นักเรียนเขียนแนวคิด หรือแผนภาพ แนวคิดเกี่ยวกับสภาพสมมูล ที่เกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ปัญหา การออกแบบสร้าง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากอุปกรณ์ ที่กำหนด(ขนม) และข้อตกลงทำหายนักเรียนได้ 3) ให้นักเรียนตั้งคำถาม เกี่ยวกับการ ออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทา ทุกข์จากอุปกรณ์ที่กำหนด(ขนม) และสืบค้น หาคำตอบ จากในโพสต์ Google Drive				
การออกแบบและละเอียด รอบคอบ ได้แก่ มีการอธิบาย รายละเอียดของชิ้นงาน และมีการทบทวน	1) ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) พร้อมทั้งเขียน อธิบายรายละเอียดของชิ้นงานอย่าง ละเอียด 2) ให้นักเรียนทบทวนถึงจุดเด่น และจุด ด้อยของการออกแบบยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) แล้วบันทึกถึงจุดเด่น จุดด้อยของการ ออกแบบในแต่ละภาพ				

องค์ประกอบ ความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	ข้อคำถาม	คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
การเปิดกว้างและความ กล้าในการสำรวจ ได้แก่ มีความอยากรู้ และมี ข้อดกลงที่ท้าทาย	1) ให้นักเรียนกำหนดเรื่องที่จะค้นหา และสืบค้นข้อมูลหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ และบันทึก เรื่องที่สืบค้นได้ลงในตาราง 2) ให้นักเรียนกำหนดข้อดกลงที่ท้าทาย สิ่งนี้นักเรียนจะนำขึ้นยานพาหนะทางน้ำ เพื่อทำภารกิจนำออกมาจากเหตุ สถานการณ์อุทกภัยที่หุบเขาภูหลวง				
การทำงานร่วมกับผู้อื่น อย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีบูรณาการของ ความคิดกับสมาชิกภายใน กลุ่ม	ให้นักเรียนบูรณาการของความคิดกับ สมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบ แล้ว นำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) ของกลุ่มตามความเห็นพ้องต้องกัน โดยที่ ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงานให้ ครบถ้วน				
การผลิตและสร้าง นวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ ได้แก่ มีการระบุ รายละเอียดเกี่ยวกับ กลุ่มเป้าหมาย มีการระบุ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการ สร้างชิ้นงาน มีการวางแผน ขั้นตอนการทำงานอย่าง ละเอียด และสามารถสร้าง	1) จงระบุรายละเอียดเกี่ยวกับ กลุ่มเป้าหมาย ในการทำกิจกรรม ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ 2) ให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ พร้อม ระบุขนาด และจำนวนที่ใช้ในการสร้าง ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้ ครบถ้วน 3) ให้นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงาน อย่างละเอียด เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน				

องค์ประกอบ ความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	ข้อความ	คะแนนการ พิจารณาความ สอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		-1	0	+1	
ชิ้นงานได้ตามแบบที่ได้ ออกแบบไว้	และบันทึกการแบ่งสร้างสรรค์ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากวัสดุ อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนม) 4) ให้นักเรียนแนบภาพชิ้นงานหรือ นวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนมระหว่างนำไปลอยในน้ำ				
การควบคุมและการ สะท้อนตนเอง ได้แก่ มีการสะท้อนถึง คุณภาพของชิ้นงาน มีการ วางแผนพัฒนาให้เกิด ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และมี การประเมินความสำเร็จ ของตนเองโดยพิจารณา ตามเกณฑ์ที่กำหนด	1) ในการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” ครั้งนี้ นักเรียนพบข้อบกพร่องในการทำงานของ กลุ่มหรือไม่ บอกแนวทางแก้ไขดังกล่าว เพื่อ เป็นการสะท้อนถึงคุณภาพของชิ้นงานของ กลุ่มตนเอง 2) ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนพัฒนา ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ให้เกิด ประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยระบุสิ่งที่ต้อง ปรับปรุงพัฒนา และแนวทางการปรับปรุง พัฒนา 3) จงให้คะแนนความสำเร็จของการ ทำงานกลุ่มของตนเองโดยพิจารณาตาม ขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการ สร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม				

