



การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
A CLASSROOM ACTION RESEARCH ON DEVELOPING FIFTH-GRADE STUDENTS'
PROBLEM-SOLVING SKILLS IN THE TOPIC OF FORCE AND MOTION
USING THE ENGINEERING DESIGN PROCESS

ณัฐพล อยู่เป็นสุข

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

A CLASSROOM ACTION RESEARCH ON DEVELOPING FIFTH-GRADE STUDENTS'
PROBLEM-SOLVING SKILLS IN THE TOPIC OF FORCE AND MOTION
USING THE ENGINEERING DESIGN PROCESS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Science Education)
Faculty of Science, Srinakharinwirot University
2024
Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ของ

ณัฐพล อยู่เป็นสุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พุกกะประมุข)

ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

ชื่อเรื่อง	การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
ผู้วิจัย	ณัฐพล อยู่เป็นสุข
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมุล

งานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้ มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) เพื่อศึกษาขนาดของผล ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 3) เพื่อเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในพื้นที่เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน โดยการเลือกตามความสะดวก จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนด้วยตนเอง เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติวิเคราะห์ค่าขนาดของผล และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ ($M = 32.03$, $S.D. = 3.58$) สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ ($M = 21.47$, $S.D. = 4.12$) 2) มีขนาดของผลเท่ากับ 2.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับมีผลมาก แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ และ 3) แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน มีทั้งหมด 3 แนวทาง คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ทั้งสามแนวทางล้วนส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ทักษะการแก้ปัญหา, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

Title	A CLASSROOM ACTION RESEARCH ON DEVELOPING FIFTH-GRADE STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS IN THE TOPIC OF FORCE AND MOTION USING THE ENGINEERING DESIGN PROCESS
Author	NATAPON YOUPENSUK
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

This classroom action research aimed: (1) to compare the problem-solving skills of Grade 5 students before and after participating in science learning activities based on the engineering design process, (2) to examine the effect size of the engineering design-based science learning on students' problem-solving skills, and (3) to propose best practices for science instruction using the engineering design process that enhance problem-solving skills among grade 5 students. The participants consisted of 30 grade 5 students from a demonstration school in the Dusit district of Bangkok during the 2025 academic year, selected through convenience sampling from a class taught by the researcher. The research instruments included lesson plans, a problem-solving skills test, and post-instruction reflective journals. Quantitative data were analyzed using mean, standard deviation, and effect size statistics, while qualitative data were analyzed using inductive analysis. The findings revealed that: (1) students' problem-solving score mean score after learning ($M = 32.03$, $SD = 3.58$) was higher than before learning ($M = 21.47$, $SD = 4.12$); (2) The effect size was 2.69, categorized as a large effect, indicating that the instructional approach based on the engineering design process significantly enhanced students' problem-solving skills and (3) three instructional guidelines were identified as effective in enhancing students' problem-solving skills: 3.1) Using guided reflective questioning throughout the learning process, 3.2) Emphasizing role-oriented collaborative learning, and 3.3) Promoting evidence-based peer critique and iterative improvement among students. Each of the three instructional guidelines contributed effectively to the development of all four components of students' problem-solving skills.

Keyword : Problem-solving skills Engineering Design Process Classroom Action Research

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤษ์ประมุข อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ และสละเวลาให้ความช่วยเหลือในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี เทียนทองดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤดี อุดมผล และ ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยอย่างละเอียดจนมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปฐมภรณ์ พิมพ์ทอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่ทำให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนร่วมรุ่นของศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัย ตลอดระยะเวลาที่เข้ารับการศึกษาจนจบการศึกษา

ณัฐพล อยู่เป็นสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย	7
ความสำคัญของการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในงานวิจัย	9
สมมติฐานในการวิจัย.....	10
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม.....	11
1. ทักษะการแก้ปัญหา	12
1.1 ความหมายของทักษะการแก้ปัญหา	12
1.2 ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา	12
1.3 องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา	13
1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา	15

1.5 การวัดและประเมินทักษะการแก้ปัญหา	23
2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	25
2.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	25
2.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	25
2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	26
2.4 ลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	27
2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	27
3. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	33
3.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	33
3.2 ขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	34
4. ขนาดของผล (Effect size)	34
4.1 ความหมายของขนาดของผล	34
4.2 การหาขนาดของผลและเกณฑ์การแปลความหมาย	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	41
1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและบริบทชั้นเรียน	41
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษาและเนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย.....	42
2.1 กลุ่มที่ศึกษา.....	42
2.2 เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย.....	42
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
4. การศึกษานำร่อง.....	53
4.1 การศึกษานำร่องก่อนนำเครื่องมือไปใช้จริง	53
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล	53
5.1 แบบแผนการวิจัย	53

5.2 ขั้นตอนการดำเนินการนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา	54
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	56
7. การดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	59
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	61
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลัง เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	61
ตอนที่ 2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	81
ความมุ่งหมายของการวิจัย	81
วิธีการดำเนินการวิจัย	81
สรุปผลการวิจัย	82
อภิปรายผล	84
ข้อเสนอแนะ	96
บรรณานุกรม	98
ภาคผนวก	111
ภาคผนวก ก	112
ภาคผนวก ข	114
ภาคผนวก ค	130
ประวัติผู้เขียน	157

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้.....	44
ตาราง 2 โครงสร้างของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา.....	49
ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาในรูปแบบของรูบรีคส์.....	50
ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	63
ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1.....	115
ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	116
ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2.....	117
ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	118
ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3.....	119
ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	120
ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4.....	121
ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	122
ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา.....	123
ตาราง 14 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา	126
ตาราง 15 ความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา	126

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	10
ภาพประกอบ 2 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ Next Generation Science Standard, USA.....	28
ภาพประกอบ 3 Twelve-step engineering design process (International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)	30
ภาพประกอบ 4 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary, UK	31
ภาพประกอบ 5 ผังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	33
ภาพประกอบ 6 แผนภาพแสดงการดำเนินการวิจัย.....	56
ภาพประกอบ 7 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้	62
ภาพประกอบ 8 สถานการณ์ที่ 1 ขึ้น - ลงบันได จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา	63
ภาพประกอบ 9 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S26 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 1 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้	64
ภาพประกอบ 10 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S26 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 2 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้	65
ภาพประกอบ 11 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S02 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 3.1 และ 3.2 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้.....	66
ภาพประกอบ 12 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S02 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 4 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้	67
ภาพประกอบ 13 กิจกรรม การลำเลียงผู้บาดเจ็บ “Casualty evacuation”	68
ภาพประกอบ 14 ภาพกิจกรรมในชั้นเรียน	154
ภาพประกอบ 15 ภาพกิจกรรมในชั้นเรียน	155

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัญหาที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 มีรูปแบบที่หลากหลายไม่สามารถคาดการณ์ได้ การมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังนั้นการจัดศึกษาจึงต้องมุ่งเน้นในการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมทั้งองค์ความรู้ ทักษะและคุณลักษณะ เพื่อการดำรงชีวิต (Global Partnership for Education, 2020) โดย องค์การ World Economic Forum (WEF) ทำการสำรวจและวิเคราะห์ความต้องการของตลาดแรงงาน รวมทั้งแนวโน้มของเทคโนโลยีทั่วโลก ผลการศึกษาได้สรุปทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st-Century Skills) ออกมาเป็น 16 ทักษะ ซึ่งทักษะการแก้ปัญหา เป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นของบุคคลเพื่อการดำรงชีวิตและการทำงาน (World Economic Forum, 2016) เช่นเดียวกับ Hutchinson (2022) ที่ได้ระบุให้ทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งใน 20 ทักษะที่สำคัญในการทำงานที่องค์กรต่าง ๆ ต้องการมากที่สุด โดยการมีทักษะการแก้ปัญหามานอกกับความรู้และความเชี่ยวชาญจะทำให้ประสบความสำเร็จในการทำงานและการดำเนินชีวิต (P21 Partnership for 21st Learning, 2019) ทักษะการแก้ปัญหาเป็นทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดขึ้น การเรียนการสอนในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นเตรียมผู้เรียนให้เป็นนักคิดวิเคราะห์ นักแก้ปัญหา รู้จักใช้ข้อมูลข่าวสาร เป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตระหนักรับรู้สถานะของโลก เป็นพลเมืองที่ทรงคุณค่า (สุปรีย์ บุรณะกนิษฐ, 2556) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด เกิดสมรรถนะสำคัญและมีคุณธรรม อันประกอบด้วย ความสามารถในการสื่อสาร การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จะเห็นได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญที่ครูจะต้องส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีคุณภาพตามที่หลักสูตรกำหนด (เจนจิรา ประภาสะวัต และจินตนา สรายุทธพิทักษ์, 2563) นักเรียนที่ได้ฝึกแก้ปัญหาอย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งในด้านการเรียน และการดำเนินชีวิตประจำวัน (ปราณี หีบแก้ว, 2552)

ทักษะการแก้ปัญหา คือ กระบวนการทางปัญญาที่เกิดขึ้นเฉพาะในแต่ละบุคคล โดยต้องอาศัยประสบการณ์เดิมร่วมกับองค์ประกอบของสถานการณ์ปัจจุบันและความรู้ในการพิจารณาโครงสร้างปัญหา สังเกตปรากฏการณ์ มีการวางแผน รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหานั้น ๆ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2544; หัทยา เพ็ชรอิน, 2561;

Bourne, Bruce, & Roger, 1971; Eysenck, Arnoid & Meili, 197; Hank, 1993; Lefrancois, 1985; Sdow, 1993) โดยจากการศึกษาพบงานวิจัยหลายงานที่ได้กำหนดองค์ประกอบ การแก้ปัญหา (Gick, 1986; Green, 1975; Krulik & Rudnick, 1987; Polya, 1971; Weir, 1974) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า องค์ประกอบ การแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้นำมาใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ (ดวงสมร อ่องแสงคุณ, 2565; อรทัย อาจหาญ, 2562) และมีองค์ประกอบที่ผู้เรียนต้องตั้งสมมติฐาน ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การระบุปัญหา (Problem identification) คือ การบอกหรือชี้ให้เห็นถึงสภาพจากสถานการณ์ที่พบ 2) การนิยามปัญหา (Defining problem) คือ การบอกสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น 3) การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for formulating a hypothesis) คือ การหาวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากที่สุด แล้วสรุปออกมาในรูปสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบหรือเสนอรูปแบบการค้นคว้า และทดลองเพื่อหาคำตอบ และ 4) การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the solution) คือ การประเมินวิธีการที่ได้ออกแบบหรือดำเนินการไปแล้วว่ามีความเหมาะสม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งพิจารณาจุดบกพร่องหรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาแนวทางให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นรายวิชาที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และมีแนวทางการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นั่นหมายความว่าวิทยาศาสตร์เป็นรายวิชาที่ต้องมีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นการฝึกให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการวางแผนค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการฝึกการแก้ปัญหา การลงมือปฏิบัติจนสามารถหาคำตอบหรือแก้ปัญหาได้ (Carin, 1997)

การส่งเสริมให้บุคคลมีทักษะในการแก้ปัญหควรเริ่มตั้งแต่เด็กในวัยประถมศึกษา (เรณู รัชต์ ประสิทธิเกตุ, 2554) ในช่วงอายุ 6-12 ปี เด็กวัยนี้จะมีทักษะในการตัดสินใจและแก้ปัญหา โดยเพียเจต์ได้กล่าวไว้ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Piaget's cognitive theory) ว่าความสามารถในการแก้ปัญหา จะเริ่มพัฒนาการตั้งแต่ขั้นที่ 3 ปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (Stage of concrete operation) เด็กที่มีอายุ 7 – 10 ปี จะเริ่มมีความสามารถในการแก้ปัญหาแบบง่าย ๆ ภายในขอบเขตจำกัดต่อมาถึงในระดับการพัฒนาขั้นที่ 4 คือ ปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (State of formal operations) เด็กอายุประมาณ 11-12 ปี เด็กจะมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลดีขึ้น และสามารถคิดแก้ปัญหาแบบซับซ้อนได้ เด็กสามารถเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรมชนิดซับซ้อนได้

(Piaget, 1962) การที่จะระบุว่าผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหรือไม่ Weir (1974) ระบุว่าจะต้องพิจารณาว่าผู้เรียนสามารถระบุถึงปัญหา คัดวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา จนกระทั่งเมื่อวิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้แล้ว ผู้เรียนต้องสามารถคิดวางแผนหาแนวทางและเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาได้ พร้อมทั้งตรวจสอบผลจากการดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้เสนอ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาปัญหาของนักเรียนในระดับประถมศึกษา พบว่านักเรียนมีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนากระบวนการคิดให้มีประสิทธิภาพอย่างเร่งด่วน (OECD, 2018) นักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาพื้นฐานที่คนทั่วไปสามารถทำได้ (อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2553; Martaningsih, et al., 2022) อีกทั้งการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่ยังคงเน้นความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา ผู้เรียนไม่มีโอกาสเลือกเรียนตามความถนัดหรือความสนใจของตนเอง และไม่ได้รับโอกาสที่จะใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ มาแก้ปัญหาด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดการแก้ปัญหาต่ำ (ปิยธิดา อินทรักษาทรัพย์, 2566; เพียงขวัญ แก้วเรือง, 2564; Inci Kuzu, 2021) จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะเมื่อต้องตอบคำถามเชิงวิเคราะห์หรือคำถามปลายเปิดในแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ซึ่งแสดงออกถึงความสามารถในการแยกแยะประเด็นสำคัญของสถานการณ์ อีกทั้งยังพบว่า นักเรียนไม่สามารถตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ในการทดลองได้ โดยส่วนใหญ่ต้องรอการชี้แนะจากครู และไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับบริบทใหม่ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ลักษณะการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนยังเน้นการสาธิตการทดลองโดยครูเป็นหลัก โดยนักเรียนมีบทบาทเพียงสังเกตและจดบันทึกผล ทำให้ขาดโอกาสในการฝึกคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีการทดลอง ไปจนถึงการประเมินผลแนวทางที่ใช้ ปัญหานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติชัย ตันติวัฒนวรรณ (2561) ที่พบว่า นักเรียนระดับประถมศึกษาจำนวนมากยังมีข้อจำกัดในการคิดเชิงระบบ โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะการตั้งคำถาม การคาดคะเน การสืบค้น และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างเป็นลำดับขั้น ขณะที่งานวิจัยของ Hmelo-Silver (2004) ชี้ว่าการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เน้นการบอกความรู้หรือการสาธิตโดยครู มักทำให้ผู้เรียนพึ่งพาการชี้แนะ และไม่เกิดการพัฒนาทักษะการคิดอย่างแท้จริง จากหลักฐานเชิงประจักษ์ข้างต้น แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายยังขาดทั้ง ทักษะการแก้ปัญหา ในระดับการระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการประเมินแนวทางที่ใช้ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ควรได้รับการส่งเสริมอย่างเร่งด่วน

การที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาได้นั้นครูผู้สอนต้องมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญ 7 ประการดังนี้ ประการแรก การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการคิด ประการที่สอง การท้าทายผู้เรียนด้วยสถานการณ์ใหม่ ๆ เน้นการนำประเด็นหรือสถานการณ์ใกล้เคียงที่ผู้เรียนสามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน (Weir, 1974) ประการที่สาม การกระตุ้นให้ผู้เรียนต้องการค้นคว้า คิดวางแผนหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายอย่างมีเหตุผลรู้จักคิดแบบมีวิจารณญาณ และเสนอแนวทางการแก้ปัญหาอยู่เสมอ ประการที่สี่ การเพิ่มประสบการณ์แก่ผู้เรียนให้มีหนทางในการแก้ปัญหามากขึ้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเผชิญหน้ากับปัญหด้วยตนเอง (ยรรยง สิ้นธุ้งาม, 2554, น.8; ปาลิตา สุขสำราญ และวารวิรัตน์ แก้วอุไร, 2562, น.156) ประการที่ห้า การกระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและสาเหตุของการเกิดปัญหา (มณฑรา ธรรมบุญ, 2545, น.1) ประการที่หก ครูผู้สอนสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความเป็นกันเองเพื่อผู้เรียนกล้าคิด กล้าเสนอแนวความคิดในชั้นเรียน และประการที่เจ็ด ครูผู้สอนเป็นผู้แนะนำแนวทางการตีความปัญหา วิธีการวางแผนแก้ปัญหา เก็บรวบรวมข้อมูล และการประเมินผลให้นักเรียนเข้าใจส่งผลให้นักเรียนสามารถดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาจนกระทั่งสรุปผลการแก้ปัญหาได้ (สายหยุด สมประสงค์, 2523 ; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2555, น. 140) ดังนั้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาจำเป็นต้องมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญเหล่านี้สอดแทรกอยู่

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาในนักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่ามีแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning: PBL) (สุชาติ นามประกาย, 2562; สุวิมล ว่องวาณิช, 2544; สมชาย นิลอุบล, 2559; อมรรัตน์ ทองทับ, 2561; อารี สวัสดิ์, 2555; Barrows, 1986; Hmelo-Silver, 2004; Savery, 2006) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม อย่างไรก็ตาม แต่ละแนวทางยังมีข้อจำกัดที่ไม่สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในครั้งนี้ ซึ่งพบว่านักเรียนขาดทักษะในการระบุปัญหา การตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์จริง การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่มีลักษณะหลากหลายและคำตอบเปิด แต่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาด้านแรงและการเคลื่อนที่ซึ่งมีหลักการและคำตอบที่ชัดเจน (Hmelo-Silver, 2004) ขณะที่การเรียนรู้แบบร่วมมือมีข้อจำกัดด้านการประเมินผลรายบุคคล และอาจไม่สามารถแสดงพฤติกรรมกรรมการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคนได้ชัดเจน (Johnson & Johnson, 2009) ส่วนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แม้

ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง แต่ยังมีบทบาทครูเป็นผู้นำในลักษณะกิจกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการระบุปัญหาด้วยตนเอง (Pedaste et al., 2015) ส่วนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนการเรียนรู้ที่ชัดเจน เป็นระบบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหา ลงมือทดลอง ทดสอบ และปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยกระบวนการนี้สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในทุกองค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้อย่างเหมาะสม (Crismond & Adams, 2012; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมเจตคติเชิงบวกและแรงจูงใจในการเรียนรู้ ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาอย่างแท้จริง

การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันด้วยการทำงานให้ได้มาซึ่งชิ้นงานโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เป็นการหาคำตอบของการแก้ปัญหา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นมา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ทำการทดลอง เพื่อให้ชิ้นงานเป็นไปตามเป้าหมาย และสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน (Museum of Science, 2007; Science Buddies, 2002) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่และเป็นส่วนหนึ่งของความสามารถที่ใช้ในการคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงสังเคราะห์ และการลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอย่างเป็นขั้นตอนจากสถานการณ์ที่พบเห็นเพื่อทำการรวบรวมและกลั่นกรองจนได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริง (สุริดา การิณี, 2560) นั่นคือกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาตามองค์ประกอบของ Weir (1974) ได้อย่างมีระบบ โดยในขั้นตอนที่ 1 คือ การระบุปัญหา (Problem identification) ผู้เรียนจะได้รับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงและถูกกระตุ้นให้ตั้งคำถาม วิเคราะห์สภาพแวดล้อม และจำแนกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่งเสริมทักษะการระบุปัญหาอย่างชัดเจน (Kolodner et al., 2003; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ขั้นตอนที่ 2 คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูล สนทนา แลกเปลี่ยนแนวคิด และเชื่อมโยงความรู้เดิมกับบริบทของปัญหา ซึ่งเป็นการส่งเสริมทักษะการนิยามปัญหาโดยการจัดระบบองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ต้องการแก้ไข (Crismond & Adams, 2012; Hmelo-Silver, 2004) ต่อมาในขั้นตอนที่ 3 การออกแบบแนวทางการแก้ปัญหา (Solution design) ผู้เรียนจะนำข้อมูลที่รวบรวมมาคิดหาทางเลือกที่หลากหลายและตั้งข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหาอย่างมี

เหตุผล ซึ่งตรงกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาในด้าน การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน โดยผู้เรียนจะต้องคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงสาเหตุของปัญหากับแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้ (สุกัญญา แซ่ลี้, 2562; Wendell & Rogers, 2013) และในขั้นตอนที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง แนวทางการแก้ปัญหา (Testing, evaluation and design improvement) เป็นกระบวนการที่ ผู้เรียนจะได้ทดลอง ใช้เครื่องมือหรือเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของแนวทางที่เลือก ตลอดจนวิเคราะห์ข้อผิดพลาดและปรับปรุงจนได้แนวทางที่ดีที่สุด ซึ่งตรงกับ การตรวจสอบการ แก้ปัญหา จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม รวมถึงมุ่งเน้นการหาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผ่านรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ที่มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผน การปฏิบัติการ การสังเกต และการสะท้อนผล (Zuber & Skeritt, 1992 p.130) ซึ่งในการ ดำเนินการแต่ละขั้นได้มีการแก้ไขปรับปรุงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีความเหมาะสมต่อ การพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในบริบทชั้นเรียน โดยผู้วิจัยมีบทบาทเป็นครูผู้ดำเนินการจัดการ เรียนรู้ให้กับนักเรียนด้วยตนเอง โดยมุ่งหวังให้นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เกิดการพัฒนา ด้านทักษะการแก้ปัญหาสามารถนำทักษะการแก้ปัญหามาใช้ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดี มากยิ่งขึ้นตลอดจนสามารถนำทักษะการแก้ปัญหาไปปรับใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้

คำถามวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถพัฒนา ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้หรือไม่ อย่างไร
2. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้ และเป็นแนวทางให้กับครูวิทยาศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษาในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาในบริบทชั้นเรียน อีกทั้งยังเป็นแนวทางแก่ครูผู้สอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์นำแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาไปใช้ในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและพัฒนาต่อไปในบริบทชั้นเรียนของตนเอง

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย

นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในพื้นที่เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน โดยการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนด้วยตนเอง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น : การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตัวแปรตาม : ทักษะการแก้ปัญหา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving skills) หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่จะเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์มาใช้ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด วิเคราะห์

สถานการณ์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา มีการวางแผนเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นำเสนอ และดำเนินการตามแนวทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบการแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากผลลัพธ์และข้อเสนอแนะ โดยได้มีการกำหนดองค์ประกอบของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) ซึ่งประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

(1) การระบุปัญหา (Statement of the problem) หมายถึง การชี้ให้เห็นถึงสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่เป็นอุปสรรค เพื่อเน้นย้ำถึงความสำคัญและความจำเป็นในการแก้ไขปัญหานั้น

(2) การนิยามปัญหา (Defining problem) หมายถึง การวิเคราะห์และเจาะลึกถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของปัญหา เพื่อทำความเข้าใจถึงสาเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยในการกำหนดขอบเขตและทิศทางของการแก้ไขปัญหาย่างมีประสิทธิภาพ

(3) การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for formulating a hypothesis) หมายถึง การรวบรวมข้อมูลและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อสร้างข้อเสนอหรือการคาดการณ์ที่สามารถทดสอบได้ ซึ่งสมมติฐานนี้จะเป็แนวทางในการดำเนินการแก้ปัญหา

(4) การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the solution) หมายถึง การประเมินและยืนยันว่าแนวทางหรือวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหานั้นมีประสิทธิภาพและได้ผลลัพธ์ตามที่คาดหวังหรือไม่ โดยพิจารณาจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา เป็นแบบอัตนัย โดยใช้สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามสถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปริกส์

2. การจัดการเรียนโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันด้วยการทำงานให้ได้มาซึ่งชิ้นงานโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เป็นการหาคำตอบของการแก้ปัญหา เพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นมา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ทำการทดลอง เพื่อให้ชิ้นงานเป็นไปตามเป้าหมายและสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในชีวิตประจำวัน ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การระบุปัญหา (Problem identification) การพิจารณาและวิเคราะห์บริบทหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เพื่อตรวจสอบความต้องการหรือความท้าทายที่ต้องการแก้ไข โดยระบุเป้าหมายของปัญหาอย่างชัดเจน พร้อมทั้งเงื่อนไขและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง

(2) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เป็นวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางการสร้างชิ้นงาน

(3) การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์ พิจารณาข้อดีและข้อจำกัดของวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขเฉพาะที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ แล้วออกแบบแนวทางการแก้ปัญหาโดยเขียนเป็นภาพร่าง

(4) การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นขั้นที่วางแผนเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้น จากนั้นลงมือแก้ปัญหตามแนวทางที่ออกแบบไว้

(5) การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, evaluation and design improvement) เป็นการทดสอบพร้อมทั้งประเมินการทำงานหรือการใช้งานของชิ้นงานที่สร้างขึ้น ตรวจสอบข้อบกพร่องของแนวทางการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

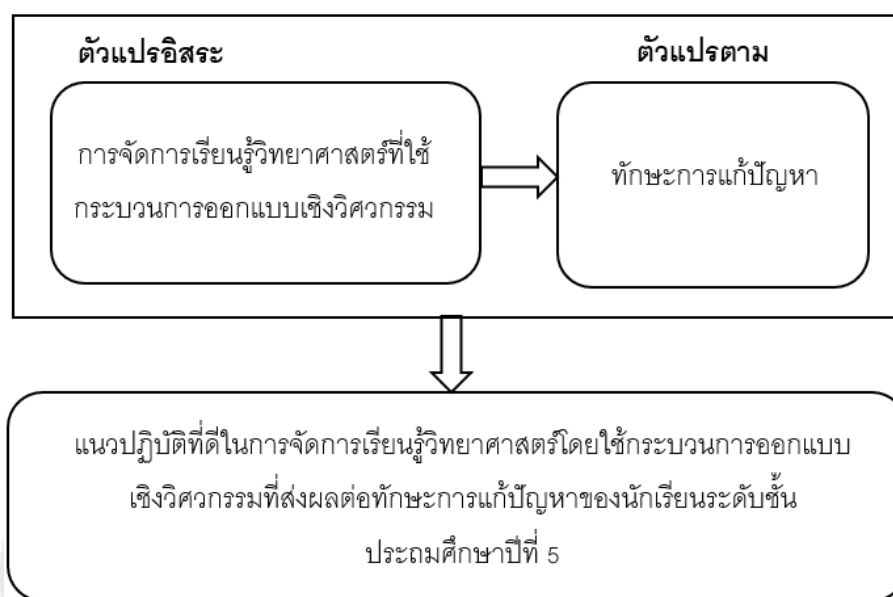
(6) นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหา โดยจะต้องนำเสนอให้น่าสนใจและเข้าใจง่าย

3. แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้หรือเทคนิคการสอนของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่เน้นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยได้มาจากการวิเคราะห์บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ถึงปัญหาและอุปสรรคหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน การสะท้อนจากใบกิจกรรมทั้ง 4 ใบกิจกรรมของแต่ละแผน แบบวัดทักษะการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

กรอบแนวคิดในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้า สุวิมล สาส์งษ์ (2563) ศึกษาผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และการศึกษาของ Li, Huang,

Jiang and Chang (2016) ที่ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียนตามแนวทางการสร้างโมเดลการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในการศึกษาผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยซึ่งสามารถแสดงแผนภาพ ได้ดังรูป



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีทักษะการแก้ปัญหาล้างเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีขนาดของผลในระดับมากขึ้นไป

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ทักษะการแก้ปัญหา

- 1.1 ความหมายของทักษะการแก้ปัญหา
- 1.2 ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา
- 1.3 องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา
- 1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา
- 1.5 การวัดและประเมินทักษะการแก้ปัญหา

2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

- 2.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 2.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 2.4 ลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

- 3.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
- 3.2 ขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

4. ขนาดของผล (Effect size)

- 4.1 ความหมายของขนาดของผล
- 4.2 การหาค่าขนาดของผลและเกณฑ์การแปลความหมาย

1. ทักษะการแก้ปัญหา

1.1 ความหมายของทักษะการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของทักษะการแก้ปัญหานักการศึกษาได้ให้ความหมายของทักษะการแก้ปัญหาไว้ 3 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 ทักษะการแก้ปัญหา คือ กระบวนการคิดที่มีลำดับขั้นตอน โดยต้องอาศัยประสบการณ์เดิมและความรู้ในการพิจารณาสังเกตปรากฏการณ์และโครงสร้างของปัญหา เพื่อให้บรรลุประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ (หัตยา เพ็ชรอิน, 2561; Eysenck, Arnold & Meili, 1972; Hank, 1993; Lefrancois, 1985; Sdorow, 1993)

ลักษณะที่ 2 ทักษะการแก้ปัญหา คือ ทักษะทางปัญญาเกิดในเฉพาะแต่ละบุคคล โดยมีกระบวนการวางแผน การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อบรรลุจุดประสงค์รวมถึงอธิบายแบบแผนที่สร้างขึ้น (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2544)

ลักษณะที่ 3 ทักษะการแก้ปัญหา คือ กิจกรรมที่แสดงความรู้ความคิด จากประสบการณ์เดิมและจากองค์ประกอบของสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง (Bourne, Bruce, & Roger, 1971)

จากความหมายของทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 3 ลักษณะ สามารถสรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหา คือ กระบวนการทางปัญญาที่เกิดขึ้นเฉพาะในแต่ละบุคคล โดยต้องอาศัยประสบการณ์เดิมร่วมกับองค์ประกอบของสถานการณ์ปัจจุบันและความรู้ในการพิจารณาโครงสร้างปัญหา สังเกตปรากฏการณ์ มีการวางแผน รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหานั้น ๆ

1.2 ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา การมีความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาที่เกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 มีรูปแบบที่หลากหลายไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังนั้นการจัดศึกษาจึงต้องมุ่งเน้นในการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ เพื่อชีวิตในศตวรรษที่ 21 (Global partnership for education, 2020) ซึ่งทักษะต่าง ๆ เหล่านั้น คือ ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยองค์กร World Economic Forum (WEF) ทำการสำรวจและวิเคราะห์ความต้องการของตลาดแรงงาน รวมทั้งแนวโน้มของเทคโนโลยีทั่วโลก ผลการศึกษาได้สรุปทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (21st-Century Skills) ออกมาเป็น 16 ทักษะ ทักษะการแก้ปัญหา เป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (World Economic Forum, 2016) การมีทักษะการแก้ปัญหา

ผนวกกับความรู้และความเชี่ยวชาญจะทำให้ประสบความสำเร็จในการทำงานและในการดำเนินชีวิต (P21 Partnership for 21st Learning, 2019) อีกทั้งเป็นหนึ่งในทักษะในการทำงานที่องค์กรต่าง ๆ ต้องการมากที่สุดจากทั้งหมด 20 ทักษะ (Hutchinson, 2022) เป็นทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนควรได้รับการปลูกฝังให้เกิดขึ้น การเรียนการสอนในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นเตรียมผู้เรียนให้เป็นนักคิดวิเคราะห์ นักแก้ปัญหา รู้จักใช้ข้อมูลข่าวสาร เป็นผู้เรียนรู้ด้วยตนเอง ตระหนักกับรู้สภาวะของโลกเป็นพลเมืองที่ทรงคุณค่า (สุปรีย์ บุรณะกนิษฐ, 2556) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด เกิดสมรรถนะสำคัญและมีคุณธรรม อันประกอบด้วย ความสามารถในการสื่อสาร การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จะเห็นได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหาเป็นหนึ่งในสมรรถนะสำคัญที่ครูจะต้องส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีคุณภาพตามหลักสูตรกำหนด (เจนจิรา ประภาสะวัต และจินตนา สรายุทธพิทักษ์, 2563)นักเรียนที่ได้ฝึกแก้ปัญหาย่างสม่ำเสมอจะช่วยให้ นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทั้งในด้านการเรียน และการดำเนินชีวิตประจำวัน (ปราณี หีบแก้ว, 2552)

1.3 องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะการแก้ปัญหา คือ การดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของการคิด ตั้งแต่เริ่มพบเจอสถานการณ์ปัญหาจนสิ้นสุดการแก้ปัญหา การที่มีกระบวนการแก้ปัญหาก็เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหานั้น จะทำให้ทักษะการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งนี้ นักเรียนที่ได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหผ่านกระบวนการการแก้ปัญหามากจะทำให้เกิดความชำนาญในการแก้ปัญหามากขึ้น (Baroody, 1993; Morgan, 1978; Woods, 1984) โดยมีนักการศึกษาและนักวิจัยได้ระบุองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

Polya (1971) ได้ระบุทักษะการแก้ปัญหผ่านกระบวนการแก้ปัญหที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1. การเข้าใจปัญหา เป็นการทำความเข้าใจถึงสิ่งที่เราต้องการหาคำตอบ 2. การคิดวางแผนในการแก้ปัญหเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่เราต้องการหาคำตอบ 3. การดำเนินการตามแผนคือการลงมือแก้ปัญหตามแนวทางที่วางแผน และ 4. การตรวจสอบการดำเนินการเป็นการทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหและตรวจสอบคำตอบหรือผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา อีกทั้ง Gick (1986) ได้นำเสนอพฤติกรรมที่สะท้อนถึงทักษะการแก้ปัญหของผู้เรียนผ่านกระบวนการแก้ปัญหโดยเริ่มต้นจาก 1.การสร้างตัวแทนปัญหา โดยผู้เรียนใช้การสร้างสัญลักษณ์ เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น 2. การคิดวิธีการแก้ปัญห เป็นการ

รวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปสู่คำตอบ 3. การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ และ 4. การประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา ว่ามุ่งไปสู่คำตอบหรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ นอกจากนี้ Krulik and Rudnik (1987) เสนอพฤติกรรมที่สะท้อนถึงทักษะการแก้ปัญหของผู้เรียนผ่าน มีกระบวนการแก้ปัญหาที่เริ่มจาก 1. การอ่านโจทย์ ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญจากโจทย์และอธิบายปัญหา 2. การสำรวจรายละเอียดของปัญหา 3. การเลือกวิธีเพื่อเตรียมการแก้ปัญหา 4. การลงมือแก้ปัญหา โดยการดำเนินการตามแผนและใช้ทักษะความรู้ที่มีอยู่ และ 5. การพิจารณาคำตอบและการขยายผล ซึ่งจากการผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหที่สะท้อนผ่านกระบวนการแก้ปัญหาจาก 3 นักการศึกษาข้างต้นมักจะถูกใช้ศึกษาในกลุ่มของสาขาคณิตศาสตร์ศึกษา (ชญาภา ใจโปร่ง, 2554; สุวัชร โพธิ์ปิ่น, 2564; ศิลาภาญจน์ รุ่งเรือง, 2559; อัจฉราภรณ์ บุญจริง, 2554; อมรรดา มินเทน และ ดุจเดือน ไชยพิชิต, 2563)

Green (1975) ได้เสนอพฤติกรรมที่สะท้อนถึงทักษะการแก้ปัญหของผู้เรียนผ่านกระบวนการแก้ปัญหามีลำดับดังนี้ 1. รู้ถึงปัญหา 2. รู้จักกฎเกณฑ์ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา 3. พบคำตอบที่ถูกต้องระหว่างการทำงาน ขั้นที่ 4 เลือกและประเมินการกระทำสำหรับการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 จัดปัญหาใหม่ หรือสร้างแนวทางในการแก้ปัญหาขึ้นใหม่ ขั้นที่ 6 ตระหนักว่ามีปัญหาอยู่ทั่วไปที่ใช้ในการฝึกความสามารถในการแก้ปัญหของเด็กปฐมวัย (ดวงพร ผกามาต, 2554) ซึ่งเหมาะสำหรับการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในระดับการศึกษาปฐมวัย

ทักษะการแก้ปัญหที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า องค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหของ Weir (1974) ส่วนใหญ่ใช้ศึกษากลุ่มรายวิชาวิทยาศาสตร์ (ดวงสมร อ่องแสงคุณ, 2565; อรทัย อาจหาญ, 2562)

ทักษะการแก้ปัญหตามแนวคิดของ Weir (1974) แบ่งออกเป็นองค์ประกอบอยู่ 4 องค์ประกอบดังนี้