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

โดยภาพรวมคุณภาพระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถามในรูปแบบ
บันทึกการทำกิจกรรม อยู่ในระดับ

เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย เหมาะสมน้อยที่สุด

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)



แบบบันทึกการทำกิจกรรม เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

1. การสร้างแบบบันทึกกิจกรรม ซึ่งลักษณะของแบบบันทึกกิจกรรมเป็นการให้ผู้เรียนเขียนบรรยายลงในใบกิจกรรม ในรูปแบบออนไลน์ Google Doc. ตามขั้นตอนของการทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้มีการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. นำแบบบันทึกกิจกรรมให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสม ของเครื่องมือและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3. นำแบบบันทึกกิจกรรมที่ผ่านการตรวจสอบแล้วมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบบันทึกการทำกิจกรรม โดยการเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของแบบบันทึกการทำกิจกรรมกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (IOC) โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ดังนี้ 1) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน 2) อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ จำนวน 1 ท่าน และ 3) ครูผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การสอนวิชาฟิสิกส์มากกว่า 10 ปี และมีวิทยฐานะ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ จำนวน 1 ท่าน โดยเสนอพร้อมกับเกณฑ์การให้คะแนนที่ได้แก้ไขตามข้อเสนอของอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ

5. ความสอดคล้องของแบบบันทึกการทำกิจกรรมกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้มีเกณฑ์ในการให้ผลคะแนนแบบบันทึกการทำกิจกรรมรายข้อ ดังนี้

- 1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 0 คือ ไม่แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหรือไม่
- +1 คือ แน่ใจ ว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับองค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

6. การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์ (IOC: Index of item-objective congruence) ใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ	IOC	แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์
	R	แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

หากมีค่าดัชนี (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ถือว่าข้อสอบข้อนั้นสามารถนำไปประเมินได้ (เทียมจันทร์ พานิชย์ ผลินไชย, 2539)

ตาราง แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถาม ในแบบบันทึกการทำกิจกรรม เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากผู้เชี่ยวชาญ

ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบความสามารถในการคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม	ข้อที่	คนที่			ผลรวม	IOC	แปลผล
		1	2	3			
การสร้างความคิด	1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การออกแบบและละเอียดรอบคอบ	4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	5	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ	6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	7	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์	8	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์	9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	12	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
การควบคุมและการสะท้อนตนเอง	13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง
	14	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง
	15	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง

จากผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมกับข้อคำถาม ในแบบบันทึกการทำกิจกรรม เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าดัชนี (IOC) มากกว่า 0.5 ทุกข้อในถือว่าข้อสอบในตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถนำไปประเมินความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้

แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้

วัน/เดือน/ปี วันจันทร์ ที่ 21 กุมภาพันธ์ 2565 เวลา/คาบที่ 6-7 (12.40-14.20 น.)
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สมดุลต่อการเคลื่อนที่ (กิจกรรม ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์)
 รายวิชา ฟิสิกส์เพิ่มเติม 2 รหัสวิชา ว 31202 กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนตากพิทยาคม จังหวัดตาก ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 4 ชั่วโมง
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ชื่อหน่วยการเรียนรู้ สภาพสมดุล ครูผู้สอน นางสาวนันทิยา จันทร์ดี

คำชี้แจง

1. แบบบันทึกการสะท้อนผล เป็นแบบสังเกตให้ครู หรืออาจารย์ ที่มีความเชี่ยวชาญ หรือมีประสบการณ์ ในการสอนวิชาฟิสิกส์ อย่างน้อย 5 ปีเป็นผู้ร่วมสังเกตแนวทางการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย หรือผู้วิจัยสะท้อนผล การจัดการเรียนรู้ของตนเอง
2. ขอให้ผู้ร่วมสังเกตบันทึกแนวทางการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในแต่ละขั้นตอนว่าเหมาะสมหรือไม่ ต่อ การส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม รวมถึงบันทึกจุดเด่น จุดที่ควรพัฒนา และ ข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขแต่ละขั้น

ผู้ร่วมสังเกต

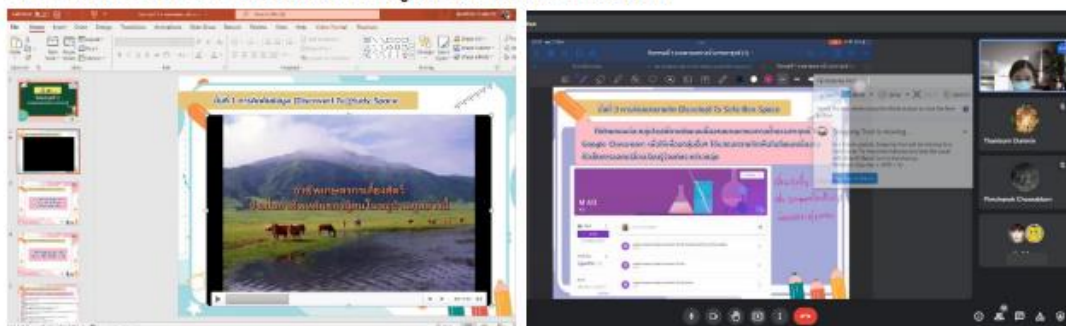
ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์

ผู้วิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ออนไลน์ ได้แก่

1. ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space

1.1 ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำประเด็นปัญหา มาเป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านทาง Google Meet แล้วทำให้ผู้เรียนได้ร่วมค้นหาปัญหาสำคัญที่จะแก้ไขซึ่งต้องเป็นปัญหาที่ นักเรียนเห็นพ้องต้องกัน จากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัด ให้ได้หรือไม่อย่างไร



- นำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยประเด็นเกี่ยวกับปัญหาช่วงฤดูฝน ของหมู่บ้านภูหลวง ด้วยคลิปวิดีโอ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ผ่านทาง Google Meet ในแพลตฟอร์ม Google Classroom M. 4/3 ซึ่งปัญหาที่พบคือ ครูผู้สอนเปิดคลิปวิดีโอช้าเพียง 2 รอบ และระหว่างการเปิด ครูผู้สอนไม่ได้กดหยุดเพื่อให้นักเรียนให้อ่านข้อความในคลิป ประกอบกับคลิปวิดีโอมีเวลาสั้น 50.37 วินาที จึงทำให้นักเรียนบางคนยังไม่ได้ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูผู้สอนนำเสนอ ส่งผลต่อการตอบคำถามในข้อ 1.1 และ 1.2

- ครูผู้สอน ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน ตามบริบทพื้นที่ ที่อยู่อาศัย และตามความสนใจของนักเรียนที่อยู่ใกล้ๆกัน เนื่องจากนักเรียนจะได้สามารถเดินทางมาทำงานกลุ่มร่วมกันได้ในวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ โดยแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยเลขที่ 1 ,3 ,7 ,12 ,15 ,19

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยเลขที่ 2 ,4 ,5 ,10 ,11 ,13

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยเลขที่ 26 ,27 ,29 ,31 ,35 ,36

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยเลขที่ 16 ,17 ,18 ,30 ,32 ,34

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยเลขที่ 6 ,9 ,14 ,20 ,23 ,24

กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วยเลขที่ 8 ,21 ,22 ,25 ,28 ,33

ใบกิจกรรมที่ 1 ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ออนไลน์ Google Doc.