(1) การระบุปัญหา (Statement of the problem) หมายถึง การบอกปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

(2) การนิยามปัญหา (Defining problem) หมายถึง การบอกสาเหตุที่แท้จริงที่เป็นไปได้ของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

(3) การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for formulating a hypothesis) หมายถึง การหาวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสาเหตุของปัญหามากที่สุด แล้วสรุปออกมาในรูปสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบหรือเสนอรูปแบบการค้นคว้า และทดลองเพื่อหาคำตอบ

(4) การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the solution) หมายถึง การประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นว่า สามารถดำเนินการหรือใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร

จากการศึกษาองค์ประกอบของการแก้ปัญหา ผู้วิจัยพบว่าองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) เหมาะสมกับการวิจัยครั้งนี้ เพราะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาส่วนใหญ่ยึดองค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาวิจัยที่พบคือนักเรียนในชั้นเรียนไม่สามารถระบุปัญหาได้ด้วยตนเองอีกทั้งไม่สามารถตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ในการทดลองได้ โดยส่วนใหญ่ต้องรอการชี้แนะจากครู และไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับบริบทใหม่ได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษา

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะการแก้ปัญหาเป็นทักษะควรถูกส่งเสริมให้เกิดในผู้เรียน การที่จะระบุว่าผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหรือไม่ จะต้องพิจารณาว่าผู้เรียนสามารถระบุถึงปัญหา คิดวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Bourne, 1971) จนกระทั่งเมื่อวิเคราะห์สาเหตุปัญหาได้แล้วผู้เรียนต้องสามารถคิดวางแผนหาแนวทางและเสนอวิธีการในการแก้ปัญหาได้ พร้อมทั้งตรวจสอบผลจากการดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางที่ได้เสนอ (Weir, 1974) แนวทางการจัดการเรียนรู้จึงต้องมีเทคนิคและคุณลักษณะสำคัญที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนจนเกิดทักษะการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา พบว่ามีอยู่ 4 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning)

เป็นกิจกรรมที่เน้นให้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองผู้เรียนมักได้ฝึกทักษะกระบวนการคิดที่หลากหลาย พร้อมทั้งฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา ค้นหาหาข้อมูล และเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาที่ชัดเจน และหาวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา รวมทั้งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้และต้องการศึกษาค้นคว้าข้อมูลไปสู่การแก้ปัญหา เกิดทักษะกระบวนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ทำให้ผู้เรียนส่วนใหญ่มีทักษะการแก้ปัญหาดีขึ้น ซึ่งผู้สอนจะต้องจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาและฝึกกระบวนการวิเคราะห์และแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจนและสามารถใช้ทักษะกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาได้ (พิมพ์เพชร ไปเจอะ, 2563; วัฒนาพร ดวงดีวงศ์, 2561)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา จากการศึกษาของ งามวิชัยของ วัฒนาพร ดวงดีวงศ์ (2561) ได้ทำการศึกษา การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหาด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับ กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ โดยใช้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมีอยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1: ระบุและเข้าใจปัญหา (Problem Identification) นักเรียนได้รับบทปัญหาจากสถานการณ์จริง แล้วร่วมกันตั้งคำถามและทำความเข้าใจสิ่งที่ต้องการแก้ไข ส่งเสริมการระบุปัญหาและความเข้าใจบริบทของปัญหา

ขั้นที่ 2: วิเคราะห์ข้อมูลและปัญหา (Problem Analysis) นักเรียนร่วมกันทดลองหรือสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติของวัสดุ ส่งเสริมการวิเคราะห์ปัจจัยและสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3: เสนอแนวทางแก้ปัญหา (Proposing Solutions) นักเรียนอภิปรายทางเลือกต่าง ๆ ในกลุ่ม พร้อมเปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย ส่งเสริมการตั้งสมมติฐานและตัดสินใจ

ขั้นที่ 4: ตรวจสอบและประเมินผล (Evaluating Outcomes) นักเรียนทดลองแนวทางที่เลือก และสะท้อนผลร่วมกับกลุ่ม ส่งเสริมการตรวจสอบผลลัพธ์และการปรับปรุงแนวทางแก้ไข

1) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

1.1) ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ การทำงานร่วมกัน และการสะท้อนคิด จากข้อมูลจริง นักเรียนมีโอกาสตั้งคำถาม วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ และประเมินผลเพื่อปรับปรุงแนวทางของตนเอง (วัฒนาพร ดวงดีวงศ์, 2561) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ลึกและยั่งยืน

1.2) นักเรียนมีแนวโน้มเสนอวิธีแก้ปัญหาที่มีเหตุผลมากขึ้น และสามารถอธิบายที่มาของสมมติฐานได้อย่างชัดเจน (Ismail et al., 2024)

1.3) นักเรียนสามารถปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาในการทดลองรอบต่อไปได้โดยไม่ต้องรอคำแนะนำจากครู (Ge et al., 2025)

2) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.1) หากสถานการณ์ปัญหาไม่มีโครงสร้างที่ชัดเจนและเอื้อต่อการเรียนรู้ อาจทำให้นักเรียนขาดทิศทางในการแก้ปัญหา (วัฒนาพร ดวงดีวงศ์, 2561)

2.2) ในช่วงต้นกิจกรรม นักเรียนยังต้องพึ่งพาครูในการชี้แนะการตั้งคำถามหรือสังเกตปัญหา (วัฒนาพร ดวงดีวงศ์, 2561)

2.3) กลุ่มที่ครูไม่กำหนดบทบาทอย่างชัดเจน ความร่วมมือในการแก้ปัญหาจะกระจุกอยู่เพียงนักเรียนบางคน (Ismail et al., 2024)

รูปแบบที่ 2 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry base learning)

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิดหาเหตุผลทำให้ค้นพบความหรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง (Bell, 2005) โดยผู้สอนตั้งคำถามประเภทกระตุ้นให้ผู้เรียน ใช้ความคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เอง สามารถนำการแก้ปัญหาไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ประณีต ช่างสีดา, 2559)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาจากการศึกษาผลงานวิจัยของวิภาวดี โอสถเจริญ นวลจิตต์ เขาวกิริตพงศ์ และ ทรงพล ผดุงพัฒนากุล (2566) ได้ทำการศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเกมการศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง การแยกสารผสม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้การจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นการคิด (Engagement)

ใช้เกมการศึกษาเพื่อสร้างความสงสัยเกี่ยวกับการแยกสารผสม ริเริ่มการตั้งคำถามของผู้เรียนส่งเสริมการ ระบุดและเข้าใจปัญหา เนื่องจากผู้เรียนได้เลือกประเด็นที่น่าสนใจและตั้งใจด้วยตัวเอง

ขั้นที่ 2 การสำรวจและสืบค้นข้อมูล (Exploration)

นักเรียนแบ่งกลุ่มและทำการทดลองและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสารผสมตามบทบาทที่ได้รับส่งเสริมการ วิเคราะห์ปัญหา ผ่านการรวบรวมและแยกแยะปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นที่ 3 การอธิบายและอภิปรายผล (Explanation)

กลุ่มนักเรียนอภิปรายผลและสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับกลไกการแยกสาร ส่งเสริมการเสนอแนวทางแก้ปัญหาพร้อมข้อเสนอเชิงเหตุผล

ขั้นที่ 4 การขยายความรู้และประยุกต์ใช้ (Elaboration)

นักเรียนนำแนวคิดที่สรุปมาใช้ในเกมหรือสถานการณ์ใหม่ เพื่อแสดงความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นส่งเสริมการตั้งสมมติฐานภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ และการปรับใช้สมมติฐานอย่างยืดหยุ่น

ขั้นที่ 5 การประเมินผลและสะท้อนคิด (Evaluation)

นักเรียนประเมินทั้งผลลัพธ์ แนวทางที่ใช้ และกระบวนการคิดของตนเองหรือกลุ่ม ผ่านการสะท้อนด้วยคำถามหรือแบบประเมินส่งเสริมทักษะการตรวจสอบและประเมินผล โดยให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแนวทางที่เลือก ตลอดจนพิจารณาความถูกต้องและประสิทธิภาพของกระบวนการแก้ปัญหา

1) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (วิภาวดี ไชยเจริญ และคณะ, 2566)

1.1) เกมการศึกษาช่วยสร้างบรรยากาศที่สนุกสนานและปลอดภัยในการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออก ตั้งคำถามได้อย่างอิสระ และมีความสนใจต่อเนื้อหา วิทยาศาสตร์มากขึ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการระบุปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2) การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองและสังเกต ด้วยตนเอง โดยมีเกมเป็นเครื่องมือกระตุ้นให้เกิดการตั้งสมมติฐานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ส่งเสริมทักษะการวิเคราะห์และเสนอแนวทางแก้ปัญหาจากข้อมูลจริงอย่างมีเหตุผล

2) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (วิภาวดี ไชยเจริญ และคณะ, 2566)

2.1) เกมจะช่วยสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ แต่หากองค์ประกอบของเกมเน้นความสนุกและการแข่งขันมากเกินไปโดยขาดการคำนึง ด้านเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ อาจส่งผลให้ผู้เรียนมุ่งเน้นที่ผลลัพธ์ของเกมมากกว่าการพัฒนา กระบวนการคิดเชิงวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

2.2) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเกมจำเป็นต้องมีการวางแผนกิจกรรมอย่างเป็นระบบ และครูต้องมีทักษะในการออกแบบเกม ชี้แนะแนวทางการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ข้อมูล และการสะท้อนผล ซึ่งหากขาดประสบการณ์หรือเวลาในการเตรียม กิจกรรม อาจทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

รูปแบบที่ 4 การเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process)

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานโดยใช้ระเบียบวิธีทาง วิทยาศาสตร์โดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานออกมา (Bicer, 2015) เมื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบเพื่อการปรับปรุงแก้ไขและได้เป็นผลงาน ที่มีประสิทธิภาพ (สุธิดา การมี, 2560; Cunningham & Kelly, 2017)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา จากการศึกษาผลงานวิจัยของ ชมพูนุท แก้วใจรักษ์ กุลธิดา นกุลธรรม และ ศศิธริน วรรณเกตุศิริ (2566) ได้ทำการศึกษา การส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและความตระหนักรู้ต่อสิ่งแวดล้อม ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง น้ำ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรมที่ บูรณาการเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ที่มีการจัดการเรียนรู้อยู่ 6 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Problem Identification) นักเรียนเริ่มต้นด้วยการ อภิปรายปัญหาที่เกี่ยวข้องกับน้ำในชีวิตประจำวัน เช่น ปัญหามลพิษน้ำ น้ำเน่าเสีย หรือการขาด แคลนน้ำสะอาดในบางพื้นที่ จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อกำหนดโจทย์ที่ต้องการแก้ไข ในบริบทของตนเอง ในขั้นนี้ส่งเสริมให้นักเรียนให้ระบุปัญหา โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกตั้ง คำถาม วิเคราะห์สภาพปัญหาอย่างเป็นรูปธรรม และเชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริง

ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) นักเรียนร่วมกันค้นคว้าข้อมูลจากหลายแหล่งเกี่ยวกับ แหล่งน้ำในท้องถิ่น วิธีการบำบัดน้ำเสีย หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งอภิปรายเพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสม ของแต่ละแนวทาง ขั้นนี้ส่งเสริม การนิยามปัญหา โดยนักเรียนได้พิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัย ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และแยกแยะข้อมูลอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) นักเรียนออกแบบแนว ทางการแก้ปัญหาน้ำตามหลักการวิศวกรรม โดย ออกแบบระบบกรองน้ำต้นแบบหรือวิธีใช้น้ำ อย่างประหยัด โดยยึดความเหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนหรือชุมชน ขั้นนี้ส่งเสริมการสืบค้นรวม รวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดสมมติฐานและเสนอแนวทางแก้ปัญหาที่มีโอกาสเป็นไปได้ นักเรียนมีโอกาส พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาหลายรูปแบบ เปรียบเทียบข้อดีข้อเสีย และเลือกวิธีที่เหมาะสม

ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักเรียนร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน แบ่งหน้าที่ และลงมือสร้างชิ้นงานหรือกิจกรรมที่ออกแบบ ไว้ ขั้นนี้ยังคงเน้นการ ส่งเสริมการสืบค้นรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดสมมติฐานและเสนอแนวทาง แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเน้นทักษะการประยุกต์ใช้แนวคิดไปสู่การลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหา อย่างมีเป้าหมายชัดเจน

ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) นักเรียนนำผลงานที่ได้ไปทดสอบใช้ในสถานการณ์ จำลอง พร้อมประเมินผลลัพธ์ และปรับปรุงแนวทางหากพบข้อบกพร่อง ขั้นนี้สอดคล้องโดยตรงกับ

การตรวจสอบการแก้ปัญหาและการประเมินแนวทาง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้จากความผิดพลาด และฝึกพัฒนางานอย่างต่อเนื่อง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation) นักเรียนนำเสนอแนวทางที่ตนเองออกแบบและทดลองต่อครูและเพื่อน พร้อมอธิบายเหตุผล ข้อดี ข้อจำกัด และการพัฒนาในอนาคต ขั้นนี้ส่งเสริม การสะท้อนคิดเชิงประเมิน (Evaluating Outcomes) ในมิติของการสื่อสารแนวคิดและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ร่วมกันในชั้นเรียน

1) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

1.1) ขั้นตอนแรกของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจสถานการณ์และกำหนดปัญหาที่ต้องการแก้ไข ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์สถานการณ์ แยกแยะปัจจัย และตั้งคำถามที่ชัดเจน ส่งผลให้สามารถระบุปัญหาได้อย่างตรงจุด (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561; NAE & NRC, 2009)

1.2) ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและการเสนอแนวทางแก้ไขในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าใจขอบเขตของปัญหา เงื่อนไข ข้อจำกัด และความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เอื้อต่อการนิยามปัญหาให้ชัดเจน และเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาแนวทางการแก้ไขในลำดับถัดไป (อารี สวัสดิ์, 2555; Hmelo-Silver, 2004)

1.3) นักเรียนต้องสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา รวมทั้งเสนอทางเลือกหลากหลายก่อนตัดสินใจเลือกวิธีการหนึ่งไปดำเนินการ ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานบนพื้นฐานของข้อมูลและเหตุผล ตลอดจนฝึกการคิดสร้างสรรค์และการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของแต่ละทางเลือก (สุกัญญา แซ่ลี, 2562; Kolodner et al., 2003)

1.4) นักเรียนได้ทดลองแนวทางแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ และประเมินผลลัพธ์เพื่อปรับปรุงแนวทางให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งสะท้อนกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) อย่างชัดเจน โดยเน้นการเรียนรู้จากความผิดพลาด และพัฒนาวิธีการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Crismond & Adams, 2012; Weir, 1974)

2) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1) การดำเนินกิจกรรมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง รวมถึงทรัพยากร อุปกรณ์ และวัสดุในการสร้างต้นแบบและทดลอง ซึ่งหากขาดการวางแผนอย่างรอบคอบ หรือสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนไม่เอื้อ อาจทำให้ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมได้ครบทุกขั้นตอน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่ได้รับประสบการณ์ที่สมบูรณ์ของการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (อารี สวัสดิ์, 2555; Crismond & Adams, 2012)

2.2) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต้องการทักษะหลากหลาย ทั้งการวางแผน การคิดวิเคราะห์ การประดิษฐ์ และการสื่อสาร ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถทางวิชาการต่ำ หรือมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ หากขาดการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับความแตกต่างระหว่างบุคคล อาจนำไปสู่ความรู้สึกไม่มั่นใจ ไม่อยากมีส่วนร่วม และเกิดความเหลื่อมล้ำในการพัฒนาทักษะ (สุกัญญา แซ่ลี, 2562; Wendell & Lee, 2010)

2.3) นักเรียนที่มีความคุ้นชินกับรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นการถ่ายทอดจากครูเป็นหลัก และขาดความมั่นใจในการคิดวิเคราะห์หรือตัดสินใจด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนบางคนไม่สามารถปรับตัวเข้าสู่รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกได้อย่างเต็มที่ กระบวนการเรียนรู้จึงอาจไม่สามารถดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (จุฬาลักษณ์ นาคะเวช, 2559; Hmelo-Silver, 2004)

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาถึงข้อดีและข้อจำกัด พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีทักษะการแก้ปัญหา ควรจะมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะสำคัญ 7 ประการดังนี้ ประการแรก การจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดอย่างมีเหตุผล ประการที่สอง การออกแบบสถานการณ์การเรียนรู้ที่มีความท้าทาย โดยใช้บริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหาเข้ากับประสบการณ์ของตนเอง และเกิดความตระหนักในความสำคัญของปัญหานั้น (Weir, 1974) ประการที่สาม การกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ วางแผน และเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลายบนพื้นฐานของเหตุผลที่ชัดเจน พร้อมทั้งกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างมีวิจารณญาณ และเสนอแนวทางแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ประการที่สี่ การสร้างโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการเผชิญปัญหา เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในการคิดและการลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะในสถานการณ์จริง (ปาลิตา สุขสำราญ และวารวิรัตน์ แก้วอุไร, 2562; ยรรยง สิ้นธุ์งาม, 2554) ประการที่ห้า การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผล รวมถึงวิเคราะห์สาเหตุที่อาจเป็นต้นตอของปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ (มณฑรา ธรรมบุศย์, 2545) ประการที่หก การจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีความเป็นมิตรและเปิดกว้าง เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกปลอดภัยและกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ แลกเปลี่ยนแนวทางกับผู้อื่นได้อย่างมั่นใจ และประการที่เจ็ด ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยให้คำแนะนำในการตีความปัญหา การวางแผนแก้ไข การรวบรวมข้อมูล และการประเมินผล ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และดำเนินการตามขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน จนสามารถสรุปผลของกระบวนการ

แก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง (สายหยุด สมประสงค์, 2523 ; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2555) การจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะสำคัญทั้ง 7 ประการที่กล่าวมาข้างต้นนี้จะช่วยส่งเสริมและกระตุ้นผู้เรียนให้ได้ฝึกฝนทักษะการแก้ปัญหา ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาจำเป็นต้องมีลักษณะสำคัญเหล่านี้สอดแทรกอยู่

แม้ว่าปัจจุบันจะมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning: PBL) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) ทว่าเมื่อนำมาพิจารณาในบริบทของการจัดการเรียนรู้เรื่องแรงและการเคลื่อนที่สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งพบว่ายังมีข้อจำกัดด้านทักษะการคิดขั้นสูง โดยเฉพาะในการระบุปัญหาและการตั้งสมมติฐาน แนวทางเหล่านี้จึงยังไม่ตอบโจทย์การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน แม้จะมีจุดเด่นในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ในสถานการณ์ที่ซับซ้อน แต่มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้กับสาระวิชาที่มีลักษณะเป็นกฎ ทฤษฎี หรือหลักการที่แน่นอน เช่น เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งเนื้อหาที่มีคำตอบเฉพาะที่ต้องการความเข้าใจที่ถูกต้องและแม่นยำ การเรียนรู้แบบเปิดในลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จึงอาจนำไปสู่ความสับสนของผู้เรียน และไม่สอดคล้องกับเป้าหมายของการสร้างความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีโครงสร้างชัดเจนในขณะเดียวกัน การเรียนรู้แบบร่วมมือ แม้จะส่งเสริมทักษะทางสังคมและการมีปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ แต่กลับมีข้อจำกัดด้านการประเมินพฤติกรรมและการแก้ปัญหารายบุคคล เนื่องจากกิจกรรมมักเน้นการทำงานกลุ่มร่วมกัน ทำให้ยากต่อการแยกแยะระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน อีกทั้งยังไม่สามารถสะท้อนพัฒนาการของทักษะแต่ละขั้นตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจกระทบต่อความถูกต้องของข้อมูลในการวิจัย สำหรับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แม้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสำรวจและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง แต่ลักษณะกิจกรรมในระดับประถมศึกษาส่วนใหญ่มักถูกกำหนดโดยครูไว้ล่วงหน้า และเริ่มต้นจากคำถามหรือปัญหาที่ครูกำหนด มากกว่าที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์จากสถานการณ์จริง ส่งผลให้ผู้เรียนมีบทบาทจำกัดในการระบุปัญหา และขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นต้นอย่างเต็มศักยภาพ เมื่อพิจารณาร่วมกับปัญหาที่พบในผู้เรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ การไม่สามารถระบุปัญหาได้ด้วยตนเอง การไม่สามารถตั้งสมมติฐานจากการทดลองและการเคยชินกับการเรียนรู้แบบครูเป็นผู้นำ ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) เป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิจัยครั้งนี้ กระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรมมีขั้นตอนที่ชัดเจนและเป็นระบบ ได้แก่ การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบแนวทางแก้ปัญหา การวางแผนและดำเนินการ การทดสอบและปรับปรุง และการนำเสนอผลการแก้ปัญหา ซึ่งแต่ละขั้นตอนล้วนสอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ตามแนวคิดของ Weir (1974) โดยเฉพาะการฝึกให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์จริง ตั้งคำถาม วิเคราะห์ปัญหา ลงมือสร้างสรรค์ ทดลอง แก้ไข และนำเสนอแนวทางของตนเอง การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยพัฒนาทั้งความคิดเชิงระบบ เจตคติเชิงบวก และความมั่นใจในการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน ทั้งยังเหมาะสมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีโครงสร้างชัดเจน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง ดังนั้น กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงมิใช่เพียงทางเลือกที่ตอบสนองต่อข้อจำกัดของแนวทางอื่น หากแต่เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุมทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน เนื้อหา และวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างแท้จริง

1.5 การวัดและประเมินทักษะการแก้ปัญหา

จากการศึกษาพบวิธีการวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหา ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) เป็นวิธีการวัดที่ช่วยให้ผู้สอนได้เข้าถึงพฤติกรรมความคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยสามารถสังเกตพฤติกรรมเชิงกระบวนการ เช่น การตั้งคำถาม การอภิปราย การปรับแนวคิดระหว่างปฏิบัติ ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินพัฒนาการของผู้เรียน (Good & Brophy, 2008) การสังเกตแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

ลักษณะที่ 1 การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ (Unstructured observation) เป็นการสังเกตทั่วไปที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติของสถานการณ์ โดยไม่กำหนดเกณฑ์ล่วงหน้า

ลักษณะที่ 2 การสังเกตแบบตั้งใจ (Structured observation) เป็นการวางแผนหรือรายการตรวจสอบล่วงหน้า และบันทึกอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์เชิงพฤติกรรมได้อย่างมีความเที่ยงตรง (Cohen, Manion, & Morrison, 2018)

2. การประเมินตนเอง (Self-assessment) เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนการกระทำของตนเองเมื่อเผชิญกับปัญหา โดยพิจารณาว่าตนเองใช้กระบวนการใดในการคิดแก้ปัญหา ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักรู้และพัฒนา Metacognition ได้ (Zimmerman, 2002) แบบประเมินตนเองมักอยู่ในรูปแบบของแบบสอบถามหรือบันทึกสะท้อนคิดที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

3. แบบสำรวจรายการ (Checklist / rating scale) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการแก้ปัญหา โดยแยกองค์ประกอบของกระบวนการคิดแต่ละขั้นไว้อย่างชัดเจน เช่น การวางแผน การเสนอแนวทางแก้ไข การตรวจสอบผล เป็นต้น ซึ่งเหมาะสำหรับใช้คู่กับการสังเกตหรือการประเมินระหว่างปฏิบัติจริง (Nitko & Brookhart, 2014) การใช้รายการตรวจสอบช่วยให้สามารถวิเคราะห์พัฒนาการและพฤติกรรมเชิงคุณภาพของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ

4. แบบวัดแบบอัตนัย (Constructed-response test) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้คำถามปลายเปิดซึ่งออกแบบจากสถานการณ์ปัญหา (Berk, 1980) เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายขั้นตอนและเหตุผลในแต่ละกระบวนการ เช่น การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเลือกวิธีแก้ไข และการประเมินผล วิธีนี้ช่วยให้สามารถประเมินความลึกของการคิด และวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาได้ครอบคลุม (Jonassen, 2000) ทั้งนี้ การให้คะแนนจะต้องกำหนดเกณฑ์ (rubric) ที่ชัดเจน เพื่อความน่าเชื่อถือในการประเมินผล

5. แบบวัดแบบเลือกตอบ (Multiple-choice problem-solving test) เป็นวิธีการวัดที่สามารถใช้ในวงกว้าง โดยออกแบบเป็นชุดสถานการณ์ที่มีคำถามหลายข้อย่อย และกำหนดตัวเลือกที่สะท้อนกระบวนการคิดในแต่ละระดับ วิธีการนี้สามารถวัดได้ทั้งการเข้าใจสถานการณ์ การวิเคราะห์ปัญหา และการเลือกแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม (Haladyna & Rodriguez, 2013) แม้ว่าจะไม่สามารถสะท้อนความลึกของการคิดเท่าแบบข้อเขียน แต่ก็มีข้อดีด้านความสะดวกในการให้คะแนน และสามารถใช้ในการวัดผลก่อน-หลังเรียนอย่างเป็นระบบได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบวัดแบบอัตนัย (Constructed-response test) เป็นเครื่องมือหลักในการวัดทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สามารถประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แสดงเหตุผล และอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นได้อย่างลึกซึ้ง (Jonassen, 2000; Nitko & Brookhart, 2014) แบบวัดประกอบด้วยสถานการณ์สมมติ 5 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มีคำถาม 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ ซึ่งออกแบบให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาดตามแนวคิดของ Weir (1974) ได้แก่ 1) การระบุปัญหา 2) การนิยามปัญหา 3) การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน และ 4) การตรวจสอบการแก้ปัญหา ทั้งนี้ การใช้แบบวัดแบบอัตนัยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบมากกว่าแบบเลือกตอบ โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ปัญหาและการประเมินแนวทางที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Haladyna และ Rodriguez (2013) ที่ระบุว่าแบบวัดลักษณะนี้สามารถวัดพฤติกรรมเชิงคิดระดับสูงได้ดีกว่า

นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนน (rubric) ที่ชัดเจน สะท้อนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลตามเป้าหมายของการวัด (Crismond & Adams, 2012)

2. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) เป็นแนวทางที่วิศวกรใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อตอบสนองสิ่งที่มนุษย์ต้องการ และถือได้ว่าเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาหรือหาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ (Cunningham et al., 2007) โดยจะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ในศาสตร์ของวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เป็นต้น รวมทั้งคณิตศาสตร์ เพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายในการได้มาซึ่งผลผลิตตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ (Winarno et al, 2020) โดยในกระบวนการจะต้องมีการออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อจุดมุ่งหมายประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งมีขั้นตอนที่หลากหลายและเป็นกระบวนการที่ได้นำเอาความรู้มาใช้ลงมือปฏิบัติจริงในการดำเนินชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในสังคม (Lin et al., 2021; วรรณารุ่งรัศมีศรี, 2550)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นแนวทางที่นำมาใช้ดำเนินการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ มีจุดมุ่งหมายที่จะออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งจะต้องอาศัยองค์ความรู้พื้นฐานของวิทยาศาสตร์ในหลากหลายแขนง บูรณาการร่วมกับความรู้พื้นฐานในรายวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ เป็นต้น

2.2 ความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเป็นเครื่องมือในการรับมือกับปัญหาและความท้าทายสำคัญที่สังคมเผชิญอยู่ในปัจจุบัน เช่น การผลิตพลังงานที่เพียงพอได้อย่างไร การป้องกันและรักษาโรค การรักษาน้ำสะอาด อาหาร และการแก้ปัญหามลพิษและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมโลก (NRC, 2012) จึงทำให้หนึ่งในเป้าหมายสำคัญขององค์กร The Next Generation of Science Standards (NGSS) คือการนำเอากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) บูรณาการร่วมกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ (NGSS, 2013)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกการคิดสร้างสรรค์ และการคิดเชิงสังเคราะห์ ใช้กระบวนการแก้ปัญหาเชื่อมโยงความรู้จากหลายศาสตร์จนได้มาซึ่งเครื่องมือหรือวิธีการที่จะสนองความต้องการของปัญหาได้

และยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ถ่ายทอดแนวคิด สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ (สุธิดา การิมี, 2017) อีกทั้งยังสร้างความสนใจให้นักเรียนเกี่ยวกับการประกอบอาชีพวิศวกร นักประดิษฐ์ และนักนวัตกรรมในอนาคต (Cunningham & Lachapelle, 2007)

2.3 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมุ่งเน้นวิธีการสืบสอบ (Inquiry method) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดสรคานิยม (Constructivism) (Museum of Science, 2007) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่อาศัยการสืบสอบค้นหาความรู้อย่างเป็นกระบวนการที่มีพื้นฐานจากปรัชญาดังกล่าว จากหลักการพื้นฐานเหล่านี้นำไปสู่การวางแผนออกแบบหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา ที่เรียกว่า K-12 Science Education โดย The National Research Council (NRC) ได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตรในปี ค.ศ. 2012 โดยการรวมแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเข้าสู่สาระแกนกลางวิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยมีขอบข่ายที่ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยีในบริบทของสังคมยุคใหม่ (NRC, 2012) จากนั้นในปี ค.ศ. 2013 ได้มีการกำหนดแนวทางผนวกหลักการทางวิศวกรรมเข้าสู่หลักสูตรการเรียนการสอนที่เรียกว่า Next Generation Science Standard (NGSS) โดยกำหนดให้ผู้เรียน ต้องสามารถออกแบบ ประเมินและวางแผนแก้ปัญหาต่อสถานการณ์ในโลกปัจจุบันได้ (NGSS, 2013) ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (New knowledge) กับความรู้เดิมประสบการณ์เดิม (Prior knowledge) เข้าด้วยกันกับนักสรคานิยม มีความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้ว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบกับความรู้ที่มีอยู่เดิม (Piaget, 1970) โดยนักการศึกษาได้กล่าวถึงทฤษฎีสรคานิยมไว้ ดังนี้

ทฤษฎีสรคานิยม เป็นทฤษฎีที่ผู้เรียนสร้างความรู้จากความคิดของตนเอง เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในบุคคลโดยไม่รู้ตัว โดยนำความรู้หลายด้านมาตีความใหม่ ความรู้บางเรื่องอาจได้มาจากประสบการณ์ตรงของตนเองหรือการแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น แล้วสร้างภาพหรือชิ้นงานที่สมบูรณ์และสอดคล้องกับสิ่งต่าง ๆ ทั้งธรรมชาติทางด้านกายภาพ และด้านจิตใจ (Selly, 1997) ผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างแล้ว โดยการเรียนรู้ในเรื่องใหม่จะต้องมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้นประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนรู้อย่างมาก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่าน

กระบวนการคิดของตัวผู้เรียนเอง โดยผู้สอนจะช่วยจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามในการปรับข้อมูลใหม่กับประสบการณ์เดิม เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น สืบเสาะ สำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ รับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย (วรรณา รุ่งรัศมีศรี, 2550)

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีและแนวคิดสรรคนิยม มีแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยกระบวนการคิดของตนเอง โดยผู้เรียนจะต้องใช้พื้นฐานความรู้เดิม เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ นำไปสู่ความเข้าใจที่แท้จริง

2.4 ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีลักษณะดังนี้ (Museum of Science, 2007)

- 1) การเรียนรู้ต้องบูรณาการหลายสาขาวิชา โดยผู้เรียนจะต้องลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง จากประสบการณ์ที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปประยุกต์กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น
- 2) เน้นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งมีหลายขั้นตอนในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- 3) เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นหลัก (Project-based learning) และลงมือปฏิบัติกิจกรรม (Hand-on construction)

2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คือ การจัดการเรียนการสอนที่นำขั้นตอนที่วิศวกรใช้เป็นแนวทางในการสร้างสรรค์ออกแบบชิ้นงานต่าง ๆ มาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยนักการศึกษาได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมออกมาดังนี้

สถาบันวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (American Association for the Advancement of Science; AAAS, 2012) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า Next Generation Science Standard (NGSS) โดยเรียกกระบวนการ

ทำงานนี้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา

ในขั้นตอนแรก นักเรียนจะต้องระบุและเข้าใจปัญหาหรือความต้องการที่เกิดขึ้น โดยมีการวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัด และบริบทของปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งกระบวนการนี้ไม่เพียงแต่เน้นการมองปัญหาอย่างลึกซึ้งเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมทักษะการตั้งคำถาม การตั้งสมมติฐาน และการสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

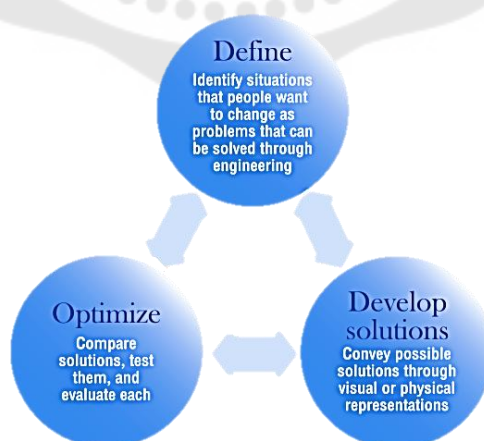
ขั้นที่ 2 การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติ

เมื่อเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจนแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา โดยผู้เรียนจะออกแบบแนวคิด สร้างต้นแบบ (Prototype) และทดลองใช้แนวทางต่าง ๆ ที่คิดขึ้นมา โดยพยายามสร้างสรรค์แนวทางที่มีประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 หาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา

ในขั้นสุดท้าย ผู้เรียนจะประเมิน เปรียบเทียบ และปรับปรุงแนวทางที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อนำไปสู่ทางเลือกที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาทั้งประสิทธิภาพ ความเป็นไปได้ คุ้มค่า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสังคม กระบวนการนี้เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสะท้อนผลการทดลอง และการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อผลลัพธ์ของตนเอง และพัฒนาแนวทางอย่างต่อเนื่อง

โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้ ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 2 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของ Next Generation Science

Standard, USA

(ที่มา: <http://www.nextgenscience.org/>)

สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศ สหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA, 2013) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ทั้งหมด 12 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 Define a justified problem – ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ปัญหาหรือความต้องการที่ชัดเจน เกี่ยวข้องกับบริบทจริง และเป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 2 Brainstorm possible solutions – กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์โดยให้ผู้เรียนระดมความคิด แสดงแนวทางที่เป็นไปได้หลากหลายแบบ

ขั้นที่ 3 Research ideas and explore possibilities – พัฒนาแนวคิดโดยอาศัยข้อมูล วิชาการ งานวิจัย หรือความรู้จากศาสตร์อื่นๆ เพื่อสร้างฐานความรู้สำหรับการออกแบบ

ขั้นที่ 4 Establish criteria and constraints – ระบุเกณฑ์ความสำเร็จและข้อจำกัดทางเทคนิคหรือทรัพยากร เพื่อเป็นกรอบในการวางแผน

ขั้นที่ 5 Consider alternative solutions – ประเมินแนวคิดเบื้องต้นโดยใช้เกณฑ์ เช่น ความคุ้มค่า ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย

ขั้นที่ 6 Select an approach / Select the best solution – เลือกแนวทางหรือแนวคิดที่เหมาะสมที่สุดตามเกณฑ์จากขั้นก่อน

ขั้นที่ 7 Develop a design proposal – สร้างแผนการออกแบบที่ชัดเจน วาดภาพวาด จัดทำสมมติฐานหรือไดอะแกรม

ขั้นที่ 8 Make a model or prototype / Build the design – ลงมือสร้างต้นแบบเพื่อทดลองรูปแบบการออกแบบจริง

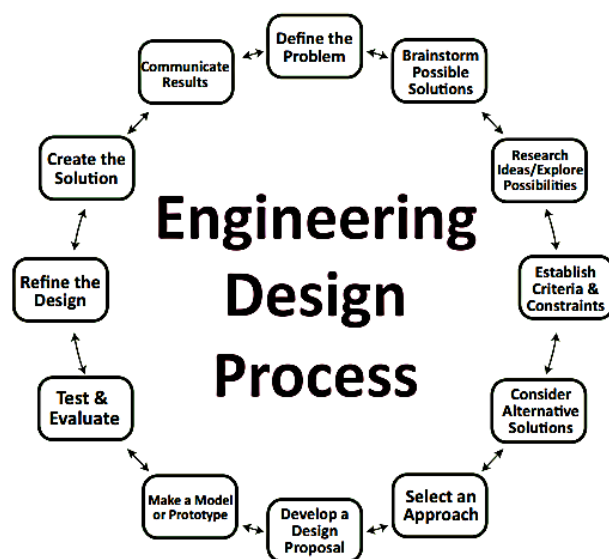
ขั้นที่ 9 Test & evaluate the design – ทดสอบและประเมินผลองค์ความรู้ปฏิบัติ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 10 Refine the design – ทำการปรับปรุง และพัฒนาแบบตามผลการทดสอบเพื่อความเหมาะสม

ขั้นที่ 11 Create the solution– ผลิตชิ้นงานจริงตามแบบที่ผ่านการพัฒนาและปรับปรุง

ขั้นที่ 12 Communicate results – นำเสนอผลงานและผลการออกแบบ สื่อสารกระบวนการและข้อเสนอแนะ

โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้ ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 3 Twelve-step engineering design process (International Technology and Engineering Educators Association, ITEEA)

(ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/step-engineering-design-process-International-Technology-and-Engineering-Educators_fig1_317054643)

พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) (2014) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EiE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือเด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 Ask การกำหนดและวิเคราะห์ปัญหา ผู้เรียนระบุปัญหาอย่างชัดเจน (Define the problem) โดยวิเคราะห์ เกณฑ์ความสำเร็จ (Criteria) และ ข้อจำกัด (Constraints) ที่เกี่ยวข้องกับบริบทจริง การตั้งคำถามเชิงลึกช่วยกระตุ้นการอ้างอิงประสบการณ์เดิมและสร้างกรอบการสืบค้นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการออกแบบ

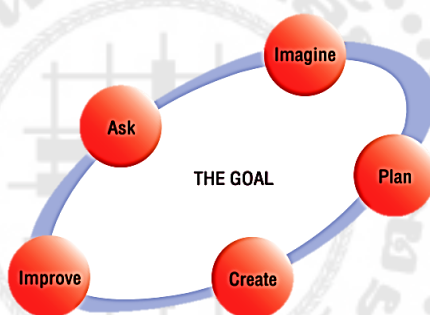
ขั้นที่ 2 Imagine การสร้างและคัดเลือกแนวคิด ผู้เรียนระดมสมอง (Brainstorm) อย่างอิสระเพื่อผลิตแนวคิดที่หลากหลาย จากนั้นประเมินข้อดี-ข้อด้อยของทางเลือกแต่ละแนวคิดด้วยหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์และเหตุผลเชิงวิศวกรรม ขั้นตอนนี้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (Divergent thinking) ควบคู่กับการใช้หลักการวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในการตัดสินใจเลือกแนวคิดที่มีศักยภาพสูงสุด

ขั้นที่ 3 Plan การวางแผนออกแบบ ผู้เรียนแปลงแนวคิดที่เลือกเป็น แบบร่าง (Sketch/drawing) พร้อมลำดับขั้นตอน วัสดุ และเครื่องมือที่จะใช้ การเขียนแผนอย่างเป็นระบบ เสริมทักษะ metacognition โดยทำให้ผู้เรียนต้องพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเกณฑ์ความสำเร็จ (Criteria) กับข้อจำกัด (Constraints) ก่อนลงมือสร้างต้นแบบ

ขั้นที่ 4 Create การสร้างต้นแบบและทดสอบเบื้องต้น ผู้เรียนดำเนินการสร้าง ต้นแบบ (Prototype) ตามแผนที่วางไว้ แล้วทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นเพื่อรวบรวมข้อมูล ประสิทธิภาพเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ขั้นนี้ส่งเสริมการเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับปฏิบัติจริง และพัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน

ขั้นที่ 5 Improve การประเมินและปรับปรุง ผู้เรียนวิเคราะห์ผลการทดสอบ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ความสำเร็จ แล้วปรับแก้แบบหรือกระบวนการผลิตเพื่อให้ต้นแบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจร ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 4 วงจรกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Engineering is Elementary, UK

(ที่มา: <http://www.eie.org/>)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี STEM Education Thailand (2018) ได้กำหนดขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ไว้ 6 ขั้นตอน ต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem identification)

นักเรียนเริ่มต้นด้วยการสังเกตและวิเคราะห์บริบทที่เป็นปัญหาหรือความต้องการของผู้ใช้ โดยระบุเกณฑ์ความสำเร็จและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง ครูมีบทบาทเป็นผู้นำเสนอปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สร้างสถานการณ์จำลองหรือกรณีศึกษาที่กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงวิศวกรรม และกำหนดวัตถุประสงค์โดยใช้กระบวนการตั้งสมมติฐานและวางกรอบการค้นคว้า

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search)

นักเรียนค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ครูช่วยเลือกและแนะนำสื่อการเรียนรู้ ที่แนะกระบวนการวิจัยแบบ

สืบเสาะที่เหมาะสม พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและสนับสนุนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเชิงวิชาการระหว่างนักเรียน

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design)

นักเรียนระดมความคิดและวาดภาพร่างแนวทางแก้ปัญหา พร้อมประเมินความเป็นไปได้ตามเกณฑ์และข้อจำกัด จากนั้นทำการเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด ครูสนับสนุนการคิดสร้างสรรค์โดยใช้คำถามกระตุ้นความคิด ช่วยให้นักเรียนสามารถใช้เหตุผลเชิงวิศวกรรม วิเคราะห์ข้อดี-ข้อจำกัด และนำองค์ความรู้จากสาขาต่าง ๆ มาเชื่อมโยงในกระบวนการออกแบบ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development)

นักเรียนจัดทำแผนการออกแบบที่จะเขียน ครอบคลุมวัสดุ วิธีการ เครื่องมือ และขั้นตอนการทำงานก่อนลงมือสร้างต้นแบบ ครูมีบทบาทเตรียมวัสดุและอุปกรณ์จัดสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย และควบคุมกระบวนการลงมือปฏิบัติโดยให้ข้อเสนอแนะและเสริมแรงเชิงบวกในการทำงานเป็นทีม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement)

นักเรียนดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพ เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นปรับต้นแบบให้ดีขึ้นตามผลการทดสอบ โดยครูชี้แนะแนวทางการตั้งตัวแปร การสะท้อนผล และการตัดสินใจบนพื้นฐานหลักฐาน พร้อมส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้แบบวนซ้ำ

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

นักเรียนจัดทำรายงาน ผลงาน เพื่อสื่อสารกระบวนการ การแก้ปัญหา และบทเรียนที่ได้รับ ครูส่งเสริมทักษะการสื่อสารวิชาการโดยให้คำแนะนำด้านโครงสร้าง การใช้ภาษาที่เหมาะสม และการนำเสนอแบบมืออาชีพ ตลอดจนการประเมินร่วมระหว่างกลุ่มนักเรียนเพื่อฝึกทักษะการรับ-ให้ข้อเสนอแนะอย่างสร้างสรรค์ ดังแผนภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ผังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

(ที่มา <http://www.stemedthailand.org>)

จากการศึกษาขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการดำเนินขั้นตอนที่คล้ายกัน แต่มีจำนวนของขั้นตอนที่แตกต่างโดยจะเริ่มจากขั้นระบุ สำนวญปัญหา ตามมาด้วยขั้นรวบรวม สืบเสาะหาวิธีการที่แก้ไขปัญหานั้นเป็น การวางแผนและพัฒนาชิ้นงาน ตามด้วยทดสอบ ประเมินชิ้นงานเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด และขั้นสุดท้ายคือสื่อสารผลลัพธ์ นำเสนอชิ้นงาน ซึ่งผู้วิจัยเล็งเห็นว่าขั้นกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2561) เป็นกระบวนการที่ ครอบคลุม เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิด สร้างสรรค์ผลงาน นำไปสู่นวัตกรรมตอบโจทย์โลกแห่งอนาคตได้

3. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

3.1 ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ การศึกษาหาความจริงสำรวญปัญหาที่เกิดจากการ จัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการ เรียนรู้ ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยครูผู้สอน โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มผู้เรียนที่เกิดปัญหาในการเรียนรู้ และพร้อมที่จะให้ความร่วมมือเพื่อแก้ปัญหาในการเรียนรู้นั้น ๆ (จิตติพร กรัยวิเชียร, 2555; สุวิมล ว่อง วาณิช, 2555) โดยกำหนดเทคนิคหรือวิธีการจัดการเรียน ปรับปรุงรูปแบบการสอน หรือการใช้สื่อ นวัตกรรมการสอน เพื่อให้เกิดผลการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้นั้น ๆ (ปัญญา ธีระ วิทยเลิศ, 2561) และเมื่อจบการวิจัยในแต่ละครั้งผลของการวิจัยจะสะท้อนการปฏิบัติการสอนของ ครูและสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมวิชาชีพได้ (Brydon-Miller, 2003; ส่งสุข ไผะฉอ, 2547) เพื่อสร้างความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มผู้เรียนนั้น จนเกิด ประสิทธิภาพสูงสุดในการจัดการเรียนการสอน (Kemmis, 2006: 273)

จากการที่ผู้วิจัยศึกษาความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน พบว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง การดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นกลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาในการเรียนรู้จากการสำรวจสภาพปัญหา โดยกำหนดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมผู้เรียนให้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ นั้น ๆ ดำเนินการวิจัยโดยครูผู้สอน และผลการวิจัยจะสามารถสะท้อนการปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนของครูอีกทั้งยังนำข้อมูลร่วมแลกเปลี่ยนกับเพื่อนครูให้เกิดความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาและปรับปรุงการจัดเรียนรู้ที่มีปัญหาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

3.2 ขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Zuber & Skerritt, 1992) ดังนี้

- 1) ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการสำรวจถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ โดยขั้นตอนนี้อาจมีเพื่อนร่วมงาน ผู้เรียน หรือบุคคลอื่น ๆ ที่มาช่วยในการวางแผนแนวทางในการแก้ปัญหาในชั้นเรียน
- 2) ขั้นปฏิบัติการ (Act) เป็นขั้นตอนในการปฏิบัติกรวิจัย โดยอาจมีการใช้ข้อมูลจากการทดสอบ หรือจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้
- 3) ขั้นสังเกต (Observe) เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการสังเกต โดยดูสิ่งที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้ จากการใช้แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ แบบสำรวจ รวมไปถึงการใช้แบบทดสอบในการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 4) ขั้นสะท้อน (Reflect) เป็นขั้นตอนการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้อยู่ย้อนกลับโดยมีการสะท้อนผลและตรวจสอบการปฏิบัติการวิจัย โดยมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย มาร่วมกันอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุง และทำการวางแผนเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

4. ขนาดของผล (Effect size)

4.1 ความหมายของขนาดของผล

ขนาดของผล (Effect size) คือ สถิติที่ใช้ในการศึกษาผลที่เกิดจากตัวแปรต้น (Independent variable) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม (Dependent variable) ที่ได้จากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบหรือการศึกษาเชิงความสัมพันธ์ (Nakagawa, & Cuthill, 2007)

4.2 การหาค่าขนาดของผลและเกณฑ์การแปลความหมาย

ขนาดของผลมีวิธีการหาค่าได้หลายแบบขึ้นอยู่กับประเภทของการวิจัยและสถิติที่ใช้ทดสอบ โดยสามารถจำแนกได้ 3 กลุ่ม ตามเกณฑ์ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval)

ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval: CI) หมายถึง วิธีหนึ่งในการรายงานค่าขนาดของผล (Effect size) โดยแสดงค่าประมาณของขนาดอิทธิพลพร้อมกับช่วงค่าที่คาดว่าค่าจริงของประชากรจะอยู่ภายในช่วงดังกล่าว ด้วยระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (มักใช้ 95%) แนวคิดนี้ช่วยให้การตีความขนาดของผลมีความแม่นยำและเชิงอนุมานมากกว่าการพิจารณาการประมาณค่าเดียว (Point estimate)

การรายงาน Effect size ควบคู่กับ CI เป็นแนวปฏิบัติที่ได้รับการส่งเสริมในงานวิจัยเชิงสถิติสมัยใหม่ เนื่องจากช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึง ความไม่แน่นอน และ ความเสถียร ของค่าประมาณ ตัวอย่างเช่น หากค่า Cohen's $d = 0.50$, 95% CI = [0.12, 0.88] หมายความว่า เรามั่นใจ 95% ว่าขนาดอิทธิพลของประชากรจะอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.88 ซึ่งช่วยให้ตีความได้ว่าผลการทดลองอาจมีอิทธิพลเล็กน้อยถึงปานกลาง

การใช้ CI แทนหรือควบคู่กับ p-value ยังช่วยลดความเข้าใจผิดเรื่อง “ความมีนัยสำคัญ” และเป็นไปตามแนวทางของ APA ที่แนะนำให้รายงาน Effect size พร้อม Confidence interval เพื่อเพิ่มคุณค่าทางวิชาการของการวิจัย (American Psychological Association, 2020) กรณีการหาค่าขนาดของผลแบบ dependent samples คือวัดผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กลุ่มที่ศึกษาจากกลุ่มเดียวกันใช้การคำนวณ ดังนี้

$$CI = d \pm t_{\alpha/2} \cdot SE_d$$

โดยที่

$$SE_d = \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{d^2}{2n}}$$

และ

d คือ ค่าขนาดของผลที่คำนวณได้

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$t_{\alpha/2}$ คือ ค่าจากตาราง t distribution

SE_d คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ Cohen's d

เกณฑ์การแปลผลค่าขนาดของผล: กลุ่มที่ 1 ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval)

การแปลผลช่วงความเชื่อมั่นในบริบทของค่าขนาดของผลมีหลักการที่สำคัญดังนี้

- หากช่วง CI ไม่ครอบคลุมค่า 0 แสดงว่าค่าขนาดของผลมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายถึงความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ที่ตรวจพบมีแนวโน้มเป็นจริงในประชากร

- หากช่วง CI ครอบคลุมค่า 0 จะไม่สามารถสรุปได้ว่าผลนั้นมีนัยสำคัญอย่างแท้จริง เพราะมีความเป็นไปได้ที่ค่าขนาดของผลจริงอาจเท่ากับ 0

- ช่วง CI แคบ แสดงถึงความแม่นยำสูงของการประมาณค่า และให้ความมั่นใจในการแปลผลได้มากกว่า ในขณะที่ช่วงที่กว้างบ่งชี้ถึงความไม่แน่นอนในการประมาณค่าขนาดของผล (Cumming & Calin-Jageman, 2017)

ดังนั้น การรายงานค่าขนาดของผลควรนำเสนอพร้อมช่วงความเชื่อมั่น เพื่อให้ผู้อ่านสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ได้อย่างรอบด้าน ทั้งนี้ในงานวิจัยเชิงทดลองที่ใช้การเปรียบเทียบก่อนเรียน-หลังเรียน ค่าช่วงความเชื่อมั่นของ Cohen's d หรือ r^2 มักถูกนำเสนอรวมกันกับค่า p เพื่อสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งต่อผลลัพธ์

กลุ่มที่ 2 หน่วยมาตรฐานของความแตกต่าง (Standardized units of difference)

หน่วยมาตรฐานของความแตกต่าง หมายถึง วิธีการแปลงค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มออกมาในรูปแบบของ ค่าเฉลี่ยที่มีหน่วยมาตรฐาน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยต่าง ๆ ได้ แม้ว่าจะใช้ตัวแปรต่างชนิดหรือมาตรวัดต่างกันก็ตาม โดยมักใช้ในงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ โดยตัวชี้วัดที่เหมาะสม (Cohen, 1988; Lakens, 2013; Morris & DeShon, 2002) มีดังนี้:

1. Cohen's d for Dependent Samples

ใช้วัดขนาดของผลในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะซ้ำวัด (Repeated measures) เช่น คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเดียวกัน โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน แล้วหารด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง

$$d = \frac{\bar{X}_{\text{post}} - \bar{X}_{\text{pre}}}{SD_{\text{diff}}}$$

โดยที่

$\bar{X}_{\text{post}}$ คือ ค่าเฉลี่ยหลังเรียน

$\bar{X}_{pre}$ คือ ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน

SD_{diff} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

2. Hedges' g for Dependent Samples

เป็นค่าที่ปรับจาก Cohen's d เพื่อลดความเอนเอียงทางสถิติ (Bias) เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก โดยยังสามารถใช้กับการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนได้

$$g = d \times \left(1 - \frac{3}{4N - 9}\right)$$

โดยที่

d คือ ค่า Cohen's d จากข้อมูลที่ได้

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

3. Glass's Δ (Delta)

Glass's Δ มักใช้เมื่อกลุ่มควบคุมมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มั่นคง แต่ในกรณี Pretest–Posttest ที่ไม่มีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม การใช้ Glass's Δ อาจถูกประยุกต์โดยใช้ SD ของคะแนนก่อนเรียนเป็นฐาน

$$\Delta = \frac{\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pre}}{SD_{pre}}$$

โดยที่

$\bar{X}_{post}$ คือ ค่าเฉลี่ยหลังเรียน

$\bar{X}_{pre}$ คือ ค่าเฉลี่ยก่อนเรียน

SD_{pre} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนการจัดการเรียนรู้

เกณฑ์การแปลผลค่าขนาดของผล (Effect size) กลุ่มที่ 2: หน่วยมาตรฐานของความแตกต่าง (Standardized units of difference)

โดยแต่ละตัวชี้วัดจะมีเกณฑ์การแปลความหมายคล้ายกันตามแนวทางของ Cohen (1988) ซึ่งแสดงไว้ดังนี้

- ค่าขนาดของผล น้อย (Small): $0.20 \leq d < 0.50$
- ค่าขนาดของผล ปานกลาง (Medium): $0.50 \leq d < 0.80$
- ค่าขนาดของผล มาก (Large): $d \geq 0.80$

ในกรณีที่มิมีขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อย นักวิจัยนิยมใช้ Hedges' g ซึ่งเป็นการปรับค่าของ Cohen's d เพื่อลดความเอนเอียงของค่าประมาณในกลุ่มเล็ก การแปลผลค่าขนาดของผลควรพิจารณาพร้อมกับ ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) (Lakens, 2013) เพื่อสะท้อนความไม่แน่นอนของการประมาณค่าและเพิ่มความน่าเชื่อถือในการสรุปผลการวิจัย

กลุ่มที่ 3 สถิติการมีส่วนร่วมของความแปรปรวน (Variance accounted for statistics)

เป็นการรายงาน Effect size ในรูปแบบของ สัดส่วนของความแปรปรวนที่ตัวแปรอิสระอธิบายได้ในตัวแปรตาม โดยนิยมใช้ในงานวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA), การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression), และการวิเคราะห์โมเดลเชิงโครงสร้าง (SEM) เป็นต้น ซึ่งนิยมใช้ตัวชี้วัด (Cohen, 1988; Olejnik & Algina, 2003) ต่อไปนี้

1. Eta Squared (η^2)

ใช้ใน ANOVA เพื่อวัด Effect size ของแต่ละตัวแปรอิสระ

$$\eta^2 = \frac{SS_{\text{effect}}}{SS_{\text{total}}}$$

โดยที่

SS_{effect} คือ ค่าความแปรปรวนของปัจจัย (ระหว่างกลุ่ม)

SS_{total} คือ ค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมด

2. Omega Squared (ω^2)

เป็นค่าที่ปรับจาก η^2 ให้แม่นยำขึ้น

$$\omega^2 = \frac{SS_{\text{effect}} - (df_{\text{effect}} \times MS_{\text{error}})}{SS_{\text{total}} + MS_{\text{error}}}$$

โดยที่

SS_{effect} คือ ค่าความแปรปรวนของปัจจัย (ระหว่างกลุ่ม)

SS_{total} คือ ค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมด

df_{effect} คือ องศาอิสระของปัจจัย

MS_{error} คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนภายในกลุ่ม

3. Epsilon Squared (ϵ^2)

คล้ายกับ ω^2 แต่ใช้ง่ายกว่าและไม่ค่อยแพร่หลาย

$$\epsilon^2 = \frac{SS_{\text{effect}} - (df_{\text{effect}} \times MS_{\text{error}})}{SS_{\text{total}}}$$

โดยที่

SS_{effect}	คือ ค่าความแปรปรวนของปัจจัย (ระหว่างกลุ่ม)
SS_{total}	คือ ค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมด
df_{effect}	คือ องศาอิสระของปัจจัย
MS_{error}	คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนภายในกลุ่ม

4. Coefficient of Determination (R^2)

ใช้ใน การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression)

$$R^2 = \frac{SS_{regression}}{SS_{total}}$$

โดยที่

$SS_{regression}$ คือ ความแปรปรวนที่อธิบายได้โดยโมเดล (จากตัวแปรอิสระ)

SS_{total} คือ ความแปรปรวนทั้งหมดของตัวแปรตาม

เกณฑ์การแปลผลค่าขนาดของผล (Effect size) กลุ่มที่ 3 สถิติการมีส่วนร่วมของความแปรปรวน (Variance accounted for statistics)

ค่าขนาดของผลในกลุ่มนี้สะท้อนถึง สัดส่วนของความแปรปรวนในตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้โดยตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสัมพันธ์เชิงเหตุผลและประสิทธิภาพของโมเดลทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยนิยมใช้กับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA, ANCOVA) และการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) (Olejnik and Algina, 2003; Kline, 2016)

ตัวชี้วัดหลักที่ใช้ได้แก่ ค่า η^2 , ω^2 , ε^2 และ R^2 ซึ่งสามารถแปลผลตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) ดังนี้

โดยที่ ค่า η^2 , ε^2 และ ω^2 ใช้เกณฑ์การแปลความหมายเดียวกันตามแนวทางของ Cohen (1988) คือ

0.01 = small effect

0.06 = medium effect

0.14 = large effect

ส่วนค่า R^2 ใช้เกณฑ์การแปลความหมายเฉพาะตามการเสนอแนวทางของ Ferguson (2009) คือ

0.04 = small effect

0.25 = moderate effect

0.64 = large effect

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของผล (Effect size) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การหาค่าขนาดของผลในกลุ่มที่ 2 หน่วยมาตรฐานของความแตกต่าง (Standardized units of difference) เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยเลือกตัวชี้วัดเป็น Hedges' g เนื่องจากมีความเหมาะสมกับขนาดของกลุ่มที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและบริบทชั้นเรียน
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษาและเนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การศึกษานำร่อง
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
7. การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและบริบทชั้นเรียน

ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมข้อมูล วางแผนและหาแนวคิดที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับบริบทและปัญหาในชั้นเรียน

ผู้วิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับบริบทและปัญหาของการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยสังเกตจากกลุ่มนักเรียนในชั้นเรียนที่ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง จากการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดการคิดขั้นสูงท้ายบทเรียน จำนวน 30 คน จัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุปัญหาได้ด้วยตนเอง โดยพิจารณาจากการทำแบบฝึกหัดการคิดขั้นสูงท้ายบทเรียน และจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มนี้ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ครูต้องเป็นผู้แนะแนวทางการระบุปัญหาให้นักเรียน อีกทั้งการตั้งสมมติฐานจากปัญหาในการทดลองวิทยาศาสตร์ นักเรียนไม่สามารถตั้งสมมติฐานจากการทดลองด้วยตนเองได้ รวมไปถึงการทดลองที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนส่วนมากจะเป็นในลักษณะของการสาธิตการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้แนะแนวทางชี้ให้นักเรียนเห็นปัญหาดังสมมติฐาน รวบรวมข้อมูล และสรุปผลการทดลอง นั้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนในกลุ่มนี้ขาดทักษะการแก้ปัญหาจึงควรได้รับการส่งเสริม

1.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องการดำเนินงานวิจัยเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับนิยามความหมายของทักษะการแก้ปัญหา ความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา รวมไปถึงแนวทางการวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหา จากเอกสารและงานวิจัย นำข้อมูลมาสรุปเป็นโครงสร้างในการสร้างเครื่องมือ เพื่อพัฒนาและวัด ประเมินผลทักษะการแก้ปัญหา

2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษาและเนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

2.1 กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในพื้นที่เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน โดยการเลือกตามความสะดวก (Convenience sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนด้วยตนเองจัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

2.2 เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เนื้อหาเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องจัดการเรียนการสอนให้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื่องจากเป็นความรู้ที่เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การเดิน วิ่ง ยกของ การเล่นกีฬา หรือการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (ประภาพร แสนอุบล และสุชาติ สวัสดิ์ศรี, 2564) ประกอบด้วยหัวข้อย่อย ดังนี้

1. แรงลัพธ์ (Resultant force)
2. แรงเสียดทาน (Friction force)

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ 2 แบบ คือ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

- แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีขั้นตอนดังนี้

1.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษา ในสาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ ซึ่งเป็นสาระที่ใกล้ตัวสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนโดยเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ 1 หน่วยเรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ได้แก่

ว 2.2 ป.5/1 อธิบายวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ป.5/2 เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแนวเดียวกันและแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ว 2.2 ป.5/3 ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุ

ว 2.2 ป.5/4 ระบุผลของแรงเสียดทานที่มีต่อการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของวัตถุจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ป.5/5 เขียนแผนภาพแสดงแรงเสียดทานและแรงที่อยู่ในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุ

1.1.2 ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อใช้ประกอบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การระบุปัญหา (Problem identification), 2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information Search), 3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design), 4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development), 5. การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, evaluation and design improvement) และ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Presentation)

1.1.3 วางโครงสร้างและเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แบ่งออกเป็น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนละ 4 ชั่วโมง รวม 16 ชั่วโมง โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	ชิ้นงาน/ผลงาน	จำนวนชั่วโมง
1	แรงผลักดัน	สถานการณ์ปัญหาที่ 1 การลำเลียงผู้บาดเจ็บ “Casualty evacuation” นักเรียนจำลองสถานการณ์การลำเลียงผู้บาดเจ็บจากพื้นที่ประสบภัยพิบัติ โดยใช้ยานพาหนะที่ออกแบบเอง เพื่อเคลื่อนที่ผ่านเส้นทางจำลองที่มีความซับซ้อน	รถขนส่งผู้บาดเจ็บ	4
		เงื่อนไข - นักเรียนเลือกวัสดุได้ 2 ชนิดจากรายการที่กำหนด - ใช้แรงจากเชือกและเครื่องซึ่งสปริงในการเคลื่อนที่ - ต้องควบคุมให้การลำเลียงไม่ล้ม ผู้บาดเจ็บไม่ตก		
2		สถานการณ์ปัญหาที่ 2 เทศกาลว้าว “Kite festival” นักเรียนได้รับมอบหมายให้ออกแบบและสร้างว่าวที่สามารถลอยขึ้นได้สูงและอยู่กลางอากาศได้นาน โดยใช้วัสดุที่จำกัดและมีข้อจำกัดด้านเวลา เพื่อเข้าร่วมการแข่งขันในงานเทศกาลว้าวของโรงเรียน	ว่าว	4
		เงื่อนไข - ว่าวต้องลอยได้สูงอย่างน้อย 3 เมตร - ต้องลอยอยู่กลางอากาศได้นานไม่น้อยกว่า 3 นาที - ใช้วัสดุในการสร้าง ไม่เกิน 2 ชนิด จากรายการที่กำหนด - ออกแบบโดยคำนึงถึง น้ำหนัก โครงสร้าง และแรงลม		

แผนการจัดการ การเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สถานการณ์ปัญหา	ชิ้นงาน/ ผลงาน	จำนวน ชั่วโมง
3	แรงเสียดทาน	สถานการณ์ปัญหาที่ 3 ถุงมือสุดอัจฉริยะ “Amazing Gloves” ในปี ค.ศ. 3024 เมืองดิมิเทอร์ซึ่งเป็นดินแดนเกษตรกรรมสุดท้ายของโลกเกิดเหตุบ่อเก็บน้ำมันพืชรั่วไหลในยุงฉาง ทำให้ผลไม้จำนวนมากปนเปื้อนน้ำมัน หากไม่สามารถกอบกู้ผลไม้ได้ทันเวลา จะเกิดภาวะขาดแคลนอาหารในหลายพื้นที่ทั่วโลก เงื่อนไข - ออกแบบถุงมือโดยใช้วัสดุที่กำหนด - ภารกิจมีเวลาในการปฏิบัติ 3 นาทีต้องกอบกู้ผลไม้ให้ได้มากที่สุด - แต่ละทีมเลือกผู้ปฏิบัติภารกิจได้ 1 คน	ถุงมือเก็บเกี่ยว	4
		สถานการณ์ปัญหาที่ 4 รถไร้คนขับ “Autonomous Car” นักเรียนได้รับโจทย์ให้จำลองการออกแบบรถไร้คนขับที่สามารถหยุดในตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างแม่นยำภายใต้บริบทของการใช้แรงเสียดทานอย่างเหมาะสม โดยจำลองสนามทดลองที่แบ่งเป็นพื้นที่ให้คะแนน และทดสอบรถภายใต้เงื่อนไขจำกัด เงื่อนไข - รถต้องเริ่มจากจุดปล่อยเดียวกันบนพื้นเอียง - รถต้องหยุดในพื้นที่เป้าหมาย (แดง 50 แด้ม, เขียว 30 แด้ม, ฟ้ำ 10 แด้ม) - ได้ทดสอบ 3 ครั้ง คะแนนรวมสูงสุดเป็นผู้ชนะ - ออกแบบโดยคำนึงถึงแรงเสียดทานที่เหมาะสมเพื่อควบคุมระยะหยุดของรถ	รถประดิษฐ์	4
รวม				

1.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่สร้างขึ้น ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไข ในประเด็นต่อไปนี้

- ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สะท้อนทักษะการแก้ปัญหามากขึ้น
- ปรับสถานการณ์ปัญหาและเงื่อนไขที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับช่วงวัยและสอดคล้องกับตัวชี้วัดมากขึ้น
- ปรับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหามากขึ้น
- ปรับใบกิจกรรมให้มีการสะท้อนองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหามากขึ้น

1.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปตรวจสอบหาความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการจัดการเรียนรู้ประถมศึกษา จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุง และหาคำดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli and Hambleton, 1977) จึงจะถือว่ามีความสอดคล้อง และพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ โดยมีเกณฑ์ดังนี้

ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

-1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้ไม่มีความสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กำหนดเกณฑ์ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้
วิชาวิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม กำหนดเกณฑ์การแปลผลตาม บุญชม ศรี
สะอาด (2560 น.121) ดังนี้

- 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
- 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก
- 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
- 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย
- 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

เมื่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมด้าน
ภาษาและการนำไปใช้ พบว่า องค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน มีความสอดคล้อง
กับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีค่าความสอดคล้องที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในช่วง 0.67 –
1.00 แปลผลได้ว่าสอดคล้องในทุกข้อ (ดังภาคผนวก ค) ความเหมาะสมด้านภาษาและการ
นำไปใช้ พบว่า แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.33 – 5.00 มีความเหมาะสมอยู่ใน
ระดับมากถึงมากที่สุด (ดังภาคผนวก ค) จากค่าที่ได้บ่งชี้ว่าองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้
ทั้ง 4 แผน มีความสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมที่จะ
พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และความเหมาะสมของภาษา การนำไปใช้ มีความเหมาะสมตามช่วง
วัยของกลุ่มที่ศึกษา โดยมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- ปรับเปลี่ยนวัสดุ อุปกรณ์ที่นักเรียนจะได้เลือกเพื่อสร้างชิ้นงานในกิจกรรมการ
เรียนรู้บางชนิดให้เหมาะสมกับช่วงวัยโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของ
นักเรียน

1.1.8 ทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอีกครั้งก่อนนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

มีขั้นตอนในการสร้างและหาหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ดังนี้

2.1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล คือ เพื่อวัดและประเมินผลทักษะการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

2.1.2 ศึกษาความหมาย นิยามของทักษะการแก้ปัญหา จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่จะเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์เดิมมาใช้ในการระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด วิเคราะห์สถานการณ์เพื่อระบุสาเหตุของปัญหา มีการวางแผนเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม นำเสนอและดำเนินการตามแนวทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบการแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากผลลัพธ์และข้อเสนอแนะหรือข้อโต้แย้ง อื่น ๆ จากนิยาม ความหมายของทักษะการแก้ปัญหา สามารถกำหนดสมรรถนะหรือพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องการจะวัด ซึ่งจะต้องสอดคล้ององค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ตามแนวทางของ Weir (1974) ไว้ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Statement of the problem)
2. การนิยามปัญหา (Defining problem)
3. การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for formulating a hypothesis)
4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the solution)

2.1.3 ทำการกำหนดรูปแบบของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเป็นแบบวัดแบบอัตนัย โดยใช้สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามสถานการณ์ละ 4 ข้อ รวมทั้งหมด 20 ข้อ มีข้อคำถาม ดังนี้

1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร (การระบุปัญหา)
2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร (การนิยามปัญหา)
3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหายังไง (การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน)

3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์

3.2 แนวทางการแก้ปัญหของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร (ตรวจสอบผลการแก้ปัญหา)

2.1.4 ลงมือสร้างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา (Problem solving skill)

โดยกำหนดโครงสร้างของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ดังตาราง 2

ตาราง 2 โครงสร้างของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

สถานการณ์	องค์ประกอบของการแก้ปัญหา				จำนวนข้อ
	ระบุปัญหา	การนิยามปัญหา	การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน	การตรวจสอบการแก้ปัญหา	
1. ทางม้าลาย	1	1	1	1	4
2. ขึ้น-ลงบันได	1	1	1	1	4
3. ซิงค์	1	1	1	1	4
4. รถของเล่น	1	1	1	1	4
5. เล่นฟุตบอล	1	1	1	1	4
6. พื้นลื่นไถล	1	1	1	1	4
7. สไลเดอร์	1	1	1	1	4
8. แบดมินตัน	1	1	1	1	4
9. เขียงหั่นผัก	1	1	1	1	4
10. โรงอาหาร	1	1	1	1	4
จำนวนข้อที่สร้าง					40
จำนวนข้อที่ใช้จริง					20

2.1.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาในรูปแบบของรูบรีกส์ดัง

ตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาในรูปแบบของรูบรีกส์

รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
การระบุปัญหา	สามารถระบุปัญหาได้ ครบถ้วนถูกต้อง ชัดเจนตามสถานการณ์ที่กำหนด	ระบุปัญหาได้ถูกต้องแต่ ไม่ครบถ้วน	ระบุปัญหาไม่ ถูกต้อง
การนิยามปัญหา	สามารถอธิบาย สาเหตุที่ก่อให้เกิด ปัญหาได้ถูกต้อง ชัดเจน	อธิบายสาเหตุที่ ก่อให้เกิดปัญหาได้ ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	อธิบายสาเหตุที่ ก่อให้เกิดปัญหา ไม่ถูกต้อง
การสืบค้นเพื่อ กำหนดสมมติฐาน	สามารถเลือกวิธีการ แก้ปัญหาได้เหมาะสม เป็นไปได้อธิบายได้ ชัดเจนปฏิบัติด้วย ตนเองได้จริง	เลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้เหมาะสม แต่มีความ เป็นไปได้น้อย	เลือกวิธีการ แก้ปัญหาไม่ ถูกต้อง
การตรวจสอบผล การแก้ปัญหา	สามารถอธิบายผลที่ ได้จากการแก้ปัญหา ตามวิธีในข้อที่ 3 ได้ ครอบคลุม ถูกต้อง สมบูรณ์	สามารถอธิบายผลที่ได้ จากการแก้ปัญหา ได้ แต่ไม่ชัดเจน	ไม่สามารถ อธิบายผลจาก การแก้ปัญหาได้

2.1.6 นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา พร้อมเกณฑ์การให้คะแนนให้อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์ตรวจสอบความสอดคล้อง ถูกต้อง และเหมาะสมของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา
จากนั้น ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้