กลุ่ม 1
<https://docs.google.com/document/d/1pckCgkwKGj0o088E4A1GPa5WQ4Jv05Wg-hbFF4BFV/edit?usp=sharing>

กลุ่ม 2
<https://docs.google.com/document/d/1YGFw3Z2io9XvhDYHbXZyMYTVyHroQ298yzyeW4T1k/edit?usp=sharing>

กลุ่ม 3
https://docs.google.com/document/d/1QpVWH6QLF3GAnCP-_zyDFx0ZZtpKk0TtXFGY5Uck3s/edit?usp=sharing

กลุ่ม 4
https://docs.google.com/document/d/1KQMD8bphvHzveffMnD6tQWhDPLh_AhgupxQPCmeL7M/edit?usp=sharing

กลุ่ม 5
<https://docs.google.com/document/d/1VqjCf5WKV-JxLac05qwWVAQJ-bMGQ93QLIs0TVUB/edit?usp=sharing>

กลุ่ม 6
<https://docs.google.com/document/d/1UJ7w8TUwIG-Xe1U2IAVqKRDCbixgPwvO6Jm3jy066/edit?usp=sharing>

ใบกิจกรรมที่ 1 ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ออนไลน์ Google Doc.

กลุ่ม 1

กลุ่ม 2

กลุ่ม 3

กลุ่ม 4

กลุ่ม 5

กลุ่ม 6

- ครูให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้

คำถาม สถานการณ์ปัญหา คือ

คำถาม จากสถานการณ์ปัญหา ต้องการให้นักเรียนทำอะไร

แล้วนักเรียนกลุ่ม 1 ,5 และ 6 ไม่สามารถตอบคำถามได้เนื่องจากชมคลิปวิดีโอปัญหาไม่ทัน ครูผู้สอนจึงเข้าไปแก้ไขใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยการใส่บทความสถานการณ์ปัญหาช่วงฤดูฝน ของหมู่บ้านภูหลวง และ Qr Code คลิปวิดีโอ ลงในใบกิจกรรม Google Doc. ทุกกลุ่ม และทุกใบกิจกรรม

การกำหนดขนาดของมวลในข้อตกลงที่ทำหาย และคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตรของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากข้อตกลงที่ทำหายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้นในใบกิจกรรมข้อ 1.9

1.2 จุดเด่น คือ

- การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ในขั้นที่ 1 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space นักเรียนได้พบสถานการณ์ปัญหาผ่านทางคลิปวิดีโอ ซึ่งเมื่อนักเรียนต้องการชมคลิปวิดีโอซ้ำเพื่อทำความเข้าใจปัญหาภายในกลุ่มย่อย ระหว่างแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในกลุ่ม นักเรียนสามารถทำได้ โดยครูไม่ต้องเปิดเอง สามารถช่วยย่นระยะเวลาในการเรียนรู้
- ในขั้นที่ 1 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space ได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายใน Google Meet กลุ่มย่อย โดยที่ครูสามารถเข้าสังเกตการณ์วางแผนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้
- การทำใบกิจกรรมกลุ่ม ผ่านทาง Google Doc. สามารถเอื้ออำนวยความสะดวกในการทำงานกลุ่มกันภายในกลุ่ม และครูผู้สอนสามารถเข้าสังเกตการตอบคำถามในใบกิจกรรม และตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้ตลอดเวลา
- สถานการณ์ปัญหาช่วงฤดูฝน ของหมู่บ้านภูหลวง สามารถสร้างความสนใจให้กับนักเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมอยากรู้ โดยแสดงออกด้วยการกำหนดเรื่องที่จะค้นหาและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้ ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

1.3 จุดที่ควรพัฒนา คือ

- การควบคุมชั้นเรียนในรูปแบบการสอนออนไลน์ ส่วนใหญ่เสียเวลากับการตามนักเรียนจาก google meet กลุ่มย่อย เพื่อเข้ากลุ่มหลัก เพื่อดำเนินการเรียนรู้ในขั้นต่อไป
- การแก้ไข Qr Code คลิปวิดีโอ ลงในใบกิจกรรม Google Doc. ทุกกลุ่ม และทุกใบกิจกรรม