- ปรับสถานการณ์ปัญหาให้เหมาะสมกับช่วงวัยของนักเรียน
- ปรับแนวคำตอบของแต่ละข้อให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

2.1.7 ส่งแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ที่สร้างขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประถมศึกษา 3 ท่าน ประเมินความ สอดคล้องโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 0.5 ขึ้นไป (Rovinelli & Hambleton, 1977) และ พิจารณาความเหมาะสมของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะ การแก้ปัญหา กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

ความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและ องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา และองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและ องค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

ความเหมาะสมของสถานการณ์ ภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา และเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลความเหมาะสมของสถานการณ์ ภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดทักษะการ แก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา กำหนดเกณฑ์การแปลผลตาม บุญชม ศรีสะอาด (2560 น.121) ดังนี้

4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด

3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับมาก

2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง

1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อย

1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

เมื่อผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้แล้ว พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา โดยมีค่าความสอดคล้องที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได สถานการณ์ที่ 3 ชิงช้า สถานการณ์ที่ 4 รถของเล่น สถานการณ์ที่ 6 พื้นลื่นไถล สถานการณ์ที่ 7 สไลเดอร์กับกางเกงขำรุ่ม สถานการณ์ที่ 8 แบดมินตันในคาบพลศึกษา สถานการณ์ที่ 9 เชียงหนั้ผัก และ สถานการณ์ที่ 10 โรงอาหาร มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และสถานการณ์ที่ 5 การเล่นฟุตบอล มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องเท่ากับ 0.67 ผลการวิเคราะห์คือ 9 สถานการณ์ที่กล่าวมาข้างต้นมีความสอดคล้อง ส่วนสถานการณ์ที่ 1 ทางม้าลาย มีค่าเฉลี่ยความสอดคล้องเท่ากับ 0.33 ผลการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 เห็นว่าสถานการณ์ดังกล่าวไม่สอดคล้อง เนื่องจากสถานการณ์ดังกล่าวอาจจะมีมุมมองไปทางการไม่เคารพกฎจราจรมากกว่าในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนั้น เมื่อพิจารณาความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ พบว่า สถานการณ์ที่ 9 เชียงหนั้ผัก มีค่าเฉลี่ย 5.00 ทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได สถานการณ์ที่ 4 รถของเล่น สถานการณ์ที่ 6 พื้นลื่นไถล สถานการณ์ที่ 8 แบดมินตัน ในคาบพลศึกษา มีค่าเฉลี่ย 4.67 ทุกข้ออยู่ในระดับมากที่สุด สถานการณ์ที่ 3 ชิงช้า สถานการณ์ที่ 5 การเล่นฟุตบอล สถานการณ์ที่ 7 สไลเดอร์ สถานการณ์ที่ 10 โรงอาหาร มีค่าเฉลี่ย 4.33 ทุกข้ออยู่ในระดับมาก สถานการณ์ที่ 1 ทางม้าลาย มีค่าเฉลี่ย 3.67 ทุกข้ออยู่ในระดับมาก (ดังภาคผนวก ค) จากค่าที่ได้บ่งชี้ว่าสถานการณ์และข้อคำถามมีความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ทุกสถานการณ์

2.1.8 เลือกสถานการณ์และข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญโดยพิจารณาเลือก 5 สถานการณ์ จำนวน 20 ข้อคำถามนำมาแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจากนั้นนำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาอีกครั้ง

2.1.9 นำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 24 คน

2.1.10 นำคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหามาหาค่าความยาก (p), ค่าอำนาจจำแนก (r) (Whitney & Sabers, 1970) และ ค่าความเชื่อมั่น (rtt) (Cronbach, 1951 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 น.200)

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพิจารณาเลือกใช้เพียง 5 สถานการณ์ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้แรงและการเคลื่อนที่ โดยพิจารณาจากค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น โดยทุกสถานการณ์มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.75-1.00 ระดับดีมากทุกสถานการณ์ ซึ่งสถานการณ์ที่ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้ในงานวิจัยมีความยากอยู่ในช่วง 0.43-0.50 อยู่ในระดับปานกลางทั้งหมดประกอบด้วย สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได สถานการณ์ที่ 3 ชิงช้า สถานการณ์ที่ 6 พื้นลื่นไถล สถานการณ์ที่ 7 สไลเดอร์ และสถานการณ์ที่ 9 เชิงหั่นผัก ซึ่งทั้ง 5 สถานการณ์ มีค่าความเชื่อมั่น .72

4. การศึกษานำร่อง

4.1 การศึกษานำร่องก่อนนำเครื่องมือไปใช้จริง

ผู้วิจัยดำเนินการนำเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จำนวน 4 แผน 16 ชั่วโมง และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพฯ จำนวน 30 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยคัดเลือกตามลักษณะของกลุ่มที่ศึกษา คือ เป็นชั้นเรียนที่ผลความสามารถของนักเรียนโดยในการศึกษานำร่องนี้ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อทำการตรวจสอบขั้นตอนในการดำเนินการจัดการเรียนการสอนว่าเหมาะสมทั้งในด้านของกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มทดลอง ความเหมาะสมของระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ รวมถึงศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ โดยในการศึกษานำร่อง ผู้วิจัยทำการชี้แจงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ได้ทำการสนทนากับนักเรียนเป็นแบบกลุ่มเพื่อให้นักเรียนกลุ่มทดลองได้แสดงความคิดเห็นเพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุงในการจัดการเรียนรู้ต่อไป

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้แบบแผนงานวิจัยเป็นแบบแผนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ ชูเบอ์และสเคอริท (Zuber & Skeritt, 1992 p.130) ดังนี้

- ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน
- ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ

ขั้นที่ 3 ขั้นการสังเกต

ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อน

มีการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังนี้

- ข้อมูลเชิงปริมาณ คือ การวัดและเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนด้วยตนเอง โดยนำแผนไปดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน จำนวน 16 คาบ คาบละ 60 นาที

- ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทำการเก็บข้อมูลจากการสังเกต การสะท้อนจากการทำใบงานและการสัมภาษณ์กลุ่มที่ศึกษา จากนั้นทำการจดบันทึกไว้ โดยมีการบรรยายจากสิ่งที่ค้นพบจากการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยทั้ง 2 ส่วนมาทำการวิเคราะห์ถึงผลการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน และแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะดังกล่าวนี้ และนำมาอภิปรายผลร่วมกันทั้ง 2 แนวทาง

5.2 ขั้นตอนการดำเนินการนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

เป็นการนำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยทำการใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้จำนวน 16 คาบ โดยผู้วิจัยทำการจัดการเรียนการสอนพร้อมทำการประเมินผลทักษะด้วยตนเอง โดยมีการเก็บข้อมูลก่อนทำการทดลองใช้กับกลุ่มที่ศึกษา (Pretest) ด้วยแบบวัดรูปแบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ เพื่อวัดทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มที่ศึกษา ก่อนดำเนินการใช้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มที่ศึกษา จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 วางแผน, ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ, ขั้นที่ 3 การสังเกต และขั้นที่ 4 การสะท้อน เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของกลุ่มที่ศึกษา ทั้งหมด 3 วงจรปฏิบัติการ ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีจำนวน 4

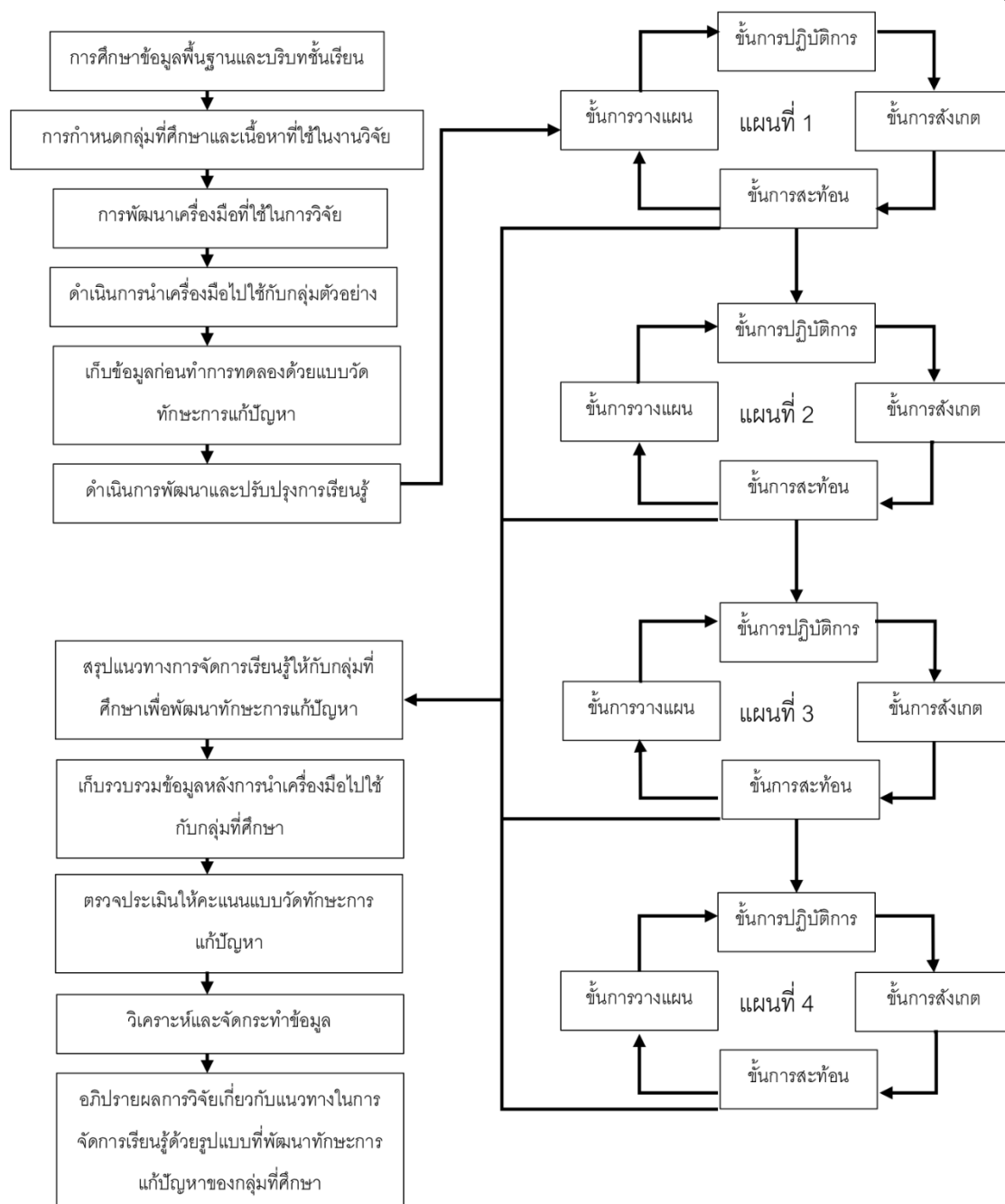
แผน ได้แก่ แผนที่ 1 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation) แผนที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว หุ่น (Kite festival) แผนที่ 3 เรื่อง ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing Gloves) และ แผนที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous Car) ดังนี้

ขั้นที่ 1 วางแผน เป็นขั้นของการวางแผน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 จากนั้นนำปัญหาและอุปสรรคจากการศึกษานำร่อง มาทำการวางแผนเพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับกลุ่มนักเรียนที่ต้องการศึกษาผลของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 ปฏิบัติการ เป็นขั้นที่นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาใช้กับกลุ่มนักเรียนที่ต้องการศึกษาผลของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1 มีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แผนที่ 1 โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยจัดการเรียนรู้เป็นเวลา 4 คาบ คาบละ 60 นาที รวม 240 นาที

ขั้นที่ 3 การสังเกต ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกถึงการแก้ปัญหาโดยใช้แบบสังเกต มาเก็บข้อมูลการแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้ปัญหานักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 การสะท้อน เป็นการสะท้อนผลจากการบันทึกหลังจากการจัดการเรียนรู้ถึงปัญหาและอุปสรรคหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน สะท้อนจากใบงาน และสะท้อนผลจากการสัมภาษณ์นักเรียนหลังการดำเนินการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับปัญหาที่ส่งผลต่อการแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้ปัญหา ในส่วนปัญหาและอุปสรรคระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้และผลการสัมภาษณ์นักเรียนจะถูกนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง “สะพานสุดแกร่ง” และดำเนินการขั้นปฏิบัติการ ตามด้วยขั้นสังเกต แล้วจึงนำมาสะท้อนผลอีกครั้งในส่วนที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 จากนั้นสะท้อนปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เพื่อนำสิ่งที่ได้รับการปรับปรุงแล้วรวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ที่จะต้องทำการหาวิธีการดำเนินการแก้ไขเพื่อปรับปรุงอีกครั้ง ไปใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ลำดับถัดไป โดยดำเนินการตามขั้นตอนทั้ง 4 ขั้น คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล ซึ่งจะมีการปรับปรุงลักษณะการดำเนินการวิจัยในแต่ละแผนไปเรื่อย ๆ จนครบ 4 แผน ในระหว่างดำเนินการทดลองใช้กับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหานักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แผนภาพแสดงการดำเนินการวิจัย

6. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้ข้อมูลจากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

1.1 วิเคราะห์ข้อมูลทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนด้วยค่าเฉลี่ยและส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหา ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังผ่านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

1.3 วิเคราะห์ขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

1.4 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผ่านการกำหนดรูปแบบของเอกสารหรือหลักฐานที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ในงานวิจัย ซึ่งได้แก่ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาในชั้นเรียน ใบงาน บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มที่ศึกษาในเชิงการสนทนา โดยจัดระบบจำแนกคำหรือข้อความเนื้อหาสาระในเอกสารที่เกี่ยวข้องอุปสรรคหรือแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ และทำการวิเคราะห์เชื่อมโยงข้อมูลที่จำแนกได้จากการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนหรือทำการสรุปบรรยายแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่จะส่งเสริมทักษะดังกล่าวของนักเรียน (เอี่ยมพร หลินเจริญ, 2554 น.27)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียด ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการจัดกระทำข้อมูล

1.1 สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่

- การคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (Ferguson, 1981, p.49)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

- การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คำนวณจากสูตร

(Ferguson, 1981, p.49)

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ΣX	แทน	ผลรวมของคะแนนในกลุ่ม
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

1.2 สถิติวิเคราะห์ค่าขนาดของผล (Effect size) ได้แก่ กรณีสึกษากลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (Cohen, 1988)

$$\text{Hedges' } g = \frac{M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}}{SD_{\text{pooled}}}$$

เมื่อ	Hedges' g	คือ	ค่าขนาดของผล
	SD_{pooled}	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวม
	M_{pre}	คือ	ค่าเฉลี่ยก่อนทดลอง
	M_{post}	คือ	ค่าเฉลี่ยหลังทดลอง

2. สถิติที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 คำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Consistency) ของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา โดยใช้สูตรดังนี้ (Rovinelli and Hambleton, 1977 : 49-60)

$$IOC = \frac{\Sigma x}{N}$$

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	Σx	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 การหาความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency) ตามวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach' s Alpha Method) (Streiner & Norman, 1995)

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ	K	แทน	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	S_i^2	แทน	ผลรวมความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.3 การหาค่าความยาก (Difficulty) กรณีแบบ Rubrics scores (Whitney & Sabers, 1970)

$$P = \frac{S_H + S_L - (2NX_{MIN})}{2N(X_{MAX} - X_{MIN})}$$

เมื่อ	P	แทน	ความยาก
	S_H	แทน	คะแนนรวมของคนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	คะแนนรวมของคนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{MAX}	แทน	คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	X_{MIN}	แทน	คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

2.4 การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) กรณีแบบ Rubrics scores (Whitney & Sabers, 1970)

$$r = \frac{S_H - S_L}{N(X_{MAX} - X_{MIN})}$$

เมื่อ	r	แทน	ความอำนาจจำแนก
	S_H	แทน	คะแนนรวมของคนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	คะแนนรวมของคนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	X_{MAX}	แทน	คะแนนสูงสุดในข้อนั้น
	X_{MIN}	แทน	คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

7. การดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นดำเนินการวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องระมัดระวังและวางแผนในการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียดรอบคอบ โดยการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการขอรับรองโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยได้รับการรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรม

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการขออนุญาตจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อรับรองความเหมาะสมของโครงการ และได้รับอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้วก่อนการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลถึงผู้อำนวยการโรงเรียน และดำเนินการชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัยแก่ผู้เข้าร่วมและผู้ปกครองอย่างชัดเจนก่อนเก็บข้อมูล ทั้งนี้ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเป็นเยาวชนอายุต่ำกว่า 18 ปี ผู้วิจัยจึงได้จัดทำ หนังสือแสดงความยินยอม (Informed Consent) เพื่อให้ผู้ปกครองลงนามยินยอมแทนผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางการศึกษา โดยไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงหรือผลกระทบด้านลบต่อผู้เข้าร่วม ทั้งในด้านร่างกาย จิตใจ หรือสังคม การเก็บข้อมูลดำเนินการในบรรยากาศที่ปลอดภัย และผู้เข้าร่วมสามารถถอนตัวได้ทุกเมื่อโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ

ผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยหลักเกณฑ์ที่เป็นธรรม ไม่มีการเลือกปฏิบัติ ไม่ว่าจะเป็นเพศ เชื้อชาติ หรือสถานะทางสังคม นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้รักษาความลับของข้อมูล โดยใช้หมายเลขประจำตัวหรือตัวอักษรแทนชื่อจริงของผู้เข้าร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลและการรายงานผล เพื่อป้องกันการเปิดเผยตัวตนและปกป้องข้อมูลส่วนบุคคล

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายในการวิจัย 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) เพื่อศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา 3) เพื่อเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ตอนที่ 2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

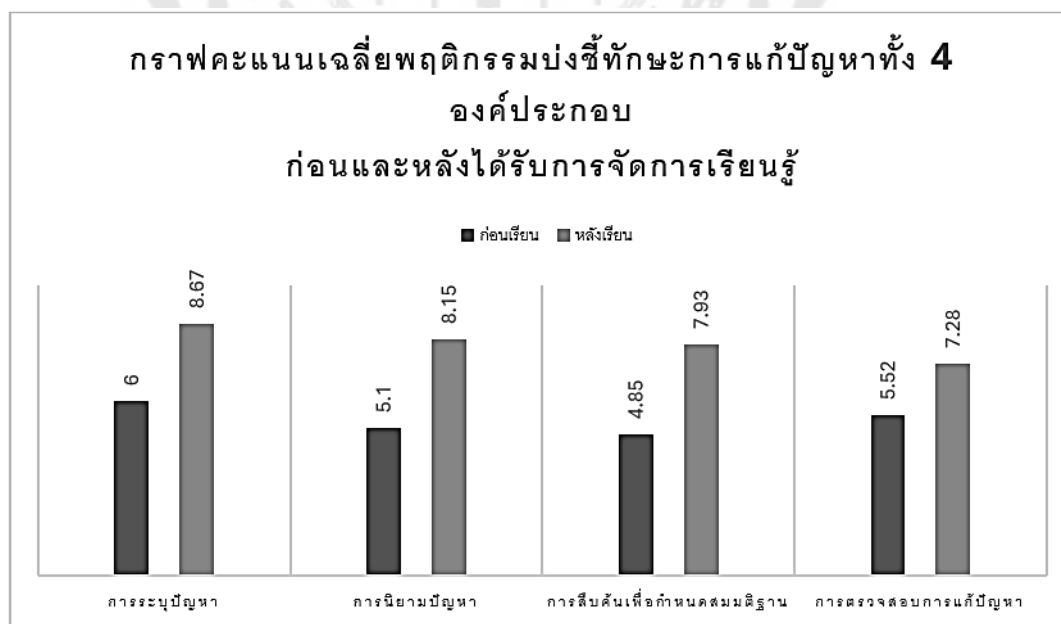
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เพื่อตอบจุดมุ่งหมายในการวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยนำคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาเปรียบเทียบโดยใช้คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน ก่อนการจัดการเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนเท่ากับ 21.47 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.12 และหลังการจัดการเรียนรู้ คะแนนเฉลี่ยนักเรียนเท่ากับ 32.03 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.58 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้มีค่าสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยเมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา มีค่าเฉลี่ยคะแนนมากที่สุด ($M = 6.00$, $S.D. = 1.25$) รองลงมาเป็น องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ($M = 5.52$, $S.D. = 1.05$) ตามด้วยองค์ประกอบที่ 2 การนิยามปัญหา ($M = 5.10$, $S.D. = 1.12$) และ

องค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหา ($M = 4.85$, $S.D. = 1.08$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้พบว่า องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด ($M = 8.67$, $S.D. = 0.88$) รองลงมาคือ องค์ประกอบที่ 2 การนิยามปัญหา ($M = 8.15$, $S.D. = 0.95$) องค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหา ($M = 7.93$, $S.D. = 0.98$) และ องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด ($M = 7.28$, $S.D. = 0.90$) แสดงดังตาราง 4 และภาพประกอบที่ 7

เพื่อตอบจุดมุ่งหมายในการวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยทำการศึกษาค่าขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนพบว่า มีค่าขนาดของผลอยู่ในระดับมีผลมากต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งในภาพรวมและตามองค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่มีค่าขนาดของผลมากที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหาและองค์ประกอบที่มีค่าขนาดของผลน้อยที่สุด คือ องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน นั้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีผลในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในระดับที่มากที่สุดทุกองค์ประกอบ และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาแยกรายองค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ แสดงดังภาพประกอบ 7 และตาราง 4



ภาพประกอบ 7 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ทักษะการแก้ปัญหา	n	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		Effect size (Cohen's d)	แปลผล
			M	S.D.	M	S.D.		
1. การระบุปัญหา	30	10	6.00	1.25	8.67	0.88	2.47	มีผลมาก
2. การนิยามปัญหา	30	10	5.10	1.12	8.15	0.95	2.94	มีผลมาก
3. การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน	30	10	5.52	1.05	7.28	0.90	1.80	มีผลมาก
4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา	30	10	4.85	1.08	7.93	0.98	2.99	มีผลมาก
ทักษะการแก้ปัญหาโดยภาพรวม	30	10	21.47	4.12	32.03	3.58	2.69	มีผลมาก

เมื่อพิจารณาลักษณะการตอบของนักเรียนในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา สถานการณ์ที่ 1 ขึ้น-ลงบันได ดังภาพประกอบ 8 แยกสายองค์ประกอบ ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้และหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ เป็นดังนี้



ภาพประกอบ 8 สถานการณ์ที่ 1 ขึ้น - ลงบันได จากแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

1. ลักษณะการตอบของนักเรียนในองค์ประกอบการระบุปัญหา พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S26 ระบุปัญหาเพียงสั้น ๆ ว่า “วิ่งขึ้นวิ่งลงบันได” ซึ่งแม้จะสื่อถึงพฤติกรรมที่เป็นต้นเหตุของปัญหาได้ แต่ยังไม่ครอบคลุมผลกระทบหรือบริบทโดยรอบที่ทำให้สถานการณ์มีความเสี่ยง แต่เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S26 สามารถระบุปัญหาได้ชัดเจนขึ้นว่า “นักเรียนหลายคนขึ้นวิ่งขึ้น – ลงบันไดทำให้เกิดการชนกันบ่อยครั้ง” ซึ่งครอบคลุมทั้งพฤติกรรม ความถี่ และผลลัพธ์ที่เป็นอันตราย แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะในการรับรู้และอธิบายสถานการณ์ปัญหาได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ดังภาพประกอบ 9

ลักษณะการตอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร

วิ่งขึ้น วิ่งลงบันได

ลักษณะการตอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร

มีคนชนกันบ่อย เนื่องจากวิ่งมาทางซ้ายเกิดทางเฉียดกัน

ภาพประกอบ 9 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S26 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 1 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

2. ลักษณะการตอบของนักเรียนในองค์ประกอบการนิยามปัญหา (Defining problem) พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S26 นักเรียนตอบว่า “รีบลงไปกินอาหาร” ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการมองสถานการณ์เพียงผิวเผิน โดยยังไม่สามารถอธิบายถึงพฤติกรรมเสี่ยงที่เกิดขึ้น หรือผลกระทบที่ตามมาได้ชัดเจน จึงจัดอยู่ในระดับการนิยามปัญหาแบบระบุเหตุการณ์ทั่วไป โดยยังขาดองค์ประกอบของสาเหตุและผลลัพธ์ แต่เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S26 ได้ตอบว่า “รีบวิ่งขึ้น-ลงบันไดเลยเกิดการชนกัน” ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างของปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงเหตุการณ์ตั้งแต่แรงจูงใจ (รีบ) พฤติกรรมที่เกิดขึ้น (วิ่งขึ้น-ลงบันได) ไปจนถึงผลกระทบ (เกิดการชนกัน) ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งการใช้ถ้อยคำ “เลยเกิด” ยังแสดงถึงการใช้เหตุผลในการเชื่อมโยงสาเหตุและผลลัพธ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถนิยามปัญหาได้อย่างมีตรรกะมากขึ้น และเข้าใจปัญหาในระดับที่ลึกกว่าก่อนเรียน ดังภาพประกอบ 10

ลักษณะการตอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

.....ไม่รู้เรื่องไปเลย.....

ลักษณะการตอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

.....เรียนยังไม่จบฉันยังไม่เคยเกิดการชนกัน.....

ภาพประกอบ 10 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S26 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 2 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

3. ลักษณะการตอบของนักเรียนในองค์ประกอบการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for formulating a hypothesis) พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S02 ตอบข้อคำถามที่ 3.1 ว่า “มวลของนักเรียนสองคนมากเกินไปจนทำให้บาดเจ็บ” ซึ่งสะท้อนถึงความพยายามในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุของการบาดเจ็บจากการชนกัน แต่ยังขาดการเชื่อมโยงกับพฤติกรรมและบริบทของสถานการณ์ จึงเป็นการตั้งสมมติฐานในลักษณะอิงข้อมูลจำกัด ไม่ปรากฏความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับพฤติกรรมเสี่ยงในสถานการณ์จริง และ ตอบข้อคำถามที่ 3.2 ว่า “บาดเจ็บมาก” ซึ่งไม่ถือว่าเป็นแนวทางการแก้ปัญหา แต่เป็นเพียงการระบุผลลัพธ์หรืออาการที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ แสดงให้เห็นถึงความสับสนระหว่างการอธิบายปัญหากับการเสนอแนวทางแก้ไข และยังไม่สามารถยกตัวอย่างได้ แต่เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียน S02 สามารถตั้งสมมติฐานในข้อคำถามที่ 3.1 ได้เป็นประโยคเงื่อนไขอย่างมีโครงสร้างชัดเจนว่า “ถ้าลงบันไดด้านซ้ายจะหลีกเลี่ยงการเดินชน” ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจบริบทของสถานการณ์อย่างถูกต้อง โดยเชื่อมโยงพฤติกรรมของผู้ใช้บันไดกับแนวทางการลดความเสี่ยง เสนอเงื่อนไขที่สามารถนำไปสู่การป้องกันปัญหาได้จริง และ นักเรียน S02 สามารถเสนอแนวทางที่เป็นรูปธรรมและมีระบบในข้อคำถามที่ 3.2 โดยตอบว่า “ควรเขียนบันไดแบ่งแยกทางไหนลงทางไหนขึ้น เพราะจะสามารถจัดระเบียบการขึ้นลงบันไดได้และจะไม่เกิดการชนกันอีกด้วย” คำตอบนี้สะท้อนถึงการรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์อย่างรอบด้าน มีการพิจารณาปัจจัยทั้งด้านพื้นที่ ความ

ปลอดภัย และพฤติกรรมของนักเรียน และสามารถออกแบบวิธีการที่สอดคล้องกับปัญหาได้อย่างชัดเจน พร้อมคาดการณ์ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นในเชิงป้องกันอย่างมีเหตุผล ดังภาพประกอบ 11

ลักษณะการตอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร

3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์

มอของนกเรียนสองคนมากเกินไปและทำให้บาดเจ็บ

3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

บาดเจ็บมากจน

ลักษณะการตอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร

3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์

กำลังเป็นโรคไข้หวัดใหญ่

3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

ควรเขียนหนังสือแจ้งเบาะแสทางโรงเรียนให้เพื่อหาสาเหตุและสามารถจัดการเรียนการสอนให้ปกติได้และป้องกันไม่ให้เกิดการชนกันอีกด้วย

ภาพประกอบ 11 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S02 ที่เขียนตอบข้อคำถามที่ 3.1 และ 3.2 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

4. ลักษณะการตอบของนักเรียนในองค์ประกอบการตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the solution) พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียน S02 ตอบข้อคำถามที่ 4 ว่า “ลดค่าใช้จ่ายของห้องพยาบาล” ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ทางอ้อมที่อาจเกิดจากการลดอุบัติเหตุในโรงเรียนได้ อย่างไรก็ตาม คำตอบยังคงค่อนข้างสั้นและมุ่งเน้นเฉพาะด้านเศรษฐกิจ (ค่าใช้จ่าย) โดยยังขาดความเชื่อมโยงกับผลกระทบเชิงพฤติกรรมหรือความปลอดภัยของผู้เรียน ดังภาพประกอบ 12

ลักษณะการตอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้

4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร

ลดค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาล

ลักษณะการตอบหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร

ช่วยลดค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาลได้และไม่เสี่ยงการบาดเจ็บ

ภาพประกอบ 12 ลักษณะคำตอบของนักเรียน S02 ที่เขียนตอบข้อความคำถามที่ 4 ในแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้

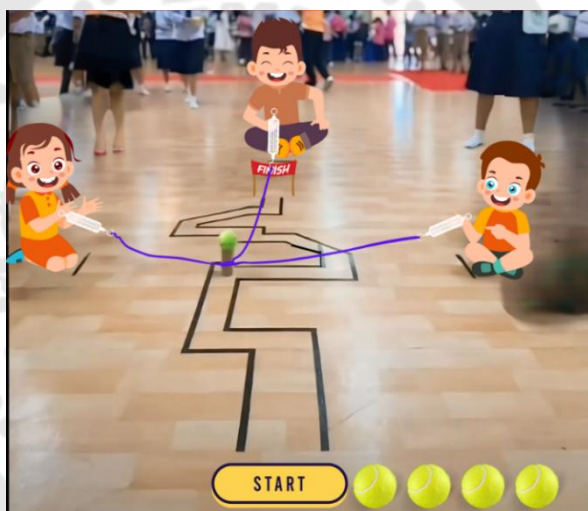
แต่เมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียน S02 สามารถขยายความการตรวจสอบผลลัพธ์ได้ครอบคลุมมากขึ้น โดยตอบว่า “ช่วยลดค่าใช้จ่ายโรงพยาบาลได้และไม่เสี่ยงการบาดเจ็บ” ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทางความคิด โดยสามารถ เชื่อมโยงแนวทางการแก้ปัญหากับผลกระทบทั้งเชิงเศรษฐกิจ (ลดค่าใช้จ่าย) และ เชิงสุขภาพ (ลดความเสี่ยงการบาดเจ็บ) ได้อย่างครบถ้วน คำว่า “ไม่เสี่ยงการบาดเจ็บ” สะท้อนถึงการเข้าใจเชิงป้องกันที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น โดยไม่ได้จำกัดเพียงการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า แต่คาดการณ์ถึงการลดโอกาสเกิดปัญหาในระยะยาว ดังภาพประกอบ 12

ตอนที่ 2 แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหานักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ผลจากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้เครื่องมือ ซึ่งได้แก่ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ถึงปัญหาและอุปสรรคหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้สอน การสะท้อนจากใบกิจกรรมทั้ง 4 ใบกิจกรรมของแต่ละแผน แบบวัดทักษะการแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถกำหนด แนวการปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ดังนี้

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ (Using guided reflective questioning throughout the learning process)

ผู้วิจัยได้พบแนวทางดังกล่าวสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation) โดยสถานการณ์ปัญหาที่ใช้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหา คือ นักเรียนรับบทบาทเป็นกู้ภัยที่ต้องออกแบบพาหนะเพื่อลำเลียงผู้บาดเจ็บจากหมู่บ้านที่ประสบภัยพิบัติ ซึ่งหมู่บ้านตั้งอยู่ในสถานที่สุดอันตรายท่ามกลางหุบเหวลึกที่คดเคี้ยวเส้นทางการขนส่งค่อนข้างแคบและเพื่อความปลอดภัยพาหนะที่ออกแบบจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมอย่างน้อย 3 คน ประจำตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง คือ ฝั่งขวาของพาหนะ ฝั่งซ้ายของพาหนะ และฝั่งตรงข้ามของจุดเริ่มต้น ควบคุมพาหนะโดยออกแรงดึงเชือกที่ผูกติดกับพาหนะและปลายอีกข้างหนึ่งผูกกับเครื่องชั่งสปริง และต้องส่งผู้บาดเจ็บไปถึงโรงพยาบาลให้ได้เร็วที่สุด



ภาพประกอบ 13 กิจกรรม การลำเลียงผู้บาดเจ็บ “Casualty evacuation”

ระหว่างและหลังการทดสอบพาหนะในแต่ละรอบผู้วิจัยได้ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นโดยครูดำเนินการถามเป็นรายกลุ่มเพื่อให้ นักเรียนได้สะท้อนคิด กลุ่มนักเรียนที่ดำเนินการทำภารกิจไม่สำเร็จในรอบนั้นคำถามของครู คือ “ตอนนี้ทีมกู้ภัยเรากำลังเจอกับปัญหาอะไร” นักเรียนตอบ “ยานพาหนะส่งผู้บาดเจ็บออกนอกเส้นทาง” (นักเรียน S21 กลุ่ม 2) สะท้อนให้เห็นว่าคำถามดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่พบว่าการดำเนินกิจกรรมได้ จากนั้นครูถามต่อว่า “ทำไมยานพาหนะส่งผู้บาดเจ็บจึงออกนอกเส้นทางได้” นักเรียนตอบ “ตอนแรกคิดว่าแค่ดึงเชือกพร้อมกันก็พอ แต่พอเราดึงแรงเท่ากันแล้ว มันกลับเบี่ยงไปในทิศทางที่เราไม่ได้ต้องการจะไป แสดงว่าแรงดึงต้องไม่เท่ากัน” (นักเรียน S28 กลุ่ม 2) สะท้อนให้เห็นว่าคำถามดังกล่าวสามารถกระตุ้นให้นักเรียนหาสาเหตุของปัญหาที่พบได้ ครูจึงใช้คำถามกระตุ้นอย่างต่อเนื่องว่า “แล้วพวกเราคาดว่าจะแก้ปัญหายังไงดี” นักเรียนตอบ “ถ้าหากผู้ควบคุมรถทั้ง 3 คนวางแผนกันว่าใคร

ออกแรงดึงมากใครออกดึงแรงให้น้อยลงในแต่ละเส้นทางอาจจะทำให้ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปได้โดยไม่ออกนอกเส้นทางอีก” (นักเรียน S28 กลุ่ม 2) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนถูกกระตุ้นได้คาดคะเนแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเริ่มต้นในการฝึกการตั้งสมมติฐาน ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 สะท้อนให้เห็นว่าเมื่อผู้วิจัยใช้ชุดคำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดในระหว่างที่นักเรียนทดลองยานพาหนะครั้งแรกสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหา นิยามปัญหา และเข้าใจเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐานได้ดีขึ้น