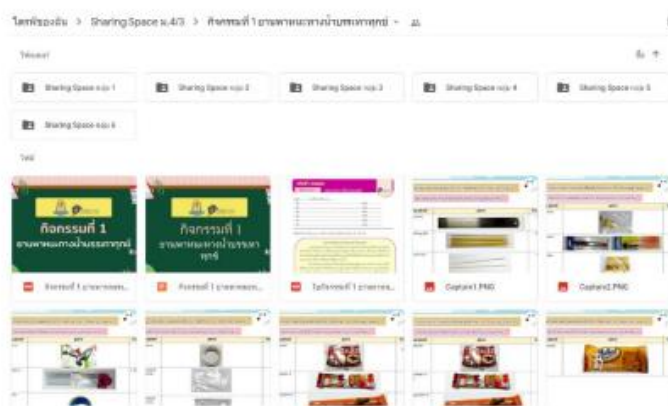
1.4 ข้อเสนอแนะ

- ช่องทาง Special Advice Space ผ่านทางแอปพลิเคชัน Line สามารถใช้แจ้งเตือนนัดตั้งคั้งงานกลุ่มใน Google Doc. หรือ Qr Code ใบกิจกรรมกลุ่มได้ และสามารถเป็นช่องทางที่นักเรียนใช้ขอความช่วยเหลือครูหว่างที่ครูเข้าสังเกต Google Meet กลุ่มย่อย กลุ่มอื่นๆ

2. ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปโจทย์ (Define) ใน Sharing Space

2.1 ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจ ตีความปัญหาที่มีหลากหลายอย่างลึกซึ้ง โดยทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมที่อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่างๆ แล้วนำโพสต์ลงใน Google Drive. จากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัด ให้ได้หรือไม่อย่างไร

- ครูผู้สอนได้แนะนำ Sharing Space นักเรียนทบทวนเนื้อหาได้ตลอด 24 ชั่วโมง รวมถึงดาวน์โหลดใบความรู้, รายละเอียดเกี่ยวกับค่ามวลของภารกิจการบรรเทาทุกข์จากข้อตกลงที่ทำหาย, ข้อมูลรายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์อุปกรณ์ที่กำหนด (ขนมชนิดต่างๆ) และเป็นแหล่งรวมข้อมูลต่างๆที่นักเรียนสืบค้น ได้ผ่านทาง Google Drive.



- ครูได้แนะนำวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากการสร้างของจำลอง จากขนมจำพวกคุกกี้ เวเฟอร์ช็อกโกแลต เป็นต้น ที่เป็นวัสดุหลักในการใช้ออกแบบสร้างยานพาหนะทางน้ำ บรรเทาทุกข์มาให้แก่นักเรียนดู เพื่อให้นักเรียนศึกษา คุณสมบัติของวัสดุ และความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของ ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ กับแรงพยุง ที่นักเรียนแสดงวิธีคิดไว้ในข้อ 1.9

- นักเรียนได้ตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และ วิดีโอต่างๆ ที่นำไปสู่แนวทางการใช้ขนมต่างๆ มาออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ แล้วนำไป โพสต์ลงใน Google Drive. เพื่อให้นักเรียนเข้าไปศึกษาข้อมูลต่างๆที่ นักเรียนได้โพสต์ลงใน Google Drive. แล้ว นำมาใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ ลงในใบกิจกรรมข้อ 2.1

- นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนมโดยที่ต้องเขียนอธิบาย รายละเอียดของชิ้นงาน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.4 รายบุคคล

- นักเรียนได้ทบทวนการออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่ แตกต่างของสมาชิก ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพ ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.5

- นักเรียนได้บูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มถึง จุดเด่น และจุดด้อย ที่ของสมาชิกภายในกลุ่มได้ออกแบบ ไว้ในข้อที่ 2.5 แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน โดยที่ต้องเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน โดยระบุขนาด วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้อย่างครบถ้วน ลงในใบกิจกรรม ข้อ 2.6