จากวงจรการปฏิบัติที่ 1 ผู้วิจัยเห็นว่าการใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดสามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ถึง 3 องค์ประกอบ ผู้วิจัยจึงดำเนินการใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการดังกล่าวในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว (Kite festival) โดยเพิ่มเติมชุดคำถามเพื่อนำไปสู่การกระตุ้นให้นักเรียนสะท้อนพฤติกรรมขององค์ประกอบที่ 4 ในทักษะการแก้ปัญหา คือ การตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา โดยสถานการณ์ปัญหา คือ นักเรียนได้รับภารกิจให้ออกแบบและสร้างว่าวที่สามารถลอยสูงได้ไม่น้อยกว่า 3 เมตร และอยู่กลางอากาศได้นานไม่น้อยกว่า 3 นาที ภายใต้ข้อจำกัดด้านวัสดุและเวลา พร้อมทั้งต้องมีการวัดผลการลอยตัวของว่าวโดยใช้เครื่องมือวัดพื้นฐานที่นักเรียนสามารถจัดหาได้ในโรงเรียน ในระหว่างการทดสอบการลอยของว่าวในรอบแรก พบว่าว่าวของนักเรียนหลายกลุ่มไม่สามารถลอยตัวได้นาน ครูจึงใช้คำถามกระตุ้นรายกลุ่ม โดยถามว่า “ตอนนี้ว่าวของเรากำลังมีปัญหาอะไร” นักเรียนตอบว่า “ว่าวลอยขึ้นแป๊บเดียวแล้วก็ตก เพราะมันเอียงข้างหนึ่ง” (นักเรียน S05 กลุ่ม 3) สะท้อนให้เห็นว่าคำถามของครูสามารถกระตุ้นให้นักเรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการทดสอบได้อย่างชัดเจน จากนั้นครูถามต่อว่า “คิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้ว่าวเอียง” นักเรียนตอบว่า “ด้านหนึ่งของว่าวที่เราติดกระดาษมันยาวกว่าอีกด้านหนึ่ง ทำให้น้ำหนักไม่เท่ากัน” (นักเรียน S05 กลุ่ม 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถนิยามปัญหาโดยแยกแยะสาเหตุของความล้มเหลวในการออกแบบว่าวได้อย่างมีเหตุผล ต่อมาครูถามว่า “แล้วเราคิดว่า ถ้าปรับตรงไหนจะช่วยให้ว่าวอยู่ได้นานขึ้น” นักเรียนตอบว่า “เราน่าจะตัดกระดาษให้สมมาตรทั้งสองด้าน แล้วอาจจะเสริมโครงว่าวด้านที่ตกให้แข็งแรงขึ้น” (นักเรียน S12 กลุ่ม 3) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเริ่มต้นคาดคะเนแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นพฤติกรรมสำคัญในการตั้งสมมติฐานตามองค์ประกอบที่สามของทักษะการแก้ปัญหาหลังจากนักเรียนได้นำแนวทางที่ตั้งสมมติฐานไว้ไปปรับปรุงว่าวและทดสอบอีกครั้ง ครูได้กระตุ้นถามว่า “ว่าวครั้งนี้อยู่ได้นานขึ้นไหม ทำไมจึงคิดว่าเป็นแบบที่ปรับแล้วใช้ได้ผล” นักเรียนตอบว่า “อยู่ได้นานขึ้นเพราะมันไม่เอียงแล้ว เวลาเราวิ่งว่าวก็นลอยขึ้นตรง ไม่ส่ายเหมือนรอบแรก” (นักเรียน S12 กลุ่ม 3) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถ

ตรวจสอบผลของแนวทางการแก้ปัญหาที่ตนเองคิดขึ้นและนำมาทดลองใช้จริงผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 2 สะท้อนให้เห็นว่าการใช้คำถามกระตุ้นระหว่างการทดสอบว่าและการให้โอกาสนักเรียนปรับปรุงซ้ำได้ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาได้ทุกองค์ประกอบ ได้แก่ การระบุปัญหา นิยามปัญหา ตั้งสมมติฐาน และตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติจากสถานการณ์การทดลองจริง โดยโครงสร้างของชุดคำถามที่ใช้ในการกระตุ้น ดังนี้ 1) คำถามสะท้อนการระบุปัญหา “ตอนนี้เรากำลังเจอกับปัญหาอะไร” 2) คำถามสะท้อนการนิยามปัญหา “ทำไมถึงเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น” 3) คำถามสะท้อนการสืบค้นและตั้งสมมติฐาน “แล้วเราคิดว่าจะปรับปรุงอย่างไรให้ดีขึ้น” และ 4) คำถามสะท้อนการตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา “แนวทางที่เราใช้แก้ปัญหาได้ผลหรือไม่ เพราะอะไร”

จากวงจรการปฏิบัติที่ 2 ผู้วิจัยเห็นว่าการใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดสามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ครบ 4 องค์ประกอบและสามารถสะท้อนโครงสร้างของชุดคำถามที่ใช้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการดังกล่าวในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing Gloves) โดยสถานการณ์ปัญหาที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา คือ นักเรียนได้รับบทเป็นนักออกแบบอุปกรณ์กอบกู้ผลไม้น้ำจืดจากบ่อน้ำมันพืชที่รั่วไหลในเมืองดิมิเทอร์ โดยมีเงื่อนไขว่า ต้องออกแบบถุงมือจากวัสดุที่กำหนดให้สามารถหยิบผลไม้ได้โดย น้ำมันพืชเป็นสิ่งที่ถุงมือน้อยที่สุดและ ปฏิบัติภารกิจให้เสร็จภายในเวลา 3 นาที ในระหว่างการทดสอบต้นแบบถุงมือในรอบแรกนักเรียนบางกลุ่มพบว่าผลไม้น้ำจืดจากมือและน้ำมันติดกับถุงมือเป็นจำนวนมาก ครูใช้คำถามแบบเปิดเพื่อกระตุ้นการคิดเชิงตัดสินใจ “ตอนนี้ถ้าเราจะเลือกปรับถุงมือใหม่ เราจะเลือกแนวทางการปรับแนวทางไหนระหว่าง เปลี่ยนวัสดุ หรือ เสริมวัสดุเดิม หรือ ปรับโครงสร้างถุงมือ แล้วทำไมจึงเลือกแนวทางแบบนั้น” นักเรียนตอบว่า “เราเลือกปรับโครงสร้างก่อน เพราะวัสดุกันลื่นของเราดีอยู่แล้ว แต่พอหยิบแรง ๆ แล้วผลไม้น้ำจืดหลุด เพราะมันไม่มีตัวช่วยจับให้แน่น” (นักเรียน S07 กลุ่ม 1) คำตอบนี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถ ระบุปัญหาและตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อจำกัดจริงโดยใช้กระบวนการคิดเปรียบเทียบทางเลือกอย่างมีเหตุผล ครูจึงถามต่อว่า “ถ้าเราเพิ่มวัสดุอีกชั้นจะช่วยได้ไหม หรือจะทำให้เกิดปัญหาอื่นขึ้นอีก” นักเรียนตอบว่า “น่าจะช่วยให้ถุงมือนหนาและหยิบได้แน่นขึ้น แต่ต้องดูว่ามันจะอมน้ำมันมากขึ้นไหม ถ้าอมน้ำมันเยอะก็ไม่ช่วยอะไร” (นักเรียน S19 กลุ่ม 1) สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนสามารถ นิยามปัญหาเชิงลึกโดยคำนึงถึงผลที่ตามมาของแต่ละการเลือก จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนเสนอแนวทางปรับปรุงด้วยคำถามว่า “ถ้าเราจะทดลองแนวทางใหม่ เราจะเลือกปรับส่วนไหนก่อน และคาดว่าจะเกิดอะไรขึ้น” นักเรียนตอบว่า

“จะตัดแถบยางมาเสริมที่ปลายนิ้ว แล้วคาดว่าจะมันจะช่วยให้จับผลไม้แน่นขึ้นโดยไม่ต้องเพิ่มชั้นวัสดุ” (นักเรียน S19 กลุ่ม 1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มนักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานแนวทางการแก้ปัญหาโดยอิงจากการสังเกตและเหตุผลจากรอบก่อนหน้า หลังจากการทดลองรอบใหม่ ครูถามว่า “ผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามที่เราคาดไว้ไหม แล้วถ้าเราจะทำให้ดีขึ้นอีก จะเลือกปรับอะไรเพิ่ม” นักเรียนตอบว่า “ตรงปลายนิ้วหีบได้แน่นขึ้นจริง แต่น้ำมันยังติดเยอะ ถ้าเปลี่ยนจากผ้ายัดเป็นพลาสติกที่กันน้ำมัน อาจจะเปื้อนน้อยลง” (นักเรียน S07 กลุ่ม 1) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถ ตรวจสอบผลลัพธ์และประเมินประสิทธิภาพของแนวทางที่ตนเลือกใช้ พร้อมทั้งพิจารณาทางเลือกใหม่ที่อาจดีกว่าเดิม ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 สะท้อนให้เห็นว่า การใช้ชุดคำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดแบบคำถามปลายเปิดที่มีทางเลือกให้ตัดสินใจ ช่วยให้นักเรียนไม่เพียงแต่สามารถระบุและนิยามปัญหาได้เท่านั้น แต่ยังสามารถกระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ตนเองสังเกตเห็นได้จากการแก้ปัญหาในแต่ละแนวทางที่เป็นไปได้มาประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหาที่นักเรียนได้พบเจอจากสถานการณ์ และตรวจสอบผลของการตัดสินใจเชิงออกแบบ ได้อย่างมีระบบ ซึ่งส่งเสริมการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบได้อย่างเป็นรูปธรรม

จากวงจรการปฏิบัติที่ 3 ผู้วิจัยเห็นว่าการใช้ชุดคำถามเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิดโดยใช้คำถามแบบปลายเปิดสามารถช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ครบ 4 องค์ประกอบและยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถตัดสินใจแนวทางโดยมีเหตุผลประกอบได้อย่างชัดเจนขึ้น ผู้วิจัยจึงนำแนวปฏิบัติดังกล่าวมาใช้อีกครั้งในวงจรการปฏิบัติที่ 4 ผู้วิจัยได้พบแนวทางดังกล่าวสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous Car) โดยสถานการณ์ปัญหาที่ใช้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาคือ นักเรียนได้รับโจทย์ให้ออกแบบและสร้างรถไร้คนขับจำลองที่สามารถหยุดได้ในตำแหน่งเป้าหมายอย่างแม่นยำ โดยใช้วัสดุที่กำหนดพร้อมเงื่อนไขในการทดสอบรถ 3 ครั้ง และสนามที่แบ่งเป็นเขตคะแนนแตกต่างกัน (สีแดง 50 คะแนน, สีเขียว 30 คะแนน, สีฟ้า 10 คะแนน) ซึ่งเป็นการฝึกการควบคุมแรงเสียดทานและการวางแผนอย่างแม่นยำ ในระหว่างการทดลองรถรอบแรก กลุ่มของนักเรียนบางกลุ่มพบว่ารถของตนเองเคลื่อนที่เร็วเกินไปและเลยจุดเป้าหมาย ครูจึงใช้คำถามเปรียบเทียบเพื่อกระตุ้นการคิด คือ “รถของเราตอนนี้หยุดไม่ตรงเป้าหมายเหมือนกลุ่มอื่น เราคิดว่าความแตกต่างอยู่ที่จุดไหนระหว่างแบบของเราและแบบของเขา” นักเรียนตอบว่า “ของกลุ่มเราล้อเป็นผ้าขดที่ลื่นมาก แต่กลุ่มที่หยุดพอดีเขาใช้ล้อที่ทำจากกระดาษทราย” (นักเรียน S15 กลุ่ม 4) คำตอบนี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุปัญหาโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของวัสดุ และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุ

กับแรงเสียดทาน ครูถามต่อว่า “ถ้าเราจะปรับปรุงรถให้หยุดตรงจุด เราจะเปลี่ยนอะไร และคาดว่าจะเกิดผลแบบไหน” นักเรียนตอบว่า “ถ้าเราเปลี่ยนแค่ล้ออย่างเดียวให้มีแรงเสียดทานมากขึ้น รถอาจจะหยุดไวเกินไป ต้องดูว่าน้ำหนักตัวรถเยอะแค่ไหนด้วย” (นักเรียน S21 กลุ่ม 4) คำตอบดังกล่าวสะท้อนว่านักเรียนสามารถนิยามปัญหาโดยเชื่อมโยงหลายปัจจัยและคิดแบบองค์รวมมากขึ้น และเมื่อครูถามต่อว่า “ในทางเลือกที่เรามี คือ เปลี่ยนล้อ เพิ่มน้ำหนัก หรือเปลี่ยนความลาดเอียงของทางปล่อยรถ เราคิดว่าแบบไหนดีที่สุด และเพราะอะไร?” นักเรียนตอบว่า “ถ้าเพิ่มน้ำหนักรถจะวิ่งแรงขึ้นอาจเลยเป้าอีก แต่เปลี่ยนวัสดุล้อให้หนืดขึ้นน่าจะควบคุมได้ง่ายกว่า” (นักเรียน S15 กลุ่ม 4) ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนสามารถ ตั้งสมมติฐานแนวทางการแก้ปัญหาโดยพิจารณาทางเลือกที่มีเหตุผล และตัดสินใจโดยอิงจากผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้น หลังจากได้ทดสอบรถรอบถัดไป ครูถามว่า “แนวทางที่เราเลือกใช้ได้ผลหรือไม่ และหากจะทำให้ดีขึ้นอีกจะปรับตรงไหน” นักเรียนตอบว่า “รถหยุดตรงสี่แยกได้แล้ว แต่ถ้าเปลี่ยนวัสดุล้อด้านหลังให้เป็นพลาสติกแทนยาง อาจจะหยุดได้พอดีในเซตสีแดง” (นักเรียน S15 กลุ่ม 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถตรวจสอบผลของแนวทางที่เลือกใช้ และเสนอแนวทางพัฒนาต่ออย่างเป็นระบบ ผลจากวงจรปฏิบัติการที่ 4 สะท้อนให้เห็นว่า การใช้คำถามเชิงเปรียบเทียบและเปิดให้ตัดสินใจจากหลายตัวเลือก ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาอย่างลึกซึ้ง ได้แก่ การระบุปัญหาโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของผลงาน การนิยามปัญหาโดยเชื่อมโยงปัจจัยต่าง ๆ การตั้งสมมติฐานจากการพิจารณาทางเลือก และการตรวจสอบผลจริงเพื่อพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากที่ผู้วิจัยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ ในวงจรการปฏิบัติที่ 1 ถึง วงจรการปฏิบัติที่ 4 พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ โดยครูใช้คำถามที่ชี้ให้นักเรียนทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้น วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา คัดคะแนนแนวทางใหม่ และตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาในระหว่างการทำงานจริง ไม่ใช่เพียงหลังจบกิจกรรม ช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความคิดกับการกระทำ เกิดการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงในสถานการณ์จำลองที่ท้าทาย ส่งผลให้นักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ในทุกองค์ประกอบ

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน (Emphasizing role-oriented collaborative learning)

ผู้วิจัยได้พบแนวทางดังกล่าวสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation) พบว่า ก่อนเริ่มขั้นตอนการสร้างยานพาหนะ นักเรียนกลุ่ม 6 มีข้อขัดแย้งกันเกี่ยวกับการออกแบบและการเลือกวัสดุ ซึ่งส่งผลให้การดำเนินงานหยุดชะงัก เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนบางคนต้องการใช้ไม้ไผ่กริมเป็นฐานรถ ขณะที่อีกคนยืนยันว่าฝาขวดแข็งแรงกว่าและเบากว่า ในช่วงเวลาดังกล่าว ครูได้เดินเข้าไปในกลุ่ม 6 และใช้วิธีบทบาทบทบาทของสมาชิกแต่ละคน เพื่อให้เกิดความเข้าใจและการยอมรับร่วมกัน โดยครูกล่าวว่า “ก่อนที่เราจะเริ่มสร้างจริง ๆ ครูอยากให้แต่ละคนในทีมลองบทบาทบทบาทของตัวเองนะครับ ว่าใครทำหน้าที่อะไร แล้วแต่ละบทบาทมีหน้าที่ช่วยตัดสินใจเรื่องไหน เช่น ใครเป็นคนควบคุมยานพาหนะ ใครจดบันทึกแรงจากเครื่องซึ่ง ใครสังเกตผล ใครดูเวลา ใครคอยสนับสนุน ถ้าเราเข้าใจหน้าที่กันชัด เราจะร่วมกันตัดสินใจได้ง่ายขึ้นครับ” หลังจากนั้น สมาชิกในทีมเริ่มแสดงบทบาทของตนอย่างชัดเจน สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมีการวางแผนมอบหมายหน้าที่เป็น ผู้ควบคุมยานพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บ จำนวน 3 คน ผู้จดบันทึกขนาดแรงจากเครื่องซึ่งสปริงที่ถือโดยผู้ควบคุมยานพาหนะจำนวน 1 คน ผู้สังเกตการณ์และจับเวลาขณะดำเนินการกิจ จำนวน 1 คน และผู้อำนวยความสะดวกคอยสนับสนุน จำนวน 1 คน นักเรียน S09 กลุ่ม 6 ที่รับบทผู้จับเวลาและสังเกตการณ์ กล่าวว่า “เรายังไม่ได้ทดสอบเลย แต่ถ้าเราใช้ไม้ไผ่กริมมันจะหนักขึ้น อาจลำเลียงช้ากว่าใช้ไหม” ขณะที่นักเรียน S13 กลุ่ม 6 ผู้ควบคุมยานพาหนะ ตอบว่า “ถ้าหนักเกินไปต้องใช้แรงเยอะ รถอาจเคลื่อนที่ไม่เสถียร” และ นักเรียน S30 กลุ่ม 6 ผู้จดบันทึกแรง เสริมว่า “เราน่าจะลองสองแบบ แล้วดูว่าอันไหนแรงน้อยกว่ากันดีกว่า” สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนแต่ละคนเข้าใจหน้าที่ของตนเอง และเริ่มมีการสื่อสารกันเพื่อ ระบุปัญหา นิยามปัญหา และเสนอแนวทางการตั้งสมมติฐาน อย่างเป็นระบบและหลังจากที่ดำเนินการทดสอบยานพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บได้สำเร็จได้ 1 คนผู้วิจัยได้สังเกตการณ์สนทนาของนักเรียนภายในกลุ่ม นักเรียน S09 กลุ่ม 6 บทบาทผู้สังเกตการณ์และจับเวลาพูดว่า “เราว่าระยะเวลาที่ลำเลียงผู้บาดเจ็บนานเกินไป เพราะควบคุมทิศทางได้ช้า” จากนั้นนักเรียน S13 กลุ่ม 6 ผู้ควบคุมยานพาหนะพูดว่า “แรงที่ดึงจากผู้ควบคุมรถทั้ง 3 คนยังไม่สมดุลกับเส้นทางลำเลียงมากเพียงพอ” ต่อจากนั้นนักเรียน S21 กลุ่ม 6 ผู้จับเวลาได้เสนอแนวคิดที่ว่า “เอาแบบนี้ใหม่เมื่อพวกเราสามารถควบคุมผ่านแต่ละเส้นทางได้เราจะหยุดเวลาเพื่อดูขนาดของแรงที่ใช้ดึงของแต่ละคนจะบันทึกก่อนแล้วเมื่อพร้อมจะไปเส้นทางถัดไปเราก็จะกดจับเวลาต่อไป อาจจะได้แนวทางการควบคุมยานพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บที่เร็วขึ้นได้” สิ่งนี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจบทบาทหน้าที่ของตนเองในระบบการทำงานแบบกลุ่มเป็น

อย่างดีและยังมีการร่วมกันวางแผนเชิงกลยุทธ์ เพื่อพัฒนาแนวทางและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ระหว่างปฏิบัติการกิจองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา และการสืบค้นเพื่อตั้งสมมติฐานจึงพัฒนาขึ้นอย่างมีระบบในกลุ่มนักเรียน และนักเรียนแต่ละกลุ่มยังมีการตรวจสอบซ้ำผ่านการทดสอบครั้งที่ 2 และรอบการแข่งขันจึงเป็นการพัฒนาองค์ประกอบทักษะการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วน

จากวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของตนเองในการปฏิบัติการมากขึ้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการใช้การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทในทีม ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว (Kite Festival) พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มมีความเข้าใจบทบาทของตนเองในทีมได้ชัดเจนมากขึ้น และสามารถเริ่มกระบวนการวางแผนและดำเนินการได้อย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มที่ 4 พบว่านักเรียน S19 ซึ่งได้รับมอบหมายให้เป็นผู้จัดบันทึกความสูงของว่าวกลับนั่งนิ่งและไม่แสดงบทบาทใด ๆ ครูจึงเข้าไปพูดคุยกับกลุ่มเพื่อสะท้อนความสำคัญของบทบาทแต่ละคน โดยกล่าวว่า “ทุกคนในทีมมีหน้าที่สำคัญนะครับ ถ้าไม่มีคนบันทึกความสูงเราก็จะไม่รู้ว่าว่าวของเราลอยสูงพอไหม หรือเปรียบเทียบกับแบบอื่นได้อย่างไร เพราะฉะนั้นบทบาทของเราไม่ได้แค่นั่งจดอย่างเดียว แต่เป็นคนช่วยทีมตัดสินใจจากข้อมูลจริงที่เราสังเกตได้ด้วยนะครับ เราลองช่วยกันดูอีกครั้งนะ” หลังจากนั้นผู้วิจัยได้สังเกตการสนทนาของนักเรียนภายในกลุ่ม พบว่า นักเรียน S19 จึงเริ่มมีส่วนร่วมในการสังเกตและจดบันทึกความสูงของว่าวอย่างกระตือรือร้น พร้อมกับแลกเปลี่ยนข้อมูลกับสมาชิกในทีม นักเรียน S12 กล่าวว่า “ตอนทดลองว่าวทรงสามเหลี่ยมเมื่อกี้ เราลอยได้ประมาณ 3.5 เมตรใช่ไหม” S19 ตอบว่า “ใช่ แล้วทรงสี่เหลี่ยมได้แค่ 3 เมตร แต่ดูเหมือนมันอยู่ได้นานกว่านะ” ขณะที่ S09 ผู้จัดบันทึกเวลาเสริมว่า “สี่เหลี่ยมลอยได้เกิน 3 นาที ส่วนสามเหลี่ยมแค่ 2 นาทีครึ่งเอง” จากบทสนทนาในกลุ่มจะเห็นได้ว่านักเรียนแต่ละคนสามารถใช้ข้อมูลจากบทบาทของตนเองในการร่วมวิเคราะห์ปัญหา และเสนอแนวทางแก้ไขอย่างมีเหตุผล จากนั้น S18 ผู้ควบคุมว่าวกล่าวว่า “เราน่าจะรวมจุดเด่นของทั้งสองแบบ ใช้โครงแบบหนึ่งกับขนาดของอีกแบบ จะได้ทั้งสูงและอยู่ได้นาน” ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นตามหน้าที่ของแต่ละบทบาทส่งผลให้เกิดการตั้งสมมติฐานและตัดสินใจร่วมกันอย่างมีระบบ จากการดำเนินกิจกรรมนี้ ผู้วิจัยพบว่า แม้นักเรียนจะมีประสบการณ์จากกิจกรรมก่อนหน้าแล้ว แต่การทบทวนบทบาทและการให้คุณค่ากับทุกตำแหน่งในทีมยังคงเป็นสิ่งสำคัญ ครูสามารถใช้การพูดคุยกระตุ้นให้ผู้เรียนตระหนักถึงหน้าที่ของตนเอง ส่งผลให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนข้อมูล คิดวิเคราะห์ และตัดสินใจร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง

เป็นการส่งเสริมพฤติกรรมของทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วน

จากวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ครบทุกองค์ประกอบ ผู้วิจัยจึงดำเนินการใช้การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทในทีม ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing gloves) ซึ่งต่อเนื่องจากกิจกรรมก่อนหน้านี้ นักเรียนมีความเข้าใจในระบบการทำงานแบบมีบทบาทชัดเจนในทีมมากยิ่งขึ้น โดยกลุ่ม 3 แบ่งหน้าที่อย่างเป็นระบบ ได้แก่ ผู้ปฏิบัติภารกิจ 1 คน ผู้จับเวลาในการปฏิบัติภารกิจ 1 คน ผู้ลงมือสร้างถุงมือ 1-2 คน ผู้ออกแบบถุงมือ 1 คน และผู้จดบันทึกข้อมูล 1 คน นักเรียนแต่ละคนเริ่มต้นบทบาทของตนเองได้อย่างราบรื่นตั้งแต่ช่วงออกแบบและสร้างถุงมือ อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการทดสอบการปฏิบัติภารกิจรอบแรก ซึ่งนักเรียน S14 กลุ่ม 3 ทำหน้าที่เป็นผู้ปฏิบัติภารกิจ ปรากฏว่าน้ำมันพืชเบือนบริเวณถุงมือเป็นจำนวนมาก นักเรียน S04 กลุ่ม 3 ซึ่งเป็นผู้จับเวลาและสังเกตการณ์กล่าวว่า “เราน่าจะเปลี่ยนให้คนอื่นทำแทน S14 จับผลไม้หลุดตลอดเลย น้ำมันก็เลอะหมด” คำพูดดังกล่าวสร้างบรรยากาศตึงเครียดในกลุ่ม ครูจึงเข้าไปพูดคุยกับนักเรียนทั้งกลุ่มเพื่อทบทวนแนวคิดเรื่องบทบาทและความร่วมมือ โดยครูกล่าวว่า “ทุกบทบาทในทีมของเราสำคัญเหมือนกันนะครับ การปฏิบัติภารกิจไม่สำเร็จรอบแรกไม่ได้หมายความว่าคนที่ลงมือผิดเสมอ บางทีถุงมือที่เราออกแบบมาอาจจะยังไม่เหมาะ ถ้าเราช่วยกันปรับแบบใหม่ แล้วเปลี่ยนคนปฏิบัติภารกิจดูอีกครั้ง เราอาจจะเห็นว่าอะไรเป็นปัจจัยที่แท้จริง ลองให้โอกาส S04 เป็นผู้ปฏิบัติภารกิจรอบต่อไป แล้วเรามาช่วยกันออกแบบใหม่อีกครั้งดีไหมครับ” หลังจากการพูดคุยนักเรียนเริ่มหันกลับมาให้ความสำคัญกับบทบาทของกันและกันมากขึ้น นักเรียน S07 กลุ่ม 3 ผู้ออกแบบถุงมือกล่าวว่า “เราอาจต้องเปลี่ยนวัสดุตรงปลายนิ้วให้หนืดขึ้น เวลาหยิบจะได้ไม่ลื่นหลุด” ขณะที่นักเรียน S14 ที่เปลี่ยนบทบาทจากผู้ปฏิบัติมาเป็นผู้จับเวลาและสังเกตการณ์ กล่าวว่า “เราอาจเสริมแผ่นรองตรงฝ่ามืออีกชั้นหนึ่งก็ได้ จะได้กันน้ำมันไม่ให้ซึมเข้าถุง” นักเรียน S04 ที่ได้รับโอกาสเป็นผู้ปฏิบัติภารกิจคนใหม่ก็เสนอว่า “ช่วยออกแบบให้พอดีกับขนาดมือของเราด้วยนะ จะได้หยิบแน่นขึ้น” พฤติกรรมเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนแต่ละคนสามารถ ระบุปัญหา ที่แท้จริงได้ว่า อาจไม่ได้อยู่ที่ผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว แต่เกี่ยวข้องกับการออกแบบถุงมือที่ยังไม่เหมาะสมและร่วมกัน นิยามปัญหา ในเชิงวิเคราะห์โดยอิงจากประสบการณ์รอบแรก ต่อมา นักเรียนเสนอการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและวัสดุของถุงมือ ซึ่งเป็นการ ตั้งสมมติฐาน แนวทางใหม่อย่างมีเหตุผล หลังจากสร้างถุงมือชุดใหม่และทดสอบอีกครั้ง นักเรียน S04 ปฏิบัติภารกิจสำเร็จ โดยมีน้ำมัน

เพื่อนน้อยกว่ารอบแรก และสามารถหิบบผลไม่ได้อย่างมั่นคง เมื่อเสร็จสิ้นภารกิจ นักเรียน S09 ผู้จัดบันทึกข้อมูลกล่าวว่า “รอบนี้ใช้เวลาน้อยลง น้ำมันก็เพื่อนน้อยกว่าแบบแรกเยอะเลย” นักเรียน S14 สะท้อนต่อว่า “แบบนี้แสดงว่ามันไม่ได้ขึ้นอยู่กับคนจับอย่างเดียว แต่ออกแบบให้เหมาะกับผู้ใช้ก็ดีขึ้นจริง ๆ” ซึ่งเป็นการ ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จริงและความคิดเห็นร่วมในทีม เหตุการณ์ในวงจรการปฏิบัติที่ 3 แสดงให้เห็นว่า แม้นักเรียนจะมีความเข้าใจบทบาทของตนเองได้ดีขึ้น แต่สถานการณ์ภายใต้แรงกดดันยังจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากครูผ่านการสะท้อนคิดเชิงบวก การย้ำความสำคัญของบทบาททุกคน และการเปิดโอกาสให้เรียนรู้จากความผิดพลาดร่วมกัน ซึ่งนำไปสู่การพัฒนารูปแบบประกอบของทักษะการแก้ปัญหาอย่างครบถ้วน ได้แก่ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา โดยมีพื้นฐานจากความร่วมมือภายในทีมที่มีโครงสร้างบทบาทอย่างชัดเจน

ผู้วิจัยดำเนินการใช้การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีบทบาทในทีม ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous Car) ซึ่งต่อเนื่องจากกิจกรรมก่อนหน้านี้ทั้ง 3 วงจร นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดการแบ่งบทบาทการทำงานในทีมอย่างชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะในกิจกรรมนี้ซึ่งมีความซับซ้อนทั้งในด้านการออกแบบ ควบคุมแรงเสียดทาน และการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มนักเรียนจึงได้แบ่งบทบาทออกเป็น ผู้ปฏิบัติการ ผู้ลงมือสร้างรถ ผู้ออกแบบรถ และ ผู้จัดบันทึกข้อมูล โดยบทบาทแต่ละตำแหน่งสามารถมีนักเรียนมากกว่า 1 คน เพื่อช่วยกันทำหน้าที่ในลักษณะที่มีย่อยภายในทีมใหญ่ ก่อนเริ่มการสร้างรถ ครูได้กล่าวกับนักเรียนว่า: “ในภารกิจนี้ เราแต่ละคนอาจมีบทบาทซ้ำกันได้มากกว่าหนึ่งคนนะครับ คือ คนสร้างรถอาจมี 2-3 คนอาจจะต้องแบ่งส่วนประกอบกันสร้าง ส่วนคนออกแบบอาจต้องแบ่งส่วนประกอบกันออกและคุยกันในกลุ่มย่อยก่อน แล้วสรุปเป็นแบบเดียวกันออกมาให้กลุ่มตัดสินใจ ขณะเดียวกัน คนปฏิบัติการก็ต้องเข้าใจวิธีการทดสอบ และคนจดข้อมูลต้องพร้อมบันทึกทั้งความเร็ว จุดหยุด และแรงเสียดทานที่เปลี่ยนแปลงไป เพราะทุกคนต้องช่วยกันหาทางให้รถหยุดตรงเป้าหมายอย่างแม่นยำ เราช่วยกันตามบทบาทให้เต็มที่นะครับ” จากการสังเกตการดำเนินกิจกรรมของกลุ่ม 2 นักเรียนแสดงบทบาทของตนเองได้อย่างชัดเจน นักเรียน S03 และ S18 ในบทบาทผู้ออกแบบรถ กำลังอภิปรายว่า “ถ้าเราใช้ล้อพลาสติกกับพื้นลื่น รถจะเลยเป้าหมายแน่นอน” ขณะที่ S07 และ S09 ผู้ลงมือสร้างเสนอว่า “งั้นเราลองเสริมยางครึ่งหนึ่งของล้อ แล้วอีกครึ่งให้ลื่น เพื่อให้ชะลอรถตอนท้ายได้ไหม” ด้าน S06 และ S12 ผู้จัดบันทึกข้อมูลแสดงความคิดเห็นว่า “เมื่อถึงรถอย่างหยุดที่เส้นเขียวพอดีเลย แต่แบบก่อนหน้านี้เลยไปไกลเกิน ลองปรับน้ำหนักดูอีกทีไหม” เมื่อรถถูกนำมาทดสอบในรอบแรก นักเรียน S03 ผู้ปฏิบัติการก็แจ้งว่า “รถวิ่ง

เร็วเกินไป หยุดไม่ทันเลย” นักเรียน S09 สะท้อนว่า “แสดงว่าแรงเสียดทานยังน้อยเกินไป” ขณะที่ S12 เสริมว่า “ถ้าลดความลาดของทางปล่อยนิดหนึ่ง รถอาจไม่เร็วเกินไป” กลุ่มนักเรียนจึงตัดสินใจออกแบบใหม่ โดยเพิ่มยางที่ล้อหลังและปรับมุมทางปล่อย พร้อมตั้งสมมติฐานว่ารถจะหยุดได้ใกล้เป้าหมายมากขึ้น และสามารถเก็บคะแนนได้สูงกว่าเดิม ในการทดสอบรอบที่สอง นักเรียน S24 รายงานว่า “รถหยุดในเขตสีแดงเลย ได้ 50 คะแนนเต็ม” S07 แสดงความคิดเห็นว่า “การปรับยางล้อหลังและทางลาดมีผลจริง ๆ เราคุมแรงได้แม่นยำขึ้น” นักเรียน S03 ซึ่งทำหน้าที่ปฏิบัติการก็กล่าวว่า “เรารู้จังหวะปล่อยพอดี เพราะรอบที่แล้วได้ลองมาแล้ว” ข้อมูลและการสะท้อนนี้แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถตรวจสอบแนวทางที่ปรับปรุง และ ประเมินผลการแก้ปัญหา ได้จากบทบาทต่าง ๆ ที่ทำงานสอดคล้องกัน จากการดำเนินกิจกรรมในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยพบว่า เมื่อเปิดโอกาสให้บทบาทมีความยืดหยุ่นมากขึ้น นักเรียนสามารถวางแผน ประสานงาน และ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในทีมได้อย่างอิสระมากขึ้น บทบาทที่ซ้อนกันช่วยให้นักเรียนไม่เพียงเข้าใจหน้าที่ของตนเอง แต่ยังเข้าใจการทำงานของทีมทั้งหมด และสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นองค์รวม

จากการที่ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เน้นการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน จนครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ พบว่านักเรียนสามารถแสดงบทบาทของตนเองได้อย่างชัดเจน และใช้บทบาทนั้นเป็นฐานในการแลกเปลี่ยนข้อมูล วิเคราะห์สถานการณ์ และตัดสินใจร่วมกันอย่างมีเหตุผล กรณีที่เกิดข้อขัดแย้งหรือความไม่เข้าใจในบทบาทครูสามารถใช้วิธีการทบทวนหน้าที่และสะท้อนคุณค่าของบทบาทแต่ละตำแหน่งเพื่อให้เกิดความร่วมมืออย่างแท้จริงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นตามหน้าที่ ความรับผิดชอบ และประสิทธิภาพจากรอบก่อนหน้ายังคงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการตั้งสมมติฐานและตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อเปิดโอกาสให้บทบาทมีความยืดหยุ่น และ ส่งเสริมการสะท้อนคิดภายในกลุ่ม การเรียนรู้แบบมีบทบาทในทีมจึงเป็นกลยุทธ์ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดและตัดสินใจในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างรอบด้าน และเป็นแนวทางที่ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหายากลุ่มเล็กและต่อเนื่อง

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง (Promoting evidence-based peer critique and iterative improvement among students)

ผู้วิจัยได้พบแนวทางดังกล่าวสะท้อนจากวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถู่มือสุดอัศจรรย์ (Amazing Gloves) พบในขั้นตอนของการนำเสนอผลและถอด

บทเรียนจากต้นแบบถุงมือที่สร้างขึ้นขั้นสุดท้ายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผู้วิจัยได้สังเกตบทสนทนาของนักเรียนระหว่างการเตรียมนำเสนอ นักเรียน S07 กล่าวขึ้นว่า “รอบนี้หีบได้ 2 ชิ้นก็โอเคแล้วนะ เมื่อเทียบกับรอบแรกที่ได้แค่ชิ้นเดียว” นักเรียน S12 ได้แย้งว่า “แต่บางกลุ่มได้ 3 ชิ้นในเวลาใกล้เคียงกัน แล้วของเรายังมีเพื่อนอยู่บ้าง แบบนี้ถือว่าสำเร็จจริงหรือ” นักเรียน S04 เสริมว่า “ถ้าเรานำเสนอแบบนี้ คนอื่นจะเห็นว่าเราพัฒนาแล้วหรือเปล่า หรือเขาจะคิดว่าเรายังทำไม่ได้ดีพอ” สมาชิกในกลุ่มเริ่มมีข้อถกเถียงกันว่าจะระบุว่าผลงานของตน “ประสบความสำเร็จ” หรือไม่ ครูจึงเข้าไปพูดคุยกับกลุ่ม และกล่าวว่า “ในขั้นตอนนี้ เราไม่ได้ต้องแค่นำเสนอว่าเราทำได้หรือไม่ดีนะครับ แต่เราควรอธิบายว่า เราได้เรียนรู้อะไรจากผลการทดลองจริง และเราจะพัฒนาอะไรต่อ ถ้าเรามีเวลาอีกสักรอบ ครูอยากให้ทุกคนลองดูข้อมูลจากรอบล่าสุด เวลาในการปฏิบัติ จำนวนผลไม้ที่หีบได้ เปรียบเทียบกับรอบก่อนหน้านี้ แล้วช่วยกันตัดสินใจว่า ถ้าเราอยากทำให้ดีขึ้นอีก เราจะปรับอะไร และทำไมถึงคิดแบบนั้น” คำถามของครูส่งผลให้นักเรียน หันกลับไปวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นรูปธรรมแทนการโต้แย้งจากความรู้สึก นักเรียน S12 วิเคราะห์ว่า “รอบนี้ดีขึ้นจากเดิมมาก แต่การที่ยังหีบได้ไม่ครบ น่าจะเพราะถุงมือยังลื่นตอนจับลูกสุดท้าย” นักเรียน S04 ผู้ปฏิบัติภารกิจกล่าวว่า “ตอนหีบลูกที่ 3 มันหลุดจริง ๆ ถ้ามีวัสดุเสริมตรงนิ้วโป้งมากกว่านี้อาจจะพอดีมือกว่านี้” นักเรียน S07 กล่าวว่า “ถ้าเรารายงานแบบนี้ แล้วบอกว่ามีแนวทางจะเสริมถุงมืออีก เราก็แสดงให้เห็นว่าเราวิเคราะห์และปรับปรุงได้” กลุ่มจึงตัดสินใจว่า จะนำเสนอผลการทดลองเดิม พร้อมเสนอแนวทางพัฒนาเพิ่มเติมอย่างมีเหตุผล ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในองค์ประกอบของ การระบุปัญหา ซึ่งนักเรียนตระหนักได้จากผลการทดลองจริงว่า แม้ผลงานจะดีขึ้นแต่ยังไม่สามารถกอบกู้ผลไม้ได้ครบตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ การนิยามปัญหา อย่างมีเหตุผล โดยอธิบายว่าปัญหาเกิดจากบริเวณนิ้วโป้งของถุงมือที่ยังไม่สามารถยึดจับผลไม้ได้มั่นคง การตั้งสมมติฐาน ว่าหากเสริมวัสดุบริเวณนิ้วโป้งจะช่วยให้การหีบผลไม้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังแสดงถึง การตรวจสอบการแก้ปัญหา ผ่านการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับรอบก่อนหน้านี้อย่างเป็นเหตุผล พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางพัฒนาอย่างมีระบบ พฤติกรรมเหล่านี้แสดงให้เห็นว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริงในช่วงการนำเสนอผลงาน มีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการคิดอย่างลึกซึ้ง และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในทุกองค์ประกอบได้อย่างชัดเจน.