2.2 จุดเด่น คือ

- การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ในขั้นที่ 2 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ทั้งแบบรายบุคคลและได้ทบทวนการออกแบบชิ้นงานของสมาชิกแต่ละคน ในมุมมองที่แตกต่าง ถึงจุดเด่น จุดด้อยของการออกแบบในแต่ละภาพตลอดจนบูรณาการของความคิดกับสมาชิกภายในกลุ่ม แล้วนำมาออกแบบชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์จากขนมของกลุ่มที่เห็นพ้องต้องกัน เพียง 1 การออกแบบ

- ครูผู้สอนได้ใส่รูปวัสดุ อุปกรณ์ลงในแบบนำเสนอการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจึงได้เห็นยี่ห้อของวัสดุ (ขนม) ส่งผลให้ง่ายต่อการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space

วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ลำดับ ชุดของวัสดุ	รูปภาพ	จำนวน วัสดุ
13 เมี่ยงโต		1 ชุด (12 ชิ้น)
14 ไรซ์ครั้น 3 ชิ้น 1		2 ชุด
15 ซูเปอร์สตาร์		4 ชิ้น

ขั้นที่ 2 การคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space

วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

ลำดับ ชุดของวัสดุ	รูปภาพ	จำนวน วัสดุ
16 คุกกี้ช็อกโกแลตชิพ		8 ชิ้น
17 วอลเลย์เวเฟอร์		4 ชุด
18 วอลเลย์แครกเกอร์		4 ชิ้น

2.3 จุดที่ควรพัฒนา คือ

- การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในเกิดการตั้งคำถาม และแสวงหาคำตอบโดยการสืบค้นข้อมูล อาจอยู่ในรูปแบบของสื่อ งานวิจัย และวิดีโอต่างๆ ที่นำไปสู่แนวทางการใช้ขนมต่างๆ มาออกแบบและสร้างยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ แล้วนำไปโพสต์ลงใน Google Drive. โดยต้องใช้ภาษาที่ง่าย ไม่ใช่คำกำกวม

2.4 ข้อเสนอแนะ

- ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ในขั้นที่ 2 ขั้นการคิดวิเคราะห์เพื่อสรุปใจหาย (Define) ใน Sharing Space นักเรียนบางคนได้ตรวจพบเชื้อ และมีความเสี่ยงสูงในการติดเชื้อ COVID-19 ได้ขออนุญาตลาป่วยไปตรวจหาเชื้อที่โรงพยาบาล และได้มีอาการป่วย จึงไม่สามารถร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ส่งผลให้ใบกิจกรรมบางกลุ่มในข้อ 2.4 ,2.5 ไม่ได้มีการออกแบบยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ครบทุกคนในสมาชิกกลุ่ม

3. ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space

3.1 ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างต้นแบบชิ้นงานจากอุปกรณ์ตามบริบทที่อยู่อาศัยของนักเรียน และกล่องเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลือต่างๆ ที่จำเป็นที่ผู้วิจัยจัดส่งให้ผ่านทางไปรษณีย์ ได้เกิดกระบวนการคิดและออกแบบสร้าง และทำการทดสอบจากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัด ให้ได้หรือไม่อย่างไร

- นักเรียนวางแผนขั้นตอนการทำงาน เป็นลำดับขั้นตอนชัดเจน และบันทึกการสร้างสรรค์ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ จากขนมลงในใบกิจกรรม ข้อ 3.1

- ครูได้ส่งกล่องอุปกรณ์และเครื่องมือ Safe Box Space ทางไปรษณีย์ ให้แก่นักเรียนที่เป็นตัวแทนของกลุ่ม ซึ่งใช้เป็นบ้านนัดหมายในการสร้างสรรค์ชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ซึ่งสามารถเอื้ออำนวยในการทำงานกลุ่มของนักเรียนในรูปแบบ Online ซึ่งนักเรียนบางกลุ่ม ไม่ได้อยู่ในอำเภอเมือง ไม่สะดวกในการเดินทางไปซื้ออุปกรณ์ การมี Safe Box Space สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างสรรค์ชิ้นงานได้

- นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนพัฒนายานพาหนะทางน้ำให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น แล้วบันทึกลงในใบกิจกรรม ข้อที่ 3.5 และบันทึกผลจากปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานต้นแบบ

- นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้าง หรือปรับปรุงชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ โดยนักเรียนสามารถพิจารณาสร้างชิ้นใหม่จากชิ้นงานต้นแบบ หรือจะดำเนินการสร้างต่อจากชิ้นงานต้นแบบก็ได้

3.2 จุดเด่น คือ

- ภายใน Safe Box Space นอกจากจะมีวัสดุที่กำหนด (ขนม) แล้วยังมีอุปกรณ์ที่สามารถเอื้ออำนวยผู้เรียนให้เกิดกระบวนการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ เนื่องจากมีวัสดุและอุปกรณ์ที่เพียงพอสามารถส่งเสริมให้เกิดการสร้างชิ้นงานต้นแบบ และปรับปรุงหลายครั้ง หรือหลายเวอร์ชัน ได้



- นักเรียนเกิดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ในการใช้วัสดุ อุปกรณ์ ที่ครูผู้สอนส่งไว้ใน Safe Box Space เนื่องจากระหว่างที่นักเรียนได้นำเสนอพบว่า นักเรียนได้นำขนมออกจากซอง แล้วเป่าลมเข้าไปในช่องให้พองและปิดปากซอง ซึ่งมีลักษณะคล้ายฟองลอยน้ำแทน ประกอบกับกล่องที่ใช้ใส่วัสดุ อุปกรณ์ นักเรียนได้นำมาใส่น้ำเพื่อให้ทดสอบการลอยน้ำของยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์

3.3 จุดที่ควรพัฒนา คือ

- การกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาชิ้นงานให้ดีขึ้น เนื่องจากการเรียน Online ต้องอาศัยความรับผิดชอบ และความสนใจของผู้เรียน ร่วมกับการตามเอาใจใส่ของครูผู้สอน ที่ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาชิ้นงานให้เป็นไปตามข้อตกลงที่ทำหายที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น

3.4 ข้อเสนอแนะ

- ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ในขั้นที่ 3 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space นักเรียนบางคนได้ตรวจพบเชื้อ COVID-19 และมีความเสี่ยงจึงไม่สามารถร่วมสร้างชิ้นงานกับกลุ่มเพื่อนได้

4. ขั้นการพัฒนาเพื่อส่งมอบสู่ผู้ใช้ (Deliver) ใน Spotlight Space

4.1 ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถทดสอบประสิทธิภาพชิ้นงานช่วงสุดท้ายก่อนที่จะนำเอาผลงานหรือชิ้นงานไปใช้จริงในบริบทปัญหาจริง และโพสต์ชิ้นงานสู่สาธารณะผ่านทาง Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ จากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัด ให้ได้หรือไม่อย่างไร

- ผู้เรียนได้นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” จากขนม แล้วทำการบรรทุกสิ่งของตามข้อตกลงที่ทำหาย ที่นักเรียนได้กำหนดขึ้น

- ผู้ในกลุ่มโพสต์ชิ้นงาน ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ที่สมบูรณ์ ลงใน Facebook Page ห้องเรียน ฟิสิกส์ออนไลน์

- ผู้เรียนได้ประเมินการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” ครั้งนี้ นักเรียนพบข้อบกพร่องในการทำงานของกลุ่มหรือไม่ พร้อมบอกแนวทางแก้ไขดังกล่าว

- ผู้เรียนได้ประเมินความสำเร็จของตนเองโดยพิจารณาตามขั้นตอนการทำงาน การออกแบบ และการสร้าง ที่ได้วางแผนร่วมกันในสมาชิกกลุ่ม

4.2 จุดเด่น คือ

- ผู้เรียนได้นำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์” จากขนม ลงใน Facebook Page ห้องเรียนฟิสิกส์ออนไลน์ ในรูปแบบคลิปวิดีโอ

- ผู้เรียนได้ประเมินการทำกิจกรรมออกแบบสร้าง “ยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์”