จากวงจรการปฏิบัติที่ 3 ผู้วิจัยเห็นว่าการแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริงสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกถึงการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงดำเนินการใช้การแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง มาใช้ในวงจรปฏิบัติการ

ที่ 4 โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous car) ในขั้นตอนของการนำเสนอผลและถอดบทเรียนจากต้นแบบรถที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นขั้นสุดท้ายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หลังจากผ่านการเรียนรู้ในวงจรก่อนหน้านี้ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำงานร่วมกันภายในกลุ่มได้อย่างราบรื่น เข้าใจบทบาทของตนเอง และสามารถสรุปผลจากการทดลองของกลุ่มตนเองได้อย่างมีเหตุผล อย่างไรก็ตาม ครูยังคงเห็นความสำคัญของการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาให้ลึกซึ้งมากขึ้น จึงออกแบบให้มี การแลกเปลี่ยนข้อมูลและวิพากษ์ผลการทดลองระหว่างกลุ่ม ก่อนเริ่มการนำเสนอผลงานระหว่างการแลกเปลี่ยนผล ครูให้แต่ละกลุ่มหมุนเวียนดูผลงานของกลุ่มอื่น พร้อมทั้งจดคำถามหรือข้อสังเกตลงในแบบฟอร์ม แล้วกลับมาพูดคุยกับกลุ่มของตนเองเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบ กลุ่ม 5 ซึ่งสามารถออกแบบรถให้หยุดได้ในเขตเป้าหมาย (สีแดง) ในรอบที่ 2 โดยใช้ล้อยางเสียดทานสูงทั้งสี่ล้อ และมีผู้ปฏิบัติภารกิจควบคุมการปล่อยรถในองศาที่แน่นอน ได้รับคำถามจากกลุ่ม 1 ว่า “กลุ่มของเราก็ใช้ล้อยางเหมือนกัน แต่รถเลยเป้าหมายตลอด ทำไมของพวกคุณหยุดได้พอดี” นักเรียนในกลุ่ม 5 เริ่มถกเถียงกันเพื่อเตรียมคำอธิบายให้กลุ่มอื่น S21 กล่าวว่า “รอบแรกเราก็เลยเป้าเหมือนกันนะ แต่เราลองปรับองศาทางลาดจาก 30 องศา เหลือแค่ 25 องศา แล้วรถมันไม่พุ่งเร็วเหมือนเดิม” S28 เสริมว่า “แล้วเราก็ทดลองเปรียบเทียบสองครั้ง วัดระยะหยุดเฉลี่ย แล้วใช้ค่าที่ดีที่สุดมาใช้จริง” S30 สะท้อนว่า “แสดงว่าแค่ใช้วัสดุเหมือนกันไม่ได้ผล ถ้าไม่ปรับตัวแปรอื่น เช่น ทางลาดหรือมุมปล่อย ก็จะไม่ได้ผลเหมือนกัน” เมื่อครูได้ยินบทรสนทนาดังกล่าว จึงชวนให้นักเรียนทั้งห้องแลกเปลี่ยนประเด็นร่วมกัน โดยกล่าวว่า “การที่กลุ่มหนึ่งทำสำเร็จไม่ได้แปลว่าวัสดุที่ใช้เหมาะสมที่สุดเพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นเพราะเขามีวิธีทดสอบ ปรับ และเลือกแนวทางที่อิงจากข้อมูลจริง ถ้าเราลองถามกลุ่มอื่นว่า พวกเขาทำอย่างไรจึงเลือกแนวทางสุดท้าย อาจทำให้เราเห็นจุดที่เราปรับได้อีก ลองสังเกตจากข้อมูลที่บันทึกไว้ แล้วคิดต่อว่า ถ้ามีรอบใหม่ เราจะทำให้ดีขึ้นได้อย่างไรครับ” ภายหลังการแลกเปลี่ยน นักเรียนกลุ่ม 1 ซึ่งเดิมยังคงใช้รูปแบบการปล่อยรถในมุมเดิม ได้เปลี่ยนแนวคิดโดยวิเคราะห์ระยะเฉลี่ยจากรอบการทดลองที่ผ่านมา แล้วเสนอแนวทางว่าจะปรับความลาดและน้ำสะท้อนให้เห็นว่า แม้นักเรียนจะไม่มีข้อขัดแย้งหรือปัญหาในการดำเนินกิจกรรมภายในกลุ่มเหมือนในวงจรก่อนหน้านี้ แต่การออกแบบให้มีการวิพากษ์ระหว่างกลุ่มโดยใช้ข้อมูลจริงเป็นฐาน ยังคงเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น หนักบรรทุกของรถในรุ่นถัดไป และนำเสนอข้อมูลการตัดสินใจดังกล่าวอย่างมีเหตุผล

จากที่ผู้วิจัยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ในวงจรการปฏิบัติที่ 3 และ 4 พบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างลุ่ม

ลึก โดยครูออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้อภิปราย เปรียบเทียบ และตรวจสอบผลงานของตนเอง หรือของกลุ่มอื่นจากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง ไม่ใช่จากความรู้สึกหรือความเชื่อส่วนตัว ส่งผลให้นักเรียน สามารถสะท้อนคิดได้อย่างมีเหตุผล มองเห็นจุดอ่อนของแนวทางเดิม กำหนดสมมติฐานใหม่ และวางแผนการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ ช่วยให้ทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนพัฒนาอย่างรอบด้าน ทั้งการระบุปัญหา การนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบการแก้ปัญหา ซึ่งสะท้อน จากคำแนะนำเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนที่สูงขึ้นในทุกองค์ประกอบ



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อศึกษาผลที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และเพื่อเสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งมีสาระสำคัญในการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายในการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อเสนอแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษานักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2568 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในพื้นที่เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน โดยการเลือกตามความสะดวก (Convenience Sampling) จากห้องเรียนที่ผู้วิจัยทำการสอนด้วยตนเองจัดชั้นเรียนแบบคละความสามารถ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด 3 เครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หน่วยการเรียนรู้แรงและการเคลื่อนที่ ประกอบด้วยหัวข้อย่อย ได้แก่ แรงลัพธ์ และแรงเสียดทาน ซึ่งออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 4 แผน แผนละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว (Kite festival) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing gloves) และ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous car) โดยแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนฯ รวมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้าน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 3 ท่าน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีสอดคล้องในด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ ของทุกแผนอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

2. แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาจำนวน 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถามย่อยตามพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการแก้ปัญหา 4 องค์ประกอบ รวมเป็น 20 ข้อ 40 คะแนน

กำหนดเวลาในการทำแบบวัด 1 ชั่วโมง เกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดมี 3 ระดับ ได้แก่ 2, 1 และ 0 คะแนน ซึ่งมีแนวการตอบของคำถามในแต่ละองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา และกำหนดการแปลความหมายของระดับทักษะเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง และน้อย โดยแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการกับสถานการณ์ปัญหาข้อคำถามและแนวการตอบในแบบวัดรวมถึงการตรวจสอบความเหมาะสมด้านการใช้ภาษาและการนำไปใช้ จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมถึงเหมาะสมมาก แสดงให้เห็นว่าแบบวัดสามารถครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้านความเหมาะสมทางภาษาและการนำไปใช้ในบริบทของผู้เรียน พบว่าผู้ทรงคุณวุฒิประเมินว่าแบบวัดมีระดับความชัดเจน ความเข้าใจง่าย และสามารถใช้งานได้จริงในระดับ มากถึงมากที่สุด เมื่อพิจารณาระดับความยากของแบบวัด พบว่าแบบวัดอยู่ในระดับ ปานกลางถึงค่อนข้างง่าย ซึ่งเหมาะสมกับระดับความสามารถของกลุ่มเป้าหมาย และเอื้อต่อการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ ยังพบว่าแบบวัดทั้ง 5 สถานการณ์มี ค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับยอมรับได้ แสดงถึงความมั่นคงของแบบวัดในการวัดทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างน่าเชื่อถือ

3. แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ 1) ผลการจัดการเรียนรู้ 2) ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้ 3) สิ่งที่ควรพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ และ 4) แนวทางแก้ไข โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนประเมินความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ พบว่ามีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาโดยภาพรวมและตามองค์ประกอบหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

2. ก่อนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา สูงที่สุด รองลงมาเป็น องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ตามด้วยองค์ประกอบที่ 2 การนิยามปัญหา และองค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหาตามลำดับ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยใน องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา สูงที่สุด รองลงมาเป็น องค์ประกอบที่ 2 การนิยามปัญหา ตามมาด้วยองค์ประกอบที่ 4 การตรวจสอบการแก้ปัญหา และองค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐานตามลำดับ

3. การศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ขนาดของผลโดยรวมอยู่ในระดับมีผลมาก สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวส่งผลในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir (1974) พบว่า องค์ประกอบที่ 4 ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา มีขนาดของผล สูงที่สุด แสดงให้เห็นถึงความสามารถของผู้เรียนในการประเมินผลลัพธ์และปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ องค์ประกอบที่ 3 ด้านการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน มีขนาดของผลต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ยังคงอยู่ในระดับที่มีผลมากเช่นกัน ผลการวิจัยข้างต้นจึงชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ และส่งผลในระดับสูง โดยเฉพาะด้านการตรวจสอบและประเมินผลแนวทางการแก้ปัญหา

4. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมค้นพบทั้งหมด 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 ใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ (Using guided reflective questioning throughout the learning)

แนวทางที่ 2 เน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน (Emphasizing role-oriented collaborative learning)

แนวทางที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง (Promoting evidence-based peer critique and iterative improvement among students)

อภิปรายผล

ประเด็นที่ผู้วิจัยนำมาอภิปรายผลมี 4 ประเด็น คือ

1. ผลการศึกษาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

เมื่อพิจารณาผลคะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ทั้งภาพรวมและรายองค์ประกอบตามพฤติกรรม บ่งชี้ หมายความว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถนำมาใช้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี พิจารณาตามขั้นการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Problem identification) โดยในขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนตระหนักถึงสถานการณ์หรือบริบทที่เป็นปัญหา พร้อมทั้งอธิบายสิ่งที่ เป็น "ปัญหาแท้จริง" อย่างชัดเจน ซึ่งครูจะเป็นผู้นำเสนอสถานการณ์ปัญหาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์จริงที่มีบริบทท้าทายสะท้อนความเข้าใจร่วมกับเพื่อนในกลุ่มเพื่อยืนยันว่าปัญหาที่ระบุนั้นครอบคลุมและตรงจุด นั้นจึงทำให้ขั้นการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการระบุปัญหา (Statement of the Problem) ได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจากนักเรียนจะทราบปัญหาแล้วนักเรียนยังได้มีโอกาส ตีความ กำหนดขอบเขตและวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหา ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของ การนิยามปัญหา (Defining the problem) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Akben (2020) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับโจทย์ปัญหาที่มีความหมาย และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง พวกเขาจะมีแรงจูงใจสูงในการพิจารณาสิ่งที่ เป็น "ปัญหาแท้จริง" ซึ่งช่วยส่งเสริมทักษะในการระบุปัญหาได้ดี อีกทั้งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อาณัติ ชันทจันทร์ และคณะ (2561) ที่พบว่า นักเรียนระดับประถมและมัธยมมีแนวโน้มระบุปัญหา ได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อครูให้เวลาวิเคราะห์สถานการณ์จริง และเปิดโอกาสให้ระดมความคิด ร่วมกัน ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับขั้นระบุปัญหาของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Crismond and Adams (2012) ที่ชี้ว่าขั้นตอนแรกของกระบวนการ

ออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่ควรหยุดแค่การเสนอปัญหา แต่ควรนำไปสู่การนิยามปัญหาที่ลึกซึ้ง โดยอาศัยการสำรวจข้อมูลจริง และตีความเชิงวิเคราะห์

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริม องค์ประกอบที่ 3 ของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) คือ การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for Formulating a Hypothesis) ขั้นตอนนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกตั้งข้อสงสัย และ ตั้งสมมติฐานเบื้องต้น จากคำถามหรือสถานการณ์ เช่น “ว่าที่ลอยได้นานควรมีลักษณะอย่างไร” หรือ “แรงลัพธ์ต่อวัตถุเป็นอย่างไรเมื่อแรงกระทำในทิศทางตรงกันข้าม” ได้สำรวจ องค์ความรู้เบื้องต้น แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หลักการ หรือข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งจากการสังเกต การทดลอง วิกิพีเดีย หรือการสืบค้นอินเทอร์เน็ต มีโอกาสเรียนรู้จากการทดลองจริง เพื่อเปรียบเทียบผลกับสมมติฐานของตน เช่น ทดลองแรงเสียดทานกับพื้นผิวต่าง ๆ เพื่อออกแบบถุงมือในกิจกรรม “ถุงมือสุดอัจฉริยะ” ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจโครงสร้างของปัญหาอย่างลึกซึ้งมากขึ้น และเป็นฐานสำคัญสำหรับการตั้งสมมติฐานที่เหมาะสมต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hmelo-Silver (2004) ซึ่งระบุว่า การที่นักเรียนได้สืบค้นความรู้ที่เกี่ยวข้องในบริบทที่เชื่อมโยงกับปัญหาจริง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้แบบมีความหมาย ซึ่งเอื้อต่อการตั้งสมมติฐานและการแก้ปัญหาในลำดับถัดไป

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริม องค์ประกอบที่ 3 ของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) คือ การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for Formulating a Hypothesis) เนื่องจากการออกแบบแนวทางแก้ปัญหาจำเป็นต้องเกิดจากการตั้งสมมติฐานว่าแนวทางใดที่จะเป็นแนวทางแก้ปัญหาได้ผลดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่มีในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนได้ใช้ข้อมูลจากขั้นที่ 2 มาสังเคราะห์เพื่อกำหนดสมมติฐานในรูปของแนวทางปฏิบัติ เช่น ในกิจกรรม “รถไร้คนขับ” นักเรียนตั้งสมมติฐานว่า “หากเลือกใช้วัสดุผ้าขนหนูประกอบกับฟางหวด จะช่วยให้รถหยุดได้ในตำแหน่งเป้าหมาย” สอดคล้องกับข้อค้นพบในการวิจัยของ N. Akben (2020) ที่ระบุว่า กิจกรรมที่ให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเองจากข้อมูลที่สืบค้นมาช่วยพัฒนา Metacognitive awareness และความสามารถในการตั้งสมมติฐาน โดยเฉพาะในวิชาวิทยาศาสตร์ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Crismond and Adams (2012) ที่อธิบายว่า ขั้นตอนการคิดเชิงสมมติฐาน

เสมอ โดยเฉพาะเมื่อผู้เรียนต้องตีความข้อจำกัดและเงื่อนไขของสถานการณ์อย่างรอบคอบก่อน
ออกแบบ

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริม องค์ประกอบที่ 3 ของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) คือ การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน (Searching for Formulating a Hypothesis) และยังส่งเสริม ต่อยอด ไปสู่การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) ในระดับเบื้องต้นอีกด้วย เนื่องจาก นักเรียนต้องนำแนวคิดที่ได้จากการตั้งสมมติฐานไปสู่การลงมือปฏิบัติจริง ผ่านการวางแผนลำดับขั้นตอนและจัดการเลือกวัสดุ อุปกรณ์ จึงต้องใช้ทักษะทั้งการคาดการณ์ การวิเคราะห์ และการจัดการทีมโดยต้องแบ่งหน้าที่กันตามบทบาท ซึ่งส่งเสริม ความเข้าใจเชิงระบบ และ ความรับผิดชอบร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Şahin and Topçu (2015) ที่ระบุว่า การเรียนรู้ผ่านการวางแผนและการดำเนินการในกระบวนการออกเชิงวิศวกรรม ช่วยให้ผู้เรียน สามารถเชื่อมโยงสมมติฐานกับการทดลองจริง ทำให้พัฒนาการคิดเชิงวางแผนและการตรวจสอบ ผลลัพธ์ที่ตามมา และยังสอดคล้องข้อค้นพบในงานวิจัยของ English and King (2015) ที่พบว่า การแบ่งหน้าที่ในทีมระหว่างการพัฒนาและทดลองชิ้นงานมีผลต่อความสามารถในการคิดเชิงกลยุทธ์ของผู้เรียน โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริม องค์ประกอบที่ 4 ของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) คือ การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) เนื่องจากการทดสอบและประเมินผลเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะได้พิจารณาว่าแนวทางหรือชิ้นงานที่ได้ออกแบบนั้นสามารถแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ และหากยังไม่บรรลุเป้าหมาย ก็จะต้อง ระบุข้อผิดพลาดและปรับปรุง แนวทางใหม่ โดยมีการทดสอบแนวทางหรือชิ้นงานกับ สถานการณ์จริง การเก็บข้อมูลการทดลอง และประเมินผลลัพธ์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การวิเคราะห์ ข้อผิดพลาด ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง การปรับปรุงซ้ำ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองจริง นำไปสู่การพัฒนาแนวทางใหม่ที่เหมาะสมกว่าเดิม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kolodner et al. (2003) ที่ชี้ว่าการให้ผู้เรียนได้ทดสอบและปรับปรุงชิ้นงานจริงตามสถานการณ์จะพัฒนาทักษะการวิเคราะห์และประเมินผลของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมอย่างชัดเจนต่อองค์ประกอบที่ 4 ของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) คือ การตรวจสอบการแก้ปัญหา (Verifying the Solution) โดยเป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียน สะท้อน วิเคราะห์ และสื่อสารวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ของตนเองต่อผู้อื่น เป็นการ ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการคิด ผ่านการสื่อสารอย่างมีระบบ การตอบคำถาม และการรับข้อเสนอแนะ โดยนักเรียนตัวแทนกลุ่มต้องอธิบายแนวคิดและกระบวนการที่ตนใช้ ตั้งแต่การระบุปัญหา การออกแบบ การเลือกวัสดุ ไปจนถึงการทดสอบ ประเมินข้อดี-ข้อเสีย-ข้อจำกัดของแนวทางตนเอง รับฟังข้อเสนอแนะและอภิปรายร่วมกับเพื่อน/ครู ช่วยให้นักเรียน ตรวจสอบและเปรียบเทียบแนวทางของตนเองกับผู้อื่นอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Eisenkraft et al. (2019) ที่ชี้ว่าการให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ออกแบบมา พร้อมทั้งข้อดี ข้อจำกัด และการประเมินประสิทธิภาพ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกของการแก้ปัญหาอย่างลึกซึ้งและเรียนรู้จากกระบวนการตนเอง

ทั้งนี้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ปัญหาอย่างลึกซึ้ง สืบค้นข้อมูลอย่างมีเป้าหมาย พัฒนาแนวทางแก้ปัญหาด้วยการออกแบบ ทดลอง และปรับปรุงซ้ำ ซึ่งครอบคลุมกระบวนการคิดทั้งในเชิงสร้างสรรค์และเชิงวิพากษ์ สอดคล้องกับองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Weir (1974) ที่เน้นการระบุปัญหา นิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา งานวิจัยจำนวนมากยืนยันผลในเชิงบวกของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อทักษะการแก้ปัญหา ได้แก่ Sung and Kelley (2022) ซึ่งศึกษาแนวโน้มการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนชั้นประถม พบว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาการคิดวิเคราะห์ได้ดีขึ้นผ่านกระบวนการตั้งคำถามอย่างเป็นระบบ และมีพฤติกรรมการวนลูประหว่างการระบุปัญหาและการออกแบบอย่างมีแบบแผน ซึ่งสะท้อนถึงการคิดแก้ปัญหาอย่างมีโครงสร้าง และ Sasang and Klaimongkol (2020) นักเรียนระดับประถมศึกษาที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรม STEM ซึ่งออกแบบตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีพัฒนาการด้านทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การวางแผน และการประเมินผลลัพธ์จากการทดลองโดยภาพรวม

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกลไกที่ทรงพลังในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติจริง

2. หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยใน องค์ประกอบที่ 1 การระบุปัญหา สูงที่สุด เนื่องจาก แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักและเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอน 5 การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และการถอดบทเรียนจากข้อมูลจริง ในขั้นตอน 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนทบทวนสาเหตุของผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ซึ่งนำไปสู่การระบุปัญหาอย่างมีเหตุผล ยกตัวอย่างในกิจกรรมที่ 1 การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation) นักเรียนสามารถเชื่อมโยงผลการล้มเหลวของการควบคุมพาหนะกับแรงดึงดูดที่ไม่สมดุลได้จากคำถามของครูว่า “ตอนนี้ทีมกู้ภัยเรากำลังเจอกับปัญหาอะไรครับ” ส่วนในกิจกรรมที่ 2 เทศกาลว่าว (Kite festival) ครูกระตุ้นให้นักเรียนที่ไม่แสดงบทบาทในการจัดบันทึกความสูง ได้เห็นความสำคัญของข้อมูลในการวิเคราะห์แบบว่าแต่ละชนิด จนนักเรียนสามารถระบุได้ว่าว่าวบางแบบแม้บินสูงแต่ไม่อยู่ได้นาน ขณะที่กิจกรรมที่ 3 ถุงมือสุดอัจฉริยะ (Amazing gloves) และกิจกรรมที่ 4 รถไร้คนขับ (Autonomous car) นักเรียน สามารถวิเคราะห์จุดอ่อนของถุงมือหรือรถไร้คนขับจากผลการทดสอบจริงและข้อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น จนนำไปสู่การระบุปัญหาอย่างแม่นยำ เหตุผลสำคัญที่ทักษะการระบุปัญหาพัฒนาได้สูง เนื่องจากผู้เรียนได้รับโอกาสในการลงมือปฏิบัติจริงและพบเจอความคลาดเคลื่อนหรือข้อจำกัดด้วยตนเอง ภายใต้การสนับสนุนของครูที่ใช้คำถามชี้แนะเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Weir (1974) ที่เน้นว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริงและมีแรงจูงใจในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ตรงกับแนวทางของ Sung and Kelley (2022) ที่พบว่านักเรียนประถมมีพฤติกรรมการตั้งคำถามอย่างเป็นระบบ และมีแนวโน้มไประบุปัญหาใหม่อีกเมื่อพบแนวทางที่ยังไม่เหมาะสม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การวิเคราะห์โครงสร้างปัญหาเป็นกลไกสำคัญของการคิดแก้ปัญหาอย่างมีโครงสร้าง ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยของ Yang and Chittoori (2022) ที่ศึกษาในบริบทของนักเรียนประถมปลาย ระบุว่า การใช้เทคโนโลยีร่วมกับกิจกรรมออกแบบ ช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตข้อผิดพลาดจากผลลัพธ์จริงได้ชัดเจนขึ้น และมีแนวโน้มที่จะตั้งคำถามใหม่เกี่ยวกับสาเหตุของความผิดพลาดนั้น

ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การระบุปัญหาอย่างแม่นยำและสอดคล้องกับสถานการณ์มากยิ่งขึ้น สะท้อนให้เห็นว่า การสนับสนุนด้วยข้อมูลจริงร่วมกับคำถามสะท้อนคิดจากครู เป็นกลไกสำคัญที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการระบุปัญหาได้อย่างลุ่มลึกและมีคุณภาพ

และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยใน องค์ประกอบที่ 3 การสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ต่ำที่สุดของทุกองค์ประกอบเนื่องจากความซับซ้อนเชิงนามธรรมของการตั้งสมมติฐาน ซึ่งต้องอาศัยทั้งทักษะการสังเกต วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากแหล่งต่าง ๆ ให้เป็นแนวคิดเบื้องต้นในการคาดการณ์วิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ อีกทั้งผู้เรียนในระดับประถมศึกษาอย่างขาดประสบการณ์ในการแยกแยะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การอ้างอิงข้อมูลสนับสนุน รวมถึงการเขียนสมมติฐานให้อยู่ในรูปแบบที่ถูกต้องและมีเหตุผลรองรับ จึงทำให้ผู้เรียนประสบความยากลำบากในขั้นตอนนี้ แม้ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ขั้นที่ 2: รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง จะมีการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนสืบค้น ทดลอง และตั้งสมมติฐาน เช่น การเลือกผลไม้ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นล้อรถในกิจกรรม “รถไร้คนขับ” หรือการกำหนดวัสดุใน “ถุงมือสุดอัจฉริยะ” แต่กระบวนการตั้งสมมติฐานยังไม่ถูกฝึกอย่างเข้มข้นหรือแยกออกมาให้เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นเฉพาะด้านจึงอาจไม่เพียงพอต่อการพัฒนาอย่างลึกซึ้งในทักษะนี้ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jonassen (2000) ที่ชี้ว่า ผู้เรียนมักมีปัญหาในการสร้างสมมติฐาน โดยเฉพาะเมื่อไม่ได้รับแนวทางหรือแบบอย่างที่ชัดเจน และงานวิจัยของ Yildirim and Selvi (2016) ที่ศึกษาการใช้ STEM ในโรงเรียน พบว่าผู้เรียนระดับประถมศึกษามีความสามารถต่ำในขั้นตอนของการตั้งสมมติฐานมากกว่าขั้นตอนอื่นของการแก้ปัญหา เนื่องจากขาดประสบการณ์การเชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับการคาดการณ์ผลลัพธ์

3. การศึกษาขนาดของผล (Effect size) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า องค์ประกอบที่ 4 ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา มีขนาดของผลสูงที่สุด เหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ดังกล่าวมาจากการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เผชิญกับผลลัพธ์จริงจากการลงมือปฏิบัติ และได้รับการสนับสนุนผ่านคำถามชี้แนะของครู การสะท้อนคิดร่วมกับเพื่อน และการเปรียบเทียบข้อมูลจากกลุ่มอื่น ซึ่งล้วนส่งเสริมการประเมินและพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 3: การส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ปรากฏชัดเจนในกิจกรรมที่ 4 “รถไร้คนขับ (Autonomous car)” ที่

นักเรียนได้เปรียบเทียบผลการหยุดรถในตำแหน่งเป้าหมายระหว่างกลุ่มของตนเองและกลุ่มอื่น พร้อมรับฟังข้อเสนอแนะ และใช้ข้อมูลที่ได้มาทบทวนและปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์หรือน้ำหนักของรถ ส่งผลให้สามารถออกแบบแนวทางที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในกิจกรรมที่ 3 “ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing gloves)” นักเรียนสามารถประเมินความสามารถของถุงมือในการป้องกันน้ำมันและนำผลจากการทดสอบครั้งแรกไปปรับปรุงวัตถุประสงค์หรือวิธีการสวมใส่ ซึ่งแสดงถึงการพัฒนาทักษะในการตรวจสอบการแก้ปัญหาอย่างชัดเจนนอกจากนี้ แนวทางที่ 1: การใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ ยังส่งเสริมให้นักเรียนหันกลับมาพิจารณาผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริงอย่างมีเหตุผล โดยในกิจกรรมที่ 1 “การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation)” ครูใช้คำถาม “ทำไมพาหนะจึงเคลื่อนที่ช้าเกินไป” หรือ “แรงที่ใช้มากเกินไปหรือเปล่า” ซึ่งช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์และแก้ไขจุดบกพร่องของพาหนะได้ด้วยตนเองสำหรับแนวทางที่ 2: การเรียนรู้แบบมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน ปรากฏในกิจกรรมที่ 2 “เทศกาลว่าว (Kite festival)” ที่ผู้เรียนแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน ได้แก่ ผู้ปล่อยว่าว ผู้วัดความสูง ผู้จับเวลา ส่งผลให้สามารถเก็บข้อมูลจากการทดสอบได้ครบถ้วนและนำมาใช้ประเมินแบบว่าวที่มีประสิทธิภาพในการลอยตัวและความคงตัวมากที่สุด การมีหน้าที่เฉพาะทำให้เกิดความรับผิดชอบร่วม และเป็นแรงขับให้เกิดการทบทวนผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ ผลการค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Weir (1974) ที่ระบุว่า การเรียนรู้ที่แท้จริงเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้ประเมินผลจากการลงมือปฏิบัติของตนเองและมีแรงจูงใจในการปรับปรุงแนวทางอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sung and Kelley (2022) ที่พบว่า นักเรียนระดับประถมมีแนวโน้มในการประเมินและปรับปรุงแนวทางการออกแบบได้ดีขึ้น เมื่อกิจกรรมเปิดโอกาสให้ทดลองหลายรอบ และรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อนในชั้นเรียน นอกจากนี้งานวิจัยของ Astaño (2025) รายงานว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมี ขนาดของผลระดับ upper-medium ($g = 0.70$) ต่อการเรียนรู้ด้านความคิดวิเคราะห์และการตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา ในขณะที่ Öndeş (2025) พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่จัดในรูปแบบต่อเนื่อง 6–7 สัปดาห์ขึ้นไป ส่งผลให้ผู้เรียนมีการพัฒนาในด้านการแก้ปัญหอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในองค์ประกอบของการทบทวน ปรับปรุง และประเมินผลลัพธ์จากข้อมูลจริง

ในขณะที่ องค์ประกอบที่ 3 ด้านการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน มีขนาดของผลต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ยังคงอยู่ในระดับที่มีผลมากเช่นกัน สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนสามารถพัฒนาทักษะในการตั้งสมมติฐานจากข้อมูลและประสบการณ์ของตนได้

แม้จะยังไม่เด่นชัดเท่ากับองค์ประกอบด้านการตรวจสอบผลลัพธ์ เหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ในลักษณะนี้ มาจากการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การสังเกตผลลัพธ์ และการปรับปรุงแนวทางเป็นลำดับแรก ทำให้การตั้งสมมติฐานซึ่งเป็นกระบวนการที่ควรเกิดในช่วงต้นกิจกรรมได้รับความสำคัญน้อยลงในเชิงเวลาและการเน้นย้ำ ในกิจกรรมที่ 1 “การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation)” และกิจกรรมที่ 2 “เทศกาลว่าว (Kite festival)” แม้ว่าผู้เรียนจะได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแรง น้ำหนัก หรือการเคลื่อนที่ แต่การใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อสร้างสมมติฐานล่วงหน้าเกี่ยวกับประสิทธิภาพของพาหนะหรือว่าวยังไม่ปรากฏอย่างเด่นชัดในทุกกลุ่ม ขณะที่กิจกรรมที่ 3 “ถุงมือสุดอัศจรรย์ (Amazing gloves)” พบว่าผู้เรียนบางกลุ่มสามารถตั้งสมมติฐานได้ เช่น “ถุงมือที่มีผิวสัมผัสหยาบจะกันน้ำมันได้ดีกว่าแบบเรียบ” ซึ่งเกิดจากการสังเกตเบื้องต้นและการชี้แนะของครูผ่านแนวทางที่ 1 การใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิด คือ “ถ้าเราเลือกใช้วัสดุแบบนี้ คิดว่าจะเกิดอะไรขึ้น?” ส่วนแนวทางที่ 2 การจัดบทบาทในทีมที่ชัดเจน มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนบางคนรับผิดชอบในการสืบค้นข้อมูลล่วงหน้า เช่น การเปรียบเทียบวัสดุ การบันทึกสภาพพื้นผิว และการอ้างอิงประสบการณ์จากกิจกรรมก่อนหน้า ถึงแม้การตั้งสมมติฐานจะยังไม่เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายหรือมีความลุ่มลึกเท่าที่ควร แต่ก็สามารถชี้ให้เห็นว่าผู้เรียนมีพื้นฐานในการคิดคาดการณ์ที่เป็นเหตุเป็นผล และมีแนวโน้มจะพัฒนาขึ้นได้เมื่อได้รับโอกาสและการสนับสนุนที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Weir (1974) ที่เสนอว่าการตั้งสมมติฐานเป็นหัวใจสำคัญในการวิเคราะห์ปัญหาอย่างมีระบบ และควรได้รับการส่งเสริมผ่านการตั้งคำถาม การเปรียบเทียบข้อมูล และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม โดยผลการวิจัยนี้ยังได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยของ Lin, Wu, Hsu and Williams (2021) ที่ศึกษาการบูรณาการกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้แบบใช้โครงงาน STEM ในระดับประถม พบว่าแม้ผู้เรียนมีพัฒนาการที่ชัดเจนด้านการระบุปัญหาและการประเมินผล แต่การสร้างสมมติฐานยังคงต้องได้รับการชี้แนะผ่าน scaffolding ที่ชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงต้นของกิจกรรมการเรียนรู้ นอกจากนี้ Zulyusri et al. (2023) ที่ศึกษาผลของการเรียนรู้แบบ STEM ที่ใช้กระบวนการ Design Thinking พบว่าทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียน ซึ่งรวมถึงการตั้งสมมติฐาน มีค่าขนาดของผลอยู่ในระดับสูง (effect size ≈ 0.84) โดยเฉพาะเมื่อกิจกรรมมีการชี้แนะและตั้งคำถามอย่างมีโครงสร้าง

4. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 1 คือ การใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ ได้ถูกนำมาใช้ตลอดทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยพบว่าแนวทางดังกล่าวสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ครบทุกองค์ประกอบ โดยเฉพาะเมื่อผนวกเข้ากับบริบทของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งแนวทางนี้ถูกนำไปใช้ในระหว่างขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา อย่างชัดเจน โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามชี้แนะในระหว่างการปฏิบัติงานจริง ไม่ใช่เฉพาะช่วงท้ายของกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการคิดย้อนกลับวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา สังเคราะห์ทางเลือก และตรวจสอบแนวทางที่ใช้จริงในสถานการณ์จำลองที่มีความท้าทายในขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา คำถามของครูมีบทบาทสำคัญในการชี้ให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการสังเกตผลการลงมือปฏิบัติ เช่น ในกิจกรรม “เทศกาลัวร์” และ “ถุงมือสุดอัศจรรย์” ครูใช้คำถามชี้แนะให้ผู้เรียนพิจารณาจากผลที่เกิดขึ้นจริงเพื่อวางแผนการปรับปรุง เช่น “ถ้าเราจะเลือกปรับตรงไหน จะเลือกอะไร และเพราะอะไร” ช่วยให้นักเรียนสามารถ ระบุปัญหา และ นิยามปัญหา อย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของผลการทดลองจริงและพัฒนาทักษะ การตั้งสมมติฐาน ผ่านการเปรียบเทียบทางเลือกที่สอดคล้องกับข้อจำกัดเชิงบริบทในขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา ครูใช้คำถาม เช่น “แนวทางที่เราใช้ได้ผลหรือไม่ และถ้าจะทำให้ดีขึ้น จะปรับตรงไหน” ซึ่งสะท้อนการส่งเสริมให้นักเรียน ตรวจสอบผลลัพธ์ของแนวทางที่ใช้จริง และพัฒนากระบวนการคิดย้อนกลับ นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองรอบก่อนหน้าเป็นหลักฐานในการพิจารณาความสำเร็จหรือข้อจำกัดของแนวทางที่เลือก เช่น กรณีของนักเรียนที่ทดลองว่าที่สมมาตรสองข้างในรอบถัดไปแล้วสังเกตเห็นว่าลอยได้นานขึ้น สะท้อนให้เห็นถึงการตรวจสอบที่มีฐานข้อมูลจริงสนับสนุนอย่างชัดเจนในขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยพบว่าการใช้คำถามสะท้อนคิดก่อนการนำเสนอ เช่น “เราคิดว่าแนวทางของเราประสบความสำเร็จหรือไม่ เพราะอะไร” หรือ “ถ้ามีโอกาสทำอีกครั้ง จะปรับตรงไหน” มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปประสบการณ์การเรียนรู้โดยไม่เน้นผลสำเร็จเชิงเทคนิคเท่านั้น แต่สามารถแสดงกระบวนการคิดเชิงเหตุผล และ เสนอแนวทางปรับปรุงต่อเนื่อง ซึ่งแสดงถึงความเข้าใจในระดับแนวคิด (Conceptual understanding)

โดยเฉพาะในกิจกรรม “ถุงมือสุดอัจฉริยะ” และ “รถไร้คนขับ” ที่นักเรียนสามารถเปรียบเทียบผลของตนกับกลุ่มอื่น วิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน และนำไปสู่การพัฒนาแนวทางใหม่ได้อย่างมีเหตุผล เมื่อพิจารณารวมกันทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยพบว่า การใช้คำถามที่ชี้ให้นักเรียนสะท้อนคิดระหว่างขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเฉพาะในช่วงวางแผน การทดลอง และการนำเสนอ มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทั้ง 4 องค์ประกอบ เนื่องจากได้วิเคราะห์สถานการณ์และสาเหตุของปัญหาจากการลงมือปฏิบัติจริง รองลงมาคือการตั้งสมมติฐานจากการพิจารณาทางเลือกที่มีอยู่ และการตรวจสอบแนวทางจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Çalişkan et al. (2022) ที่ชี้ว่าการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และการวิเคราะห์เชิงระบบ และงานของ Kong (2022) ที่ระบุว่า การใช้คำถามสะท้อนในกิจกรรมออกแบบช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของปัญหาได้ลึกซึ้งและสามารถเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้อย่างมีเหตุผล

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน ได้ถูกนำมาใช้ตลอดทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยพบว่าแนวทางดังกล่าวสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา โดยเฉพาะในขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่ 5 การทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นที่ 2 และ 3 นักเรียนสามารถสังเคราะห์ข้อมูลและแบ่งบทบาทเพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมร่วมกัน เช่น ในกิจกรรม “เทศกาลว้าว” และ “รถไร้คนขับ” นักเรียนแต่ละบทบาท เช่น ผู้ควบคุม ผู้จัดบันทึก หรือผู้ออกแบบ ได้นำข้อมูลที่ตนรับผิดชอบมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อพิจารณาทางเลือกของแนวทางการออกแบบว่าหรือรถให้เหมาะสมกับสถานการณ์ ซึ่งส่งเสริมพฤติกรรม การนิยามปัญหา และ ตั้งสมมติฐาน อย่างเป็นระบบตามบทบาทหน้าที่ในขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่านักเรียนใช้บทบาทเป็นฐานในการปฏิบัติงานอย่างสอดคล้อง โดยเฉพาะในกิจกรรม “ถุงมือสุดอัจฉริยะ” ที่นักเรียนบางคนแม้เปลี่ยนบทบาทจากผู้ปฏิบัติมาเป็นผู้ออกแบบหรือผู้จับเวลา แต่ยังสามารถสื่อสารวิเคราะห์ปัญหาและเสนอแนวทางปรับปรุงชิ้นงานได้ดี สะท้อนถึงการเข้าใจภาพรวมของทีมส่งเสริมพฤติกรรม การระบุปัญหา ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ในขั้นที่ 5 นักเรียนสามารถตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จริงจากการลงมือปฏิบัติ และเสนอแนวทางปรับปรุงบนพื้นฐานข้อมูลจากรอบก่อนหน้า เช่น ในกิจกรรม “รถไร้คนขับ” นักเรียนเปรียบเทียบประสิทธิภาพของล้อแต่ละประเภทกับระยะหยุดรถ

และวางแผนปรับปรุงหรือมูมปล่อยใหม่ โดยอ้างอิงจากข้อมูลการจดบันทึกจริงและความคิดเห็นของสมาชิกในทีม สะท้อนถึงการ ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา ได้อย่างมีเหตุผลและเป็นรูปธรรมนอกจากนี้ ในทุกกิจกรรมที่ดำเนินการโดยใช้แนวทางนี้ นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างครบทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ การระบุปัญหา การนิยามปัญหา การตั้งสมมติฐาน และการตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเมื่อครูใช้บทสนทนาเพื่อย้ำคุณค่าของแต่ละบทบาทในทีม เช่น การชี้ให้เห็นว่าผู้จดบันทึกหรือผู้สังเกตการณ์มีบทบาทสำคัญในการให้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจของทีม ส่งผลให้เกิดการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hanna, Venville, & McCarthy (2023) ที่พบว่า การกำหนดบทบาทในกลุ่มเรียนวิทยาศาสตร์แบบร่วมมือช่วยให้สมาชิกแต่ละคนจดจ่อในการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และแลกเปลี่ยนมุมมองเชิงเหตุผล ซึ่งช่วยส่งเสริมทั้งการคิดระดับสูงและความรับผิดชอบร่วมกัน และสอดคล้องกับ Smith และ Burke (2024) ที่ศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในการทำกิจกรรม STEM แบบกลุ่ม โดยพบว่า “เมื่อครูจัดสรรบทบาทเฉพาะอย่างเป็นระบบ เช่น ผู้นำกลุ่ม ผู้ตั้งคำถาม ผู้จดบันทึก และผู้จับเวลา พร้อมทั้งชี้ให้เห็นคุณค่าในบทบาทเหล่านั้น จะส่งผลให้นักเรียนมีพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์ การวางแผน และการสะท้อนร่วมที่ลุ่มลึกขึ้น” (Smith & Burke, 2024, p. 8) การมีบทบาทเฉพาะช่วยลดความคลุมเครือในการทำงานกลุ่ม ทำให้แต่ละคนตระหนักถึงหน้าที่ของตนเอง และเกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงกลยุทธ์ที่สนับสนุนการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลร่วมกัน โดยในการดำเนินกิจกรรม “การล่าเหยื่อผู้บาดเจ็บ” นักเรียนแต่ละคนได้รับมอบหมายบทบาทที่ชัดเจน ได้แก่ ผู้ควบคุม ผู้จับเวลา และผู้จดบันทึก ซึ่งเอื้อต่อการวิเคราะห์สถานการณ์อย่างเป็นระบบ และเกิดการสนทนาเชิงกลยุทธ์ภายในทีม ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจหน้าที่ของตน มีความร่วมมือในการตรวจสอบและวางแผนแนวทางการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับผลการประเมินที่แสดงให้เห็นว่าทักษะการแก้ปัญหาในทุกองค์ประกอบตามแนวคิดของ Weir (1974) พัฒนาเพิ่มขึ้นหลังการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ งานวิจัยของ Gillies (2016) และ Hmelo-Silver (2004) สนับสนุนว่า การทำงานกลุ่มแบบมีบทบาทในทีมช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดระดับสูง และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาร่วมกันผ่านการสื่อสาร การวางแผน และการสะท้อนคิดร่วมกัน

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง ได้ถูกค้นพบในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และนำมาใช้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยผู้วิจัยพบว่า แนวทาง

ดังกล่าวสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยเฉพาะในขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และมีความเชื่อมโยงไปยังขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา อย่างเป็นระบบ โดยแนวทางนี้เน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ วิพากษ์ และเปรียบเทียบผลงานของตนเองหรือกลุ่มอื่น โดยใช้ “ข้อมูลจริง” จากการทดลองเป็นฐานในการอภิปรายมากกว่าการตัดสินจากความรู้สึกส่วนตัวในขั้นที่ 6 การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจากรอบการทดสอบ เช่น จำนวนผลไม้ที่หยิบได้ เวลาที่ใช้ หรือระยะเวลาหยุดของรถ มาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความสำเร็จของแนวทางที่ตนเองเลือกใช้ เช่น ในกิจกรรม “ถุงมือสุดอัจฉริยะ” นักเรียนบางกลุ่มมีข้อถกเถียงกันว่าผลงานที่ทำขึ้นนั้น “ประสบความสำเร็จ” หรือไม่ จากนั้นครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนกลับไปวิเคราะห์ข้อมูลจริงอย่างเป็นระบบ เช่น “เราทำได้กี่ชิ้นจากทั้งหมด” “รอบก่อนหน้าหยิบได้กี่ชิ้น และใช้เวลาเท่าไร” หรือ “มีข้อสังเกตอะไรบ้างจากความเปลี่ยนแปลงในแต่ละรอบ” ส่งผลให้นักเรียนสามารถ ระบุปัญหา และนิยามปัญหา ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยอิงจากผลลัพธ์จริง ไม่ใช่จากความรู้สึกเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ ยังเกิดการตั้งสมมติฐานและได้แนวทางพัฒนาเพิ่มเติมที่มีเหตุผล เช่น การปรับวัสดุบริเวณนิ้วโป้งของถุงมือ หรือเปลี่ยนโครงสร้างบางส่วน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหยิบผลไม้ และยังสามารถ ตรวจสอบผล ของการตัดสินใจนั้น โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากรอบก่อนหน้า ซึ่งสะท้อนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ทั้ง 4 องค์ประกอบอย่างเป็นรูปธรรม ในกิจกรรม “รถไร้คนขับ” ครูได้ออกแบบให้มีการ วิพากษ์ระหว่างกลุ่ม ก่อนการนำเสนอ โดยให้แต่ละกลุ่มหมุนเวียนดูผลงานของกลุ่มอื่น พร้อมจดคำถาม ข้อสังเกต หรือคำวิจารณ์จากการทดลองจริง เพื่อกลับมาวิเคราะห์ภายในกลุ่มของตน การเปิดโอกาสให้เปรียบเทียบข้อมูลข้ามกลุ่ม เช่น ประสิทธิภาพของล้อในวัสดุต่างกัน หรือองศาของทางลาดที่ต่างกัน ทำให้นักเรียนสามารถ นิยามปัญหา อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น และสามารถ ตั้งสมมติฐาน แนวทางใหม่ได้อย่างมีเหตุผล เช่น การปรับความลาดชันของทางปล่อย หรือการเปลี่ยนวัสดุล้อเพียงบางส่วน การอภิปรายด้วยข้อมูลจริงยังช่วยให้นักเรียนตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหา โดยไม่อิงกับความสำเร็จหรือความล้มเหลวของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียงผิวเผิน แต่พิจารณาเชิงเปรียบเทียบอย่างมีระบบมากยิ่งขึ้น เมื่อพิจารณาภาพรวมของการใช้แนวทางนี้ใน 2 วงจร ผู้วิจัยพบว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ “ย้อนกลับไปคิด” และ “วิพากษ์ผล” จากข้อมูลจริง เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยพัฒนาการคิดเชิงเหตุผล การตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ และการเลือกแนวทางแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้สูงที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนาทักษะการ

แก้ปัญหาทุกองค์ประกอบอย่างลึกซึ้ง แนวทางนี้ยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Toh et al. (2019) ที่ชี้ว่า การสะท้อนผลร่วมกับเพื่อนโดยใช้ข้อมูลจริงเป็นฐาน ช่วยพัฒนาแนวคิดเชิงวิพากษ์ และการคิดเชิงระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และงานของ Van der Meij et al. (2023) ที่ระบุว่า การอภิปรายผลจากหลักฐานจริงช่วยให้นักเรียนเห็นข้อจำกัดของตนเองและสามารถพัฒนาแนวทางใหม่ที่มีคุณภาพมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลคะแนนทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนที่เพิ่มขึ้นในทุกองค์ประกอบของผู้เรียนในการวิจัยนี้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลจากงานวิจัยไปใช้

1.1 ในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปใช้มีแนวปฏิบัติที่ควรทำดังนี้ แนวทางที่ 1 ใช้คำถามกระตุ้นการสะท้อนคิดระหว่างกระบวนการ (Using guided reflective questioning throughout the learning) แนวทางนี้ควรมุ่งเน้นการตั้งคำถามปลายเปิดในระหว่างการทดลองหรือการเผชิญปัญหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ย้อนกลับหาสาเหตุของผลลัพธ์ และทบทวนแนวทางอย่างมีเหตุผล แนวทางที่ 2 เน้นจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีบทบาทในทีมที่ชัดเจน (Emphasizing role-oriented collaborative learning) ควรดำเนินการผ่านการแบ่งหน้าที่ในกลุ่ม เช่น ผู้ออกแบบ ผู้จัดบันทึก ผู้จับเวลา และผู้ประเมินผล โดยครูมีบทบาทในการชี้ให้เห็นคุณค่าของแต่ละบทบาท เพื่อส่งเสริมความร่วมมือและการรับผิดชอบร่วมกันอย่างแท้จริง แนวทางที่ 3 ส่งเสริมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนและวิพากษ์ผลจากข้อมูลจริง (Promoting evidence-based peer critique and iterative improvement among students) ควรนำไปใช้ในช่วงหลังการทดลอง โดยจัดให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลลัพธ์ พร้อมเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นแสดงความคิดเห็นโดยอิงข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และการพัฒนานวัตกรรมอย่างมีเป้าหมาย ทั้งนี้ ครูควรเตรียมเครื่องมือสนับสนุน เช่น ชุดคำถามชี้นำ บัตรบทบาทแบบฟอร์มสะท้อนคิด และแนวทางการวิพากษ์อย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางดังกล่าวส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรมและครอบคลุมทุกองค์ประกอบ

2. ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม หน่วยการเรียนรู้แรงแและการเคลื่อนที่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนในองค์ประกอบที่ 3 การ

สืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐาน ต่ำที่สุด เพื่อยกระดับการสืบค้นเพื่อกำหนดสมมติฐานให้นักเรียน
ควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิดเชิงสมมติฐานอย่างเป็น
ระบบ โดยจัดกิจกรรมที่สนับสนุนการทดลองย่อย การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลจริง การ
ตั้งสมมติฐานจากข้อมูลสนับสนุน และการใช้คำถามชี้แนะเชิงวิเคราะห์เพื่อกระตุ้นการคิดเชิงเหตุผล
ทั้งนี้การส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความเห็นในบทบาทต่าง ๆ ภายในทีม จะช่วยให้เกิดการ
วางแผนร่วมกันและตั้งสมมติฐานที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มเติมการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือเชิงคุณภาพ เช่น แบบ
สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียน ทั้งรายบุคคลและกลุ่มย่อย เพื่อให้
สามารถเข้าใจมุมมองของผู้เรียน และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการเรียนรู้ได้ลึกยิ่งขึ้น
งานวิจัยครั้งนี้เน้นการเก็บข้อมูลผ่านแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาเป็นหลัก ซึ่งแม้จะสะท้อนผลลัพธ์
เชิงพัฒนาการได้อย่างชัดเจน แต่ยังไม่สามารถอธิบาย กระบวนการคิด การมีส่วนร่วม และ
ลักษณะการโต้ตอบของนักเรียนในระหว่างกิจกรรม ได้อย่างครบถ้วน การใช้เครื่องมือเชิงคุณภาพ
จะช่วยให้การวิเคราะห์มีความรอบด้านมากขึ้น และนำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงลึกในการพัฒนา
กระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

บรรณานุกรม

- Akben, N. (2020). Effects of the problem-posing approach on students' problem solving skills and metacognitive awareness in science education. *Research in Science Education*, 50(3), 1143–1165.
- Akben, N. (2020). Investigating the effects of problem-based learning on students' problem-solving skills. *Education and Information Technologies*, 25(2), 1303–1324.
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed ed.). <https://doi.org/https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Baroody, A. J. (1993). *Problem solving, reasoning and communicating, K-8 Helping Children Think Mathematically*. Macmillan.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. . (2005). Simplifying inquiry instruction. *The science teacher*, 72(7).
- Berk, R. A. (1980). *A criterion- referenced measurement: The state of the art*. . John Hopkins Press Ltd.
- Bicer, A., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. . (2015). Integrating STEM methods into middle school mathematics: Impact on student understanding of the problem-solving process. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–7.
- Bourne, L. E., Bruce, R. E., & Roger, L. D. . (1971). *The psychology of thinking*. Prentice – Hall.
- Brydon-Miller, M., Greenwood, D., & Maguire, P. . (2003). Why action research? *Action Research*, 1(1), 9-28.

- Çalışkan, E., Selvi, M., & Yıldırım, B. (2022). The effect of reflective thinking-based STEM activities on students' scientific process skills and attitudes towards STEM. *Thinking Skills and Creativity*, 45, 101069.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069>
- Campbell, D., & Stanley, J. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago, IL: Rand-McNally.
- Carin, A. (1997). *Teaching modern science*. (7th ed.) New Jersey: Prentice-Hall.
- Cresswell, J. W., & Cresswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approach* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publication, Inc.
- Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb01127.x>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Crockett, L. (2019). The 9 big advantages of inquiry-based learning. Retrieved from <https://blog.futurefocusedlearning.net/inquiry-based-learning-advantages#:~:text=Inquiry%2Dbased%20learning%20helps%20students,recallin%20rules%2C%20ideas%20or%20formulas.>
- Cunningham, C. M., Knight, M. T., Carlsen, W. S., & Kelly, G. (2007). Integrating engineering in middle and high school classrooms. *International Journal of Engineering Education*, 23(1), 3–8. <https://doi.org/10.1108/09534810910935401>
- Cunningham, C. M., & Lachapelle, C. P. (2007). *Engineering is elementary: Children's changing understandings of science and engineering* (Paper No. AC 2007-9).

- Paper presented at the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, HI. <https://peer.asee.org/1470>
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). Epistemic practices of engineering for education. *Science Education*, 101(3), 486-505. <https://doi.org/10.1002/sce.21271>
- Cumming, G., & Calin-Jageman, R. J. (2017). Introduction to the new statistics: estimation, open science, and beyond. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315708607>
- Ebel, R. L. (1972). Why is longer test usually a more reliable test? *Educational and Psychological Measurement*. 23, 249-253.
- Ebel, R. L. (1978). *Essential of educational measurement*. (3rd ed.). Prentice-Hall, Inc.
- Eisenkraft, A., Hsu, L., & Tu, C. (2019). *Active physics: Engineering for engineering design*. [Publisher].
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: Fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0027-7>
- Eysenck, H. J., Arnold W., & Meili, R. (1972). *Encyclopedia of psychology*. NY: The Seabury Press.
- Ferguson, C. J. (2009). An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Professional Psychology: Research and Practice*, 40 (5) , 532 –538 . <https://doi.org/10.1037/a0015808>
- Ferguson, G. A. (1981). *Statistical analysis in psychology and education*. (5th ed.). Tokyo: McGraw–Hill.
- Festinger, L. (1988). Social network analysis: An approach and technique for the study of Information exchange. *Library and Information Science Research*, 18(4), 323-342.
- Gick, L. M. (1986). Problem-solving strategies. *Educational Psychologist*, 21(132), 99-120.

- Glass, G. V. (1978). Standard of criterion. *Journal of Educational Measurement*. 15(4), 237-261.
- Glasser, R. & Niko, A. (1971). Measurement in learning and Instruction. *Journal of Educational Measurement*. 8, 653.
- Good, T. L., & Brophy, J. E. (2008). *Looking in classrooms* (10th ed.). Pearson Education.
- Good, Carter V. (1973). *Dictionary of education*, NY: McGraw-Hill Book Company.
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of human Intelligence*. NY: McGraw-Hill Book Company.
- Haladyna, T. M., & Rodriguez, M. C. (2013). *Developing and validating test items* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203850384>
- Hank, K. (1993). *Problem solving: Current issues*. Buckingham: Open university press.
- Hazzan, O., Lapidot, T. and Radonis, N. (2011). *Guide to teaching computer science: An activity-based approach*. New York: Springer.
- Hanna, S., Venville, G., & McCarthy, S. (2023). Investigating the impact of student role assignment on collaborative problem-solving skills in science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 32(2), 201–217. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10089-3>
- Hutchinson, A. (2022). *The Most in-demand skills, new notifications of opportunities in Your Network*. Retrieved from <https://www.socialmediatoday.com/news/linkedin-shares-new-data-on-the-most-in-demand-skills-new-notifications-of/630978/>
- Inci Kuzu, Ç, (2021). Basic problem-solving-positioning skills of students starting first grade in primary school during the COVID-19 pandemic. *Southeast Asia Early Childhood Journal*, 10(2), 84–103. <https://doi.org/10.37134/saecj.vol10.2.6.2021>
- Ismail, N. S., Mertasari, N. M. S., & Widiartini, N. K. (2024). The impact of problem-based Learning and HOTS-based formative tests on critical thinking and problem-solving

- skills. *International Journal of Humanities, Education, and Social Sciences*, 3(1), 26–46. <https://www.researchgate.net/publication/386549999>
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
- Kelley, K., & Preacher, K. J. (2012). On effect size. *Psychological Methods*, 17(2), 137–152. <https://doi.org/10.1037/a0028086>
- Kemmis, S. (2006). Participatory action research and the public sphere. *Educational Action Research*, 14(4), 459–476.
- Kline, R. B. (2016). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). Guilford Press.
- Koballa, T. R., Crawley, F. J., & Shrigley, R. L. (1990). Problem solving. *Science education*, 74(3): 334 – 351.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design™ into practice. *Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495–547. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1204_2
- Kong, S. C. (2022). Using reflective questions to facilitate students' science learning and problem-solving performance in STEM education. *Research in Science Education*, 52(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09964-7>
- Kotler, P. & Armstrong G. (2002) *Principles of marketing*. (9th ed.). NJ: Prentice Hall.
- Krulik, S. & Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and problem solving: A handbook for elementary school teachers*. MA: Allyn and Bacon.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Lefrancois, G. R. (1985). *Psychology for teaching*. (6th ed.). CA: Wads Worth Publishing Company.

- in, K.Y., Wu, Y.T., Hsu, Y.T., & Williams, P. J. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>
- Lombardi, P. (2018). *Instructional method strategies and technology to meet the need of all learners*. Davis: the UC Davis Library.
- Martaningsih, S. T., Maryani, I., Prasetya, D. S., Purwanti, S., Sayekti, I. C., Aziz, N. A. A., & Siwayanan, P. (2022). STEM problem-based learning module: A solution to overcome elementary students' poor problem-solving skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 12(4), 340–348. <https://doi.org/10.47750/pegegog.12.04.35>
- Maslow, A. (1970). *Motivation and personality*. NY: Harpers and Row.
- Meyers, C., & Jones, T. B. (1993). *Promoting active learning: Strategies for the college classroom*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Mishra, S., Koehler, M. J., & Henriksen, D. (2020). Learning about problem solving through design: An EDP-based approach in STEM classrooms. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 10–24. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00216-2>
- Morgan, C. T. (1978). *“Thinking and problem solving,” A brief Introduction to psychology*. (2nd ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Morris, S. B., & DeShon, R. P. (2002). Combining effect size estimates in meta-analysis with repeated measures and independent-groups designs. *Psychological Methods*, 7(1), 105–125. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.7.1.105>
- Museum of science. (2007). *Engineering is elementary: Engineering for Children*. Retrieved from <http://www.mos.org/eiei/index.php>
- Museum of Science, Boston. (2014). Engineering design process poster: Ask, imagine, plan, create, improve [Diagram]. Engineering is Elementary®. Retrieved June 23,

2025, from

https://d43fweuh3sg51.cloudfront.net/media/assets/wgbh/eng06/eng06_doc_lpaengprocess/eng06_doc_lpaengprocess.pdf

National Academy of Engineering, & National Research Council. (2009). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12635>

Nakagawa, S. & Cuthill, I. (2007). *Effect size, confidence interval and statistical issues in the interpretation of effect sizes*. Retrieved from <http://ies.ed.gov/ncee/wwc/pdf/essig.pdf>

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core idea*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academy of Sciences. <https://doi.org/10.17226/18290>

Nitko, A. J., & Brookhart, S. M. (2014). *Educational assessment of students* (7th ed.). Pearson Education.

Ondes, R.N. (2025). Effects of STEM practices on students' problem-solving skills: A metaanalysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 13(2), 439-461. <https://doi.org/10.46328/ijemst.4697>

Olejnik, S., & Algina, J. (2003). Generalized eta and omega squared statistics: measures of effect size for some common research designs. *Psychological Methods*, 8(4), 434–447. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.8.4.434>

P21 Partnership for 21st learning. (2019). *P21 framework definitions*. Retrieved from https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_Framework_DefinitionsBFK.pdf

- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Piaget, J. P. (1962). *Play, dream, and imitation in childhood*. NY: Norton.
- Pólya, G. (1971). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Doubleday.
- Rovinelli, R. j. & Hambleton, R. K. (1 9 7 7). *On the use content specialists in the assessment of criteria reference test item validity*. Retrieved from
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED121845.pdf>
- Sağlam, M. (2020). Engineering design process integration in STEM education: A meta-synthesis study. *Participatory Educational Research*, 7(3), 264–281.
<https://doi.org/10.17275/per.20.45.7.3>
- Şahin, A., & Topçu, M. S. (2015). Engineering design-based science education: The impact on problem solving and concept development. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 3 (4) , 2 8 8 –2 9 9 .
<https://doi.org/10.18404/ijemst.39002>
- Sasang, S., & Klaimongkol, Y. (2020). Effects of STEM education using engineering design process on problem-solving ability of elementary students. *Online Journal of Educational Development*, 15(1), 45–57. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ojed/article/view/222493>
- Sdorow, L. M. (1993). *Psychology*. (3rd ed.). Iowa: WCB. Brawn,s Benchmark Publishers, Inc.
- Selley, N. (1997). *The art of constructivist teaching in the primary school* (p. 45). Routledge.
- Streiner, D. L. & Norman, G. R. (1995). *Health measurement scales: A practical guide to their development and use*. (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.

- Smith, T., & Burke, A. (2024). Teacher scaffolding of student roles enhances analytic dialogue in secondary STEM groups. *International Journal of STEM Education*, 11(1), Article 15. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00321-4>
- Sung, E., & Kelley, T. R. (2022). Elementary students' engineering design process: How young students solve engineering problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(7), 1615–1638. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10317-y>
- Syukri, M., Soewarno, S., Halim, L., & Mohtar, L. E. (2018). The impact of engineering design process in teaching and learning to enhance students' science problem-solving skills. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 66–75. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12585>
- The institute for the promotion of Teaching Science and Technology. (2015). *Manual of STEM activity for grade 1-3*. Bangkok: BOWT.
- Toh, W. X., Chen, G., & Lim, C. (2019). Enhancing critical thinking through peer critique in engineering design projects. *Journal of Engineering Education*, 108 (3), 451–474. <https://doi.org/10.1002/jee.20209>
- Van der Meij, H., Sanders, E. B.N., & van der Zwan, R. (2023). Data driven peer discussions: How structured critique improves student design outcomes. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13 (1), 12–29. <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i01.XXXX>
- Wallas, G. (1972). *The art of thought*. NY: Harcourt and Brace.
- Weir, J. J. (1974). Problem solving is everybody's problem. *Science Teacher*, 4: 16-18.
- Weir, E. (1974). *Problem solving and education*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Wendell, K. B., & Rogers, C. (2013). Engineering design-based science, science content performance, and science attitudes in elementary school. *Journal of Engineering Education*, 102(4), 513–540. <https://doi.org/10.1002/jee.20026>

- Whitney, D. R. & Sabers, D. L. (1970). *Improving essay examination III. Use of Item Analysis*, Technical Bulletin11: Mimeographed.
- Woods, P. (1984). *Teacher skills and strategies : Opportunities to teach and learn*. Great Britain : Taylor and Fra
- Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J., & Afifah, R. M. A. (2020). The steps of the engineering design process (EDP) in science education: A systematic literature review. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 8(4), 1345–1360. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1192641>
- World Economic Forum. (2016). *New vision for education: Fostering social and emotional learning through technology*. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf
- Yadav, A., Subedi, D., Lundeberg, M. A., & Bunting, C. F. (2011). Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course. *Journal of Engineering Education*, 100(2), 253–280. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00013.x>
- Yang, D., & Chittoori, B. R. (2022). Technology-supported engineering design and problem solving for elementary students. *International Journal of Technology and Design Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09739-4>
- Yildirim, B., & Selvi, M. (2016). An evaluation of STEM teaching practices: A case study. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16(1), 3–23. <https://doi.org/10.12738/estp.2016.1.0078>
- Zuber & Skerritt, O. (1992). *Action research in higher education : examples and reflections*. London: Kogan Page.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร : สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

- กิตติชัย ตันติวัฒนวรรณ. (2561). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารวิจัยทางการศึกษา*, 13(2), 85-99.
- จุฬาลักษณ์ นาคะเวช. (2559). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(2), 45-56.
- เจนจิรา ประภาสะวัต, จินตนา สรายุทธพิทักษ์. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเรื่องภัยธรรมชาติ เพื่อพัฒนาทักษะการตัดสินใจและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 48(4), 76-90.
- ชัญญา สายปุงคล้า. (2559). ผลการใช้ชุดกิจกรรมเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและการเปลี่ยนแปลง โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์.
- ชญาภา ใจโปร่ง. (2554). กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ที่เลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลายเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ฐิติพร กรัยวิเชียร. (2555). การพัฒนามโนทัศน์ของครูด้านการใช้โปรไฟล์นักเรียนเพื่อการทำวิจัยโดยใช้กระบวนการเรียนรู้ผ่านการสะท้อนผล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ดวงพร ผกามาศ. (2554). ความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดกิจกรรมประกอบอาหารประเภทขนมไทย. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ดวงสมร อ่องแสงคุณ. (2565). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน SAKHON MODEL ที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารคุรุสภาวิทยากร*, 3(1), 50-64.
- ทิตานนท์ ชุมแวงวาปี. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหา

- ด้วยวิธีการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคห้องเรียนกลับด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในรายวิชาสังคมศึกษา ส 21103. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัย บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 38(4), 7-14.
- ธีรศักดิ์ อารังพงศ์พันธุ์. (2558). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 14(1), 45-56.
- ทิพย์ภาพรณ เอี่ยมละออ. (2564). การออกแบบชุดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. *วารสารบรรณศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 14(1), 37-48.
- ญาติมา ไสภานิช, ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ. (2563). การพัฒนาวิธีการประเมินทักษะการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 26(1), 97-109
- บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาสน์.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. มปป. *การวัดและประเมินผลการศึกษา: ทฤษฎี และการประยุกต์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.
- บังอร ผงผ่าน. (2538). *จิตวิทยาทั่วไป*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ประณีต ช่างสีดา. (2559). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และจิตวิทยาาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 10(1), 130-141.
- ประภาพร แสนอุบล และสุชาติ สวัสดิ์ศรี. (2564). การพัฒนาแบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษา*, 13(2), 92-103.
- ปัญญา ธีระวิทยเลิศ. (2561). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนกับจริยธรรมการวิจัย. *วารสารจันทร์เกษมสาร*, 24(47), 33-47.
- ปิยธิดา อินทรักษาทรัพย์. (2566). *การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการทำงานเป็นทีมด้วยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน*. (ปริญญาานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. นนทบุรี.

- พรรณพร นามโนรินทร, ลัดดา ศิลาน้อย. (2555). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านหนองโก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม เขต 3. วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 6(1), 87-94.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2561). การเรียนรู้เชิงรุกแบบรวมพลังกับ PLC เพื่อการพัฒนา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์เพชร ไปเจอะ, วาสนา กิรติจำเริญ. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิคเพื่อนคู่คิด. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 15(2), 239-251
- เพียงขวัญ แก้วเรือง. (2564). การศึกษาการคิดเชิงคำนวณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) เรื่องการใช้เหตุผลเชิงตรรกะในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม: การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมตัวแปรพหุนาม. (ปริญญาณิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- เรณูรัชต์ ประสิทธิเกตุ. (2554). จัดการเรียนรู้อย่างไรให้เด็กคิดเป็น. วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา, 3(5), 1-9.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคทางการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วัฒนาพร ดวงดีวงศ์. (2561). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดแก้ปัญหา เรื่องวัสดุและสมบัติของวัสดุด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- วันเพ็ญ เหมระโทก. (2557). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง วงจรไฟฟ้า ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสาร AL-NUR บัณฑิตวิทยาลัย, 9(17), 99-108.