4.3 จุดที่ควรพัฒนา คือ

- การกระตุ้นผู้เรียนและความเอาใจใส่ของครูผู้สอน ที่ต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนให้เกิดการพัฒนาชิ้นงาน ให้เสร็จตามเวลาเรียนที่กำหนด

4.4 ข้อเสนอแนะ

- ระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซออนไลน์ ในขั้นที่ 3 ขั้นการพัฒนาความคิด (Develop) ใน Safe Box Space นักเรียนบางคนได้ตรวจพบเชื้อ COVID-19 และมีความเสี่ยงจึงไม่สามารถร่วมสร้างชิ้นงานกับกลุ่มเพื่อนได้

5. ช่องทาง Special Advice Space

5.1 ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถได้รับคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางแอปพลิเคชัน Line จากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัด ให้ได้หรือไม่อย่างไร

- ผู้เรียนสามารถได้รับคำแนะนำด้านการพัฒนานวัตกรรม หรือคำปรึกษาจากครูผู้สอน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผ่านทางช่องทางแอปพลิเคชัน Line ตั้งแต่ขั้นที่ 1 ขั้นการคิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการนัดหมายครูผู้สอนให้ช่วยตรวจดูใบกิจกรรม โดยการส่งลิงค์ Google Meet กลุ่มย่อย นอกเวลาเรียน

- ผู้เรียนสามารถได้รับคำแนะนำด้านการพัฒนาชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ ผ่านทาง แอปพลิเคชัน Line จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำวิชาการระบวนกรทางวิศวกรรมของโครงการ Pre-Engineering ม.4/3 ตั้งแต่ชั้นที่ 1 ขึ้นการ คิดค้นข้อมูล (Discover) ใน Study Space

5.2 จุดเด่น คือ

- ช่องทาง Special Advice Space เป็นช่องทางการให้คำปรึกษาผ่านทางแอปพลิเคชัน Line จาก ครูผู้สอนประจำรายวิชาฟิสิกส์ และอาจารย์ประจำวิชาการระบวนกรทางวิศวกรรมของโครงการ Pre-Engineering เป็นการสร้างพื้นที่ หรือสร้างสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ในรูปแบบ Online ให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการลงมือปฏิบัติ การออกแบบ การสร้างชิ้นงานต้นแบบ ทดสอบประสิทธิภาพ การวางแผนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานด้วยตนเองจนสำเร็จ เป็นชิ้นงานที่สมบูรณ์ตามสถานการณ์ปัญหาและข้อตกลงที่ทำหายที่นักเรียนได้กำหนดไว้

5.3 จุดที่ควรพัฒนา คือ

- ครูผู้สอนควรสร้างข้อตกลงในการใช้ช่องทาง Special Advice Space เช่น ช่วงเวลาที่นักเรียนสามารถขอคำปรึกษาในการสร้างชิ้นงานยานพาหนะทางน้ำบรรเทาทุกข์ได้ เนื่องจากพบว่าผู้เรียนมักขอคำปรึกษาในเวลา กลางคืน

5.4 ข้อเสนอแนะ

- การจัดทำระเบียบหรือข้อตกลงในการใช้ช่องทาง Special Advice Space ร่วมกันระหว่างอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญ ,ครูผู้สอน และนักเรียน

6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการ Double Diamond De-Sign ร่วมกับแนวคิดเมคเกอร์สเปซ ในแต่ละขั้นตอนข้างต้นประสบความสำเร็จต่อการส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหรือไม่อย่างไร

ประสบความสำเร็จ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบ Online

ลงชื่อ นันทิยา จันทร์ถิ
(นางสาวนันทิยา จันทร์ถิ)



ประวัติผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยสุรินทร์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นันทิยา จันทร์ถิ
วัน เดือน ปี เกิด	11 มกราคม 2537
ที่อยู่ปัจจุบัน	โครงการวิรดีบ้านสวย เลขที่ 159/9 หมู่ 1 ตำบลหนองบัวเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนตากพิทยาคม
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2560 ครู โรงเรียนตากพิทยาคม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 กศ.บ. (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