- วัลลภา ปัญญาไส. (2560). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 19(4), 112-125.
- วรรณ รุ่งรัศมีศรี. (2550). แนวทางการจัดกิจกรรมออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในวิชาวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ศิริินาถ ทับทิมไส. (2563). ผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ศิลากาญจน์ รุ่งเรือง. (2559). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์และทักษะการทำงานร่วมกันโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาพร้อมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารบัณฑิตวิจัย*, 7(2), 107-121.
- สุกัญญา ตางาม. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมวิชาเทคโนโลยีสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต*, 7(2), 491-503.
- สุกัญญา แซ่ลี. (2562). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญห ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ระดับมัธยมศึกษา. *วารสารวิชาการครูศาสตร์*, 1(1), 76-88.
- สุธาสินี นาควัชระ. (2560). ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งเสริมทักษะการคิดแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 15(2), 25-38.
- สุธิดา การิมี. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา. *วารสารวิชาการ สาขาเทคโนโลยี สสวท.*, 46(209), 23-27. <http://designtechnology.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/8/3/2018/10/Mag-209.pdf>

- สุวัชร โพธิ์ปิ่น. (2564). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Model Eliciting Activities เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา*. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต) มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2546). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิมล สาส์งษ์. (2563). ผลการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้กระบวนการเชิงวิศวกรรมที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนประถมศึกษา. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*. 15(1), 1-11.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2555). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 16). กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2544). *การวิจัยประเมินผลทางการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). *หนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *โครงสร้างหลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์มาตรฐานสากล ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2555*. from สาขา พสวท. และสควค. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาแห่งชาติ. (2550). *การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สงสุข ไผะฉอ. (2547). *ผลของการทบทวนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนที่มีต่อการพัฒนาความรู้และกระบวนการทำงานของครูประถมศึกษา: การผสมวิธีการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. สำนักงานอธิการบดี. (2555). รายงานผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการให้บริการด้านอุปกรณ์การศึกษาและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้. รายงานประจำปีการศึกษา 2555. เชียงใหม่: สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยฯ.
- อัจฉราภรณ์ บุญจริง. (2554). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 34(1-2), 154-163.
- อมลรดา มินเทน และ ดุจดือน ไชยพิชิต. (2563). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *Journal of Modern Learning Development*, 5(4), 145-158.
- อาณัติ ชันทจันทร์, กิ่งกาญจน์ เจียมจรรยา, & ธนาบดี ทองคำ. (2561). การพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาโดยใช้กิจกรรม STEM Education. *วารสารวิจัยและพัฒนาศึกษา*, 8(2), 45-58.
- อุษณีย์ อนุรุทวงศ์. (2553). การพัฒนาทักษะความคิดระดับสูง = *Developing higher level of thinking skills*. นครปฐม : ไอ.คิว บัณฑิตเตอร์
- อรทัย ออาจหาญ. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 11(2), 441-456.
- เอี่ยมพร หลินเจริญ. (2554). เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 17(1), 17-30.



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ



รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี เทียนทองดี

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤดี อุดมผล

ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

3. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย

ผู้อำนวยการฝ่ายบริหารเครือข่ายและพัฒนาครู สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี (สสวท.)



ภาคผนวก ข

- ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกหลังสอน
- ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดการเรียนรู้ และแบบบันทึกหลังสอน
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง อำนาจจำแนกและความยากของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา
- ค่าความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ ของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation)						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เนื้อหา/กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
9	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ผลการประเมิน
		คนที่				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การลำเลียงผู้บาดเจ็บ (Casualty evacuation)						
ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4.67	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
	1) ขึ้นระบุปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	2) ขึ้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	4	4	5	4.33	มาก
	3) ขึ้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	4) ขึ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	5) ขึ้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	6) ขึ้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือ ชิ้นงาน	5	5	5	5	มากที่สุด
4	การวัดผลและประเมินผล	5	4	5	4.67	มากที่สุด
5	แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
6	ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	5	4	4	4.33	มาก
7	ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	5	5	5	มากที่สุด

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน
		คนที่				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว (Kite festival)						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เนื้อหา/กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
8	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ผลการประเมิน
		คนที่				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เทศกาลว่าว (Kite festival)						
ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
	1) ขั้นระบุปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือ ชิ้นงาน	5	5	4	5	มากที่สุด
4	การวัดผลและประเมินผล	5	3	5	4.33	มาก
5	แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
6	ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	5	4	4	4.33	มาก
7	ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถูมือสุดอัศจรรย์ (Amazing Gloves)						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
6	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
7	เนื้อหา/กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
8	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
9	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ผลการประเมิน
		คนที่				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ถู่มือสุดอัศจรรย์ (Amazing Gloves)						
ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
	1) ขั้นระบุปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	5	5	4.67	มากที่สุด
	4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	5	5	5	4.67	มากที่สุด
	5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือ ชิ้นงาน	5	5	5	5	มากที่สุด
4	การวัดผลและประเมินผล	5	4	5	4.33	มาก
5	แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
6	ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	5	4	4	4.33	มาก
7	ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
		1	2	3		
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous Car)						
ส่วนที่ 1 การประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
2	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
3	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
4	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
5	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
6	กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีความสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง
7	เนื้อหา/กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
8	สื่อและแหล่งการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา	+1	+1	+1	1	สอดคล้อง
9	วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	0	+1	0.67	สอดคล้อง

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ข้อที่	รายการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ			$\bar{X}$	ผลการประเมิน
		คนที่				
		1	2	3		

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รถไร้คนขับ (Autonomous Car)						
ส่วนที่ 2 การประเมินความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้						
1	สาระสำคัญและสาระการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
2	จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
3	กิจกรรมการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
	1) ขั้นระบุปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	2) ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	3) ขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	5	5	5	5	มากที่สุด
	5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
	6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือ ชิ้นงาน	5	5	5	5	มากที่สุด
4	การวัดผลและประเมินผล	5	4	5	4.67	มากที่สุด
5	แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้	5	5	5	5	มากที่สุด
6	ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	5	4	4	4.33	มาก
7	ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	5	4	5	4.67	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม	5	4	5	4.67	มากที่สุด

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 1 ทางม้าลาย	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	0	0	1	0.33	ไม่สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 3 ชิงช้า	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 4 รถของเล่น	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 4 รถของเล่น	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 5 การเล่นฟุตบอล	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง
	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 6 พื้นสั่นไถล	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 7 สไลเดอร์กับกางเกงผ้าร่ม	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 8 แบดมินตัน ในคาบพลศึกษา	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร						
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 8 แบดมินตัน ในคาบพลศึกษา	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 9 เชียงพันผัก	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 10 โรงอาหาร	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	+1	+1	+1	3	1	สอดคล้อง

ตาราง 14 ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

สถานการณ์	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล
ขึ้น-ลงบันได	0.50	ปานกลาง	1.00	ดีมาก
ชิงช้า	0.48	ปานกลาง	0.90	ดีมาก
รถของเล่น	0.38	ค่อนข้างยาก	0.80	ดีมาก
เล่นฟุตบอล	0.40	ค่อนข้างยาก	0.80	ดีมาก
พื้นดินไถล	0.50	ปานกลาง	1.00	ดีมาก
สไลเดอร์	0.45	ปานกลาง	1.00	ดีมาก
เบดมินตัน	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.80	ดีมาก
เขี่ยหินผึก	0.43	ปานกลาง	0.75	ดีมาก
โรงอาหาร	0.70	ค่อนข้างง่าย	0.75	ดีมาก

ตาราง 15 ความเหมาะสมของภาษาและการนำไปใช้ของแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 1 ทางม้าลาย	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	4	2	11	3.67	มาก
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	4	2	11	3.67	มาก
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	4	2	11	3.67	มาก
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	4	2	11	3.67	มาก
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	4	2	11	3.67	มาก
สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 2 ขึ้น-ลงบันได	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหจะเป็นอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 3 ซิงช้า	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหจะเป็นอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 4 รถของเล่น	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหจะเป็นอย่างไร	5	4	4	14	4.67	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 5 การเล่นฟุตบอล	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหจะเป็นอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 6 พื้นที่ใกล้เคียง	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 7 สไลเดอร์กับกางเกงผ้าร่ม	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	4	4	13	4.33	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 8 แบดมินตันในคาบพลศึกษา	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	5	4	14	4.67	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 9 เชียงใหม่	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	5	5	5	15	5	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	5	5	5	15	5	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	5	15	5	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	5	15	5	มากที่สุด

สถานการณ์	รายงานการพิจารณา	ผลการประเมินของ			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย	ผลการวิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
สถานการณ์ที่ 9 เชียงใหม่	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	5	5	15	5	มากที่สุด
สถานการณ์ที่ 10 โรงอาหาร	1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร	4	5	4	13	4.33	มากที่สุด
	2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร	4	5	4	13	4.33	มากที่สุด
	3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร	5	5	4	13	4.33	มากที่สุด
	3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์						
	3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง	5	5	4	13	4.33	มากที่สุด
	4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร	5	5	4	13	4.33	มากที่สุด

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
หน่วยการเรียนรู้แรงและการเคลื่อนที่
- ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน
- ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
หน่วยการเรียนรู้แรงและการเคลื่อนที่



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว 15101	รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 : แรงและการเคลื่อนที่ (Force and Motion)	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	จำนวน 4 ชั่วโมง
(Casualty evacuation)	ผู้สอน นายณัฐพล อยู่เป็นสุข

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

ว 2.2 ป.5/1 อธิบายวิธีการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายแรงในแนวเดียวกันที่กระทำต่อวัตถุในกรณีที่วัตถุอยู่นิ่งจากหลักฐานเชิงประจักษ์

ว 2.2 ป.5/2 เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่อยู่ในแนวเดียวกันและแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

ว 2.2 ป.5/3 ใช้เครื่องชั่งสปริงในการวัดแรงที่กระทำต่อวัตถุ

2. สาระสำคัญ

แรงลัพธ์คือผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุเดียวกัน ซึ่งการเขียนแผนภาพของแรงนั้นจะเขียนโดยใช้หัวลูกศรแสดงทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุและขนาดของแรงที่กระทำจะใช้ความยาวของลูกศรเป็นตัวบ่งชี้ โดยหากแรงที่กระทำต่อวัตถุทั้งหมดกระทำในทิศทางเดียวกัน แรงลัพธ์จะมีขนาดเป็นผลรวมของแรงที่กระทำทั้งหมด แต่หากแรงที่กระทำต่อวัตถุ 2 แรงขึ้นไปกระทำในทิศทางที่ตรงข้ามกันแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับผลต่างของแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงกันข้ามกันนั้น ซึ่งวัตถุที่หยุดนิ่งคือแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 3.1 นักเรียนสามารถเขียนลูกศรที่ระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุได้
- 3.2 นักเรียนสามารถอ่านค่าและจดบันทึกขนาดของแรงจากเครื่องชั่งสปริงได้อย่างถูกต้อง
- 3.3 นักเรียนสามารถใช้เครื่องชั่งสปริงวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อยานพาหนะการลำเลียงผู้บาดเจ็บได้ถูกต้อง
- 3.4 นักเรียนสามารถควบคุมยานพาหนะการลำเลียงผู้บาดเจ็บให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเพื่อการลำเลียงผู้บาดเจ็บได้สำเร็จ
- 3.5 นักเรียนสามารถอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายในแนวเดียวกันที่กระทำต่อยานพาหนะการลำเลียงผู้บาดเจ็บได้
- 3.6 นักเรียนสามารถสร้างยานพาหนะการลำเลียงผู้บาดเจ็บเพื่อแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ (ทักษะการแก้ปัญหา)

4. สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์กายภาพ: แรงลัพธ์ และการใช้เครื่องชั่งสปริง

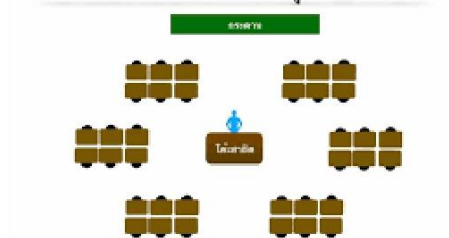
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (15 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการให้นักเรียนเปลี่ยนรูปแบบการจัดโต๊ะเรียนให้เป็นรูปแบบดังภาพ จัเวลา 5 นาที

ห้องเรียนแบบกิจกรรมกลุ่ม/โต๊ะสาธิต



นักเรียนนั่งเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน แบ่งกลุ่มโดยใช้ Applications “Class dojo” สุ่มสมาชิกกลุ่มโดยตั้งค่าคะแนนระดับความสามารถ

2. ครูเปิดประโยคเข้าสู่กิจกรรมท้าทาย “วันนี้เราจะมาแข่งกันตามทีมที่ได้แบ่งไว้ในช่วงต้น”
3. ครูบรรยายสถานการณ์พร้อมภาพประกอบ ดังนี้ “นักเรียนรับบทบาทเป็นภูภัยโดยจะต้องออกแบบพาหนะเพื่อลบล้างผู้บาดเจ็บจากหมู่บ้านที่ประสบภัยพิบัติ ซึ่งหมู่บ้านตั้งอยู่ในสถานที่สุดอันตรายท่ามกลางหุบเหวลึกที่คดเคี้ยว เส้นทางขนส่งค่อนข้างแคบและเพื่อความปลอดภัยพาหนะที่ออกแบบจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมอย่างน้อย 3 คน ประจำตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง คือ ฝั่งขวาของพาหนะ ฝั่งซ้ายของพาหนะ และฝั่งตรงข้ามของจุดเริ่มต้น ควบคุมพาหนะโดยออกแรงดึงเชือกที่ผูกติดกับพาหนะและปลายอีกข้างหนึ่งผูกกับเครื่องขึงสปริง และต้องส่งผู้บาดเจ็บไปถึงโรงพยาบาลให้ได้เร็วที่สุด”



จากนั้นครูอธิบายเงื่อนไขของกิจกรรมเพิ่มเติม

- นักเรียนจะต้องสร้างพาหนะ โดยใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้ ได้แก่ แกนกระดาษทิชชู แก้วกระดาษ ไม้ เสียบลูกชิ้น ไม้ไอติม และกระดาษแข็ง เลือกใช้วัสดุได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น
 - ส่วนฐานพาหนะที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีความกว้างไม่เกินเส้นทางที่กำหนด
 - เส้นทางการเล่นผู้บาดเจ็บจะต้องเริ่มจาก “จุดเริ่มต้น”
 - หากผู้บาดเจ็บร่วงจากยานพาหนะระหว่างขนส่ง หรือยานพาหนะออกนอกเส้นทาง จะต้องกลับมาเริ่มที่จุดเริ่มต้นใหม่อีกครั้งโดยการจับเวลายังคงดำเนินต่อไป
4. ครูถามคำถามทบทวนความเข้าใจว่า “สถานการณ์ที่กำหนดให้ต้องการให้นักเรียนทำอะไร”
(แนวคำตอบ: ขนส่งผู้บาดเจ็บให้เร็วที่สุด)
 5. ครูตั้งประเด็นคำถามให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายว่า “หากกำหนดให้ผู้บาดเจ็บจะแทนด้วยลูกเทนนิส 5 ลูก นักเรียนจะต้องทำอย่างไรให้สามารถลำเลียงผู้บาดเจ็บให้ถึงโรงพยาบาลได้เร็วที่สุด” จากนั้นนักเรียนร่วมกันระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดพร้อมลงใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ (แนวทางระบุปัญหา: การลำเลียงผู้บาดเจ็บผ่านพื้นที่อันตรายให้ได้เร็วที่สุด)
 6. นักเรียนร่วมกันบอกสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดพร้อมลงใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ (แนวทางบอกสาเหตุของปัญหา: เนื่องจาก เส้นทางที่จะเข้าถึงหมู่บ้านค่อนข้างแคบ เป็นเหวลึกและอันตราย และยังไม่มียานพาหนะที่เหมาะสมในการลำเลียงผู้บาดเจ็บ)

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (45 นาที)

1. ครูตั้งประเด็นคำถามจากสถานการณ์ว่า “หากเราออกแรงดึงเชือก เพื่อควบคุมพาหนะด้วยแรง 2 แรงในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงข้ามกันพาหนะจะเคลื่อนที่อย่างไร”
2. นักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐานจากประเด็นคำถาม
แนวทางสมมติฐาน
 - แรง 2 แรงที่มีทิศทางเดียวกันกระทำต่อวัตถุเท่ากับผลรวมของแรงทั้งสองนั้น
 - แรง 2 แรงที่มีทิศทางตรงกันข้ามกระทำต่อวัตถุเท่ากับผลต่างของแรงทั้งสองนั้น
3. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนการทดลอง ดังนี้
 - 1) ใช้เครื่องชั่งสปริงซึ่งวัตถุที่นำมาซึ่งใส่ถุงพลาสติก อ่านค่า พร้อมบันทึกน้ำหนักของวัตถุในหน่วยนิวตัน
 - 2) ใช้เครื่องชั่งสปริง 2 อันซึ่งวัตถุอันเดียวกับที่ชั่งใน 1) โดยแขวนเครื่องชั่งสปริงไว้อย่างละข้างสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง อ่านค่าน้ำหนัก บันทึกผลและเปรียบเทียบกับผลจาก 1)
4. นักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับสมมติฐานที่ร่วมกันตั้งไว้ ว่ามีความสอดคล้องหรือไม่
แนวทางอภิปรายสรุปข้อเปรียบเทียบ
 - 1) จากการทดลอง เมื่อชั่งน้ำหนักวัตถุด้วยเครื่องชั่งสปริง 2 อัน ที่แขวนไว้คนละข้างของวัตถุ ผลรวมของน้ำหนักหรือแรงที่อ่านมีค่าเท่ากับน้ำหนักที่อ่านได้จากการชั่งด้วยเครื่องชั่งสปริง 1 อัน

- 2) ข้อสรุปที่พบจากผลการทดลอง คือ แรง 2 แรง กระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกัน แรงลัพธ์จะมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงทั้ง 2 นั้น
5. นักเรียนทดลองออกแรงที่กระทำต่อวัตถุที่แรงย่อยมีทิศทางเดียวกัน และแรงย่อยมีทิศทางตรงกันข้าม จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
6. ครูคอยแนะนำช่วยเหลือนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม โดยครูเดินดูรอบ ๆ ห้องเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนซักถามเมื่อมีปัญหา
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ผลการทดลอง อภิปรายผลและสรุปผลการทดลองการหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
8. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายผลจากการปฏิบัติกิจกรรม ว่า
- แรงลัพธ์ คือ ผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุเดียวกันโดยหาก
- แรงที่กระทำต่อวัตถุนี้ทั้งหมดกระทำในทิศทางเดียวกันแรงลัพธ์จะมีขนาดเป็นผลรวมของแรงที่กระทำทั้งหมด
 - แรงที่กระทำต่อวัตถุ 2 แรงขึ้นไปกระทำในทิศทางที่ตรงข้ามกันแรงลัพธ์จะมีขนาดเท่ากับผลต่างของแรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศทางตรงกันข้ามกันนั้น
 - วัตถุที่หยุดนิ่งคือแรงลัพธ์มีค่าเท่ากับศูนย์

ชั่วโมงที่ 2

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (60 นาที)

1. ครูทบทวนกติกาและเงื่อนไขสถานการณ์จากชั่วโมงที่ผ่านมา
2. นักเรียนตอบคำถามทบทวนบทเรียนเรื่องแรงลัพธ์ ผ่าน Quizzes เพื่อชิงคะแนน โดยมีลักษณะคำถามดังนี้
 - 2.1) นายอเล็กซ์ และ นายไบรอัน ช่วยกันออกแรงผลักตู้ให้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยนายอเล็กซ์ ออกแรง 3 นิวตัน นายไบรอัน ออกแรง 4 นิวตัน การเคลื่อนที่ของตู้จะเป็นอย่างไร และมีแรงลัพธ์เท่าใด
(แนวคำตอบ ตู้เคลื่อนที่ไปทางซ้าย ด้วยแรงลัพธ์เท่ากับ $3 + 4 = 7$ นิวตัน)
 - 2.2) นางซิลิน และ นางยูทาร์ เล่นชักเย่อกัน โดย นางซิลิน ออกแรงไปทางขวา 20 นิวตัน นางยูทาร์ ออกแรงไปทางซ้าย 30 นิวตัน ใครจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขันครั้งนี้ และคำนวณแรงลัพธ์จากกิจกรรมนี้จะมีค่าเท่าใด
(แนวคำตอบ นางยูทาร์ เป็นผู้ชนะ กิจกรรมนี้มีแรงลัพธ์เท่ากับ $30 - 20 = 10$ นิวตัน)
 - 2.3) เด็กชายคลอเทียร์ ออกแรงดันกล่องกระดาษไปทางซ้าย 10 นิวตัน เด็กหญิงเคย่า ออกแรงดันกล่องกระดาษไปทางขวา 7 นิวตัน และเด็กหญิงซาย่า ออกแรงดันกล่องกระดาษช่วยเด็กหญิงเคย่า ไปทางขวาอีก 3 นิวตัน กล่องกระดาษจะมีการเคลื่อนที่เป็นอย่างไร เพราะอะไร

(แนวคำตอบ กล้องกระดาษหุดยกหนึ่งไม่เคลื่อนที่ เพราะแรงลัพธ์ที่กระทำต่อกล้องกระดาษมีค่าเท่ากับ $10 - (7+3) = 0$ นิวตัน ด้วยแรงลัพธ์เท่ากับ 0 จึงสรุปได้ว่ากล้องกระดาษหุดยกหนึ่งไม่เคลื่อนที่)

กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดจากกิจกรรมนี้ จะเป็นกลุ่มที่มีสิทธิ์ในการเลือกชนิดของอุปกรณ์การสร้างพาหนะก่อน กรณีที่มีกลุ่มที่สามารถทำคะแนนจากกิจกรรมได้เท่ากัน ให้ตัวแทนของทีมที่มีคะแนนเท่ากัน เปียยังอุบ ทีมใดชนะให้เลือกวัสดุ อุปกรณ์ก่อน

3. นักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดเลือกวัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างพาหนะขนส่งสินค้าก่อนและลำดับการเลือกอุปกรณ์ให้เป็นลำดับผลการแข่งขันใน Quizzes โดยวัสดุอุปกรณ์มีดังนี้

- แก้วกระดาษ มีจำนวน 3 แก้ว
- แกนกระดาษทิชชู มีจำนวน 3 แกน
- กระดาษแข็ง มีจำนวน 2 แผ่น
- ไม้ไอติม มีจำนวน 2 ชุด ชุดละ 12 อัน
- หลอด มีจำนวน 2 ชุด ชุดละ 10 หลอด
- แผ่นพลาสติกใส จำนวน 2 แผ่น
- กาว เทปใส กรรไกรและเชือก มีสำหรับทุกกลุ่ม

นักเรียนแต่ละกลุ่มจะมีสิทธิ์เลือกวัสดุอุปกรณ์ เพียง 2 ชนิด ชนิดละ 1 ชุดหรือ 1 อันเท่านั้น

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งสมมติฐาน เพื่อหาแนวทางการออกแบบพัฒนาชิ้นงานให้สำเร็จตามเงื่อนไขพร้อมลงใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ (แนวทางการตั้งสมมติฐาน: หากสร้างยานพาหนะจากวัสดุ..... และวัสดุ..... จะสามารถลำเลียงผู้บาดเจ็บได้เร็วและปลอดภัยที่สุด)
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบพาหนะลงใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ จากวัสดุที่ได้เลือก
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบร่างยานพาหนะที่ออกแบบ โดยครูกำหนดประเด็นในการนำเสนอ ดังนี้
 - อธิบายโครงร่าง และลักษณะของพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บ พร้อมระบุเหตุผล
 - วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ พร้อมระบุตำแหน่งที่ปรากฏบนโครงร่าง
7. นักเรียนนำพาหนะที่สร้างสำเร็จเรียบร้อยแล้วมาส่งครู เพื่อใช้เตรียมซักซ้อมการลำเลียงผู้บาดเจ็บในชั่วโมงถัดไป

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (30 นาที)

1. ครูทบทวนกติกาและเงื่อนไขสถานการณ์จากชั่วโมงแรกของกิจกรรม
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างยานพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บตามที่ได้ออกแบบไว้

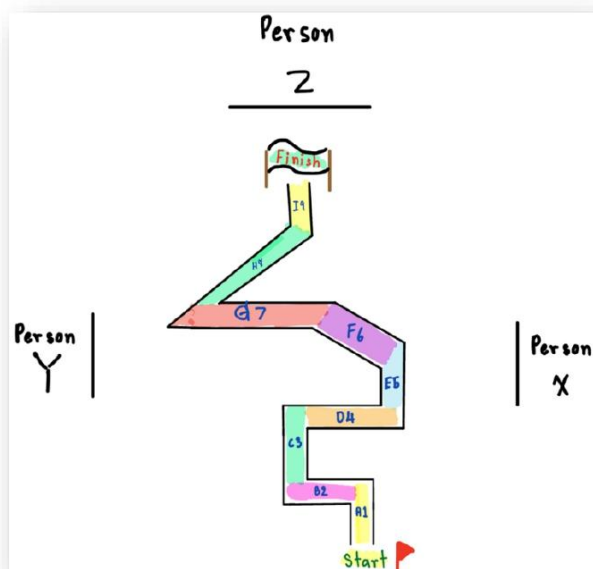
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการออกแรงดึงเชือกในควบคุมพาหนะในการลำเลียงผู้บาดเจ็บ โดยครูแนะนำให้ให้นักเรียนพิจารณาเส้นทางในการลำเลียงผู้บาดเจ็บว่ามีปัญหา ข้อจำกัด หรือความท้าทายที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งนักเรียนจะต้องแบ่งหน้าที่กัน ดังต่อไปนี้

- ผู้ควบคุมยานพาหนะ จำนวน 3 ตำแหน่ง
- ผู้จัดบันทึกขนาดของแรงที่ค่าได้จากเครื่องชั่งสปริง จำนวน 1 คน
- ผู้สังเกตการณ์และจับเวลาการแข่งขัน จำนวน 1 คน
- ผู้อำนวยความสะดวกคอยสนับสนุนใน 5 ตำแหน่งที่กล่าวมา

4. นักเรียนทดสอบปฏิบัติการกิจตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดครั้งที่ 1

5. นักเรียนจดบันทึกขนาดของแรงที่อ่านได้จากเครื่องชั่งสปริง ของผู้ควบคุมยานพาหนะ ทั้ง 3 ตำแหน่ง โดยบันทึกข้อมูลต่อไปนี้ ลงในใบกิจกรรม หัวข้อ การทดสอบปฏิบัติการกิจ ครั้งที่ 1

- ขนาดของแรงหน่วยเป็นนิวตัน (N)
 - ระบุทิศทางของแรงลัพธ์เป็นลูกศรแผนภาพแนวแรง
- โดยทั้ง 2 ข้อมูลข้างต้นให้บันทึกแยกตามเส้นทางแต่ละส่วน ดังแผนภาพ
- บันทึกระยะเวลาในการส่งสินค้าครั้งที่ 1



6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายสะท้อนในประเด็นต่อไปนี้

- ปัญหาที่พบระหว่างปฏิบัติการกิจ
- วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

- แนวทางการแก้ปัญหาในปฏิบัติการกิจครั้งต่อไป

โดยมีครูร่วมสะท้อนและชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียน รวมทั้งกระตุ้นให้ผู้เรียนท้าทายด้วยคำถามว่า “ทำอย่างไรจึงจะสามารถไล่เสียงผู้บาดเจ็บได้เร็วขึ้น เพื่อความปลอดภัยของผู้บาดเจ็บ”

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (30 นาที)

1. นักเรียนวางแผนปรับปรุงการควบคุมพาหนะในการไล่เสียงผู้บาดเจ็บ โดยคำนึงจากประเด็นปัญหาที่พบในการทดสอบครั้งที่ 1 พร้อมทั้งพัฒนาให้การควบคุมพาหนะในการไล่เสียงผู้บาดเจ็บมีประสิทธิภาพและความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น
2. นักเรียนปฏิบัติการตามสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดครั้งที่ 2 แข่งขันหาผู้ชนะ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลลงในใบกิจกรรมที่ 1.2 หัวข้อ การทดสอบปฏิบัติการกิจ ครั้งที่ 2 โดยลำดับการแข่งขันเป็นไปตามลำดับของการเลือกวัสดุอุปกรณ์
3. ครูตั้งคำถามกระตุ้นการคิด ระหว่างดำเนินการแข่งขันของแต่ละกลุ่ม ว่า
 - พาหนะที่ใช้ไล่เสียงผู้บาดเจ็บ สร้างมาจากวัสดุใด ส่งผลต่อความสามารถในการไล่เสียงผู้บาดเจ็บหรือไม่อย่างไร
 - แต่ละช่วงเส้นทางการไล่เสียงผู้บาดเจ็บนักเรียน 3 ตำแหน่งที่ควบคุมพาหนะออกแรงแตกต่างกันอย่างไร
4. ครูมอบรางวัลแก่กลุ่มที่ไล่เสียงผู้บาดเจ็บได้รวดเร็วที่สุด

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (60 นาที)

1. ครูชี้แจงรายละเอียดการนำเสนอข้อมูล ดังนี้
 - ผลการไล่เสียงผู้บาดเจ็บ ใช้ระยะเวลาเท่าใด
 - ปัญหาที่พบระหว่างปฏิบัติการกิจ
 - สาเหตุของปัญหาที่พบคืออะไร
 - แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร
 - ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของแนวทางการแก้ปัญหาที่ดำเนินไปคืออะไรบ้าง
 - ประเมินแนวทางการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพหรือไม่ อย่างไร
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการนำรายละเอียดการนำเสนอ เขียนลงในกระดาษ Flip chart paper และเตรียมตัวแทนกลุ่มสำหรับการนำเสนอ
3. ตัวแทนกลุ่มนำเสนอผลการดำเนินงานโดยใช้ กระดาษ Flip chart paper
4. นักเรียนและครูร่วมกันสะท้อนให้ข้อเสนอแนะในสิ่งที่แต่ละกลุ่มนำเสนอ

8. สื่อการเรียนรู้

- 8.1) ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
- 8.2) ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ
- 8.3) แผนที่เส้นทางในการลำเลียงผู้บาดเจ็บ
- 8.4) สื่อ Canva

9. การวัดและการประเมิน

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
3.1 นักเรียนสามารถเขียนลูกศรที่ระบุทิศทางของแรงที่กระทำต่อวัตถุได้	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ - สังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องชั่งสปริง	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ - แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องชั่งสปริง	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 - ผ่านเกณฑ์ในระดับ “ดี” ขึ้นไป
3.2 นักเรียนสามารถอ่านค่าและจดบันทึกขนาดของแรงจากเครื่องชั่งสปริงได้อย่างถูกต้อง	- ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ผ่านเกณฑ์ในระดับ “ดี” ขึ้นไป
3.3 นักเรียนสามารถใช้เครื่องชั่งสปริงวัดขนาดของแรงที่กระทำต่อยานพาหนะขนส่งสินค้าได้อย่างถูกต้อง	- ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ผ่านเกณฑ์ในระดับ “ดี” ขึ้นไป
3.4 นักเรียนสามารถควบคุมยานพาหนะขนส่งสินค้าให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเพื่อขนส่งสินค้าได้สำเร็จ	- ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียงผู้บาดเจ็บ	- ผ่านเกณฑ์ในระดับ “ดี” ขึ้นไป
3.5 นักเรียนสามารถอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงหลายในแนวเดียวกันที่กระทำต่อยานพาหนะขนส่งสินค้าได้	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ - ใบกิจกรรมที่ 1.2	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 % ผ่านเกณฑ์

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัดผล	เครื่องมือวัดผล	เกณฑ์การประเมินผล
	เรื่อง การลำเลียง ผู้บาดเจ็บ	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียง ผู้บาดเจ็บ	- ผ่านเกณฑ์ใน ระดับ “ดี” ขึ้น ไป
3.6 นักเรียนสามารถสร้าง ยานพาหนะขนส่งสินค้าเพื่อ แก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่ กำหนดให้ (ทักษะการแก้ปัญหา)	- ใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียง ผู้บาดเจ็บ	- ประเมินใบกิจกรรมที่ 1.2 เรื่อง การลำเลียง ผู้บาดเจ็บ	- ผ่านเกณฑ์ใน ระดับ “ดี” ขึ้น ไป

10.บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

สิ่งที่ควรพัฒนาในการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน
(นายณฐพล อยู่เป็นสุข)

ชื่อ-นามสกุล..... ป.5/..... เลขที่

ใบกิจกรรมที่ 1.1

เรื่อง การหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ

จุดประสงค์

- นักเรียนวัดขนาดของแรง อธิบายการหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุได้อย่างถูกต้อง
- นักเรียนเขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุได้อย่างถูกต้อง

คำชี้แจง: ให้นักเรียนทดลองหาขนาดของแรง อธิบายการหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุและเขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุให้ถูกต้อง

กำหนดปัญหา

สมมติฐาน

.....

.....

ตอนที่ 1 แรงย่อยมีทิศทางเดียวกัน

วัตถุที่ทดลอง	เครื่องชั่งสปริง 1 อัน		เครื่องชั่งสปริง 2 อัน			
	มวลของวัตถุ (กรัม)	แรงที่ใช้ดึง (นิวตัน)	เครื่องที่ 1		เครื่องที่ 2	
			มวลของวัตถุ (กรัม)	แรงที่ใช้ดึง (นิวตัน)	มวลของวัตถุ (กรัม)	แรงที่ใช้ดึง (นิวตัน)

เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1	เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2	การเคลื่อนที่ของวัตถุ	แรงลัพธ์ (นิวตัน)
5 นิวตัน	2 นิวตัน		
3 นิวตัน	4 นิวตัน		
5 นิวตัน	5 นิวตัน		

เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่แรงย่อยมีทิศทางเดียวกัน

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 แรงย่อยมีทิศทางตรงกันข้าม

เครื่องชั่งสปริงอันที่ 1	เครื่องชั่งสปริงอันที่ 2	การเคลื่อนที่ของวัตถุ	แรงลัพธ์ (นิวตัน)
5 นิวตัน	2 นิวตัน		
3 นิวตัน	4 นิวตัน		
5 นิวตัน	5 นิวตัน		

เขียนแผนภาพแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุที่แรงย่อยมีทิศตรงกันข้าม

ใบกิจกรรมที่ 1.2

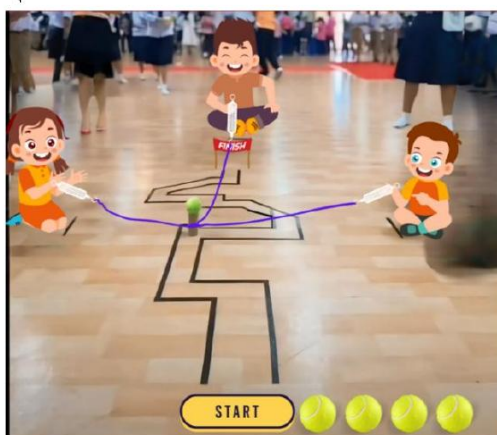
เรื่อง “การลำเลียงผู้บาดเจ็บ”

รายชื่อสมาชิก

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

สถานการณ์ปัญหา

“นักเรียนรับบทบาทเป็นกู้ภัยโดยจะต้องออกแบบพาหนะเพื่อลำเลียงผู้บาดเจ็บจากหมู่บ้านที่ประสบภัยพิบัติ ซึ่งหมู่บ้านตั้งอยู่ในสถานที่สุดอันตรายท่ามกลางหุบเหวลึกที่คดเคี้ยว เส้นทางขนส่งค่อนข้างแคบ และเพื่อความปลอดภัยพาหนะที่ออกแบบจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมอย่างน้อย 3 คน ประจำตำแหน่ง 3 ตำแหน่ง คือ ฝั่งขวาของพาหนะ ฝั่งซ้ายของพาหนะ และฝั่งตรงข้ามของจุดเริ่มต้น ควบคุมพาหนะโดยออกแรงดึงเชือกที่ผูกติดกับพาหนะและปลายอีกข้างหนึ่งผูกกับเครื่องขึงสปริง และต้องส่งผู้บาดเจ็บไปถึงโรงพยาบาลให้ได้เร็วที่สุด”



เงื่อนไขของกิจกรรม

- ผู้บาดเจ็บจะแทนด้วยลูกเทนนิส 5 ลูก
- นักเรียนจะต้องสร้างพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บ โดยใช้วัสดุที่ครูกำหนดให้ ได้แก่ แกนกระดาษทิชชู แก้ว กระดาษ ไม้เสียบลูกชิ้น ไม้ไอติม และกระดาษแข็ง เลือกใช้วัสดุได้เพียง 2 ชนิดเท่านั้น
- ส่วนฐานพาหนะที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องมีความกว้างไม่เกินเส้นทางลำเลียงผู้บาดเจ็บ
- เส้นทางลำเลียงผู้บาดเจ็บ จะต้องเริ่มจาก “จุดเริ่มต้น”
- หากผู้บาดเจ็บร่วงจากยานพาหนะระหว่างขนส่ง หรือยานพาหนะออกนอกเส้นทาง จะต้องกลับมาเริ่มที่จุดเริ่มต้นใหม่อีกครั้งโดยการจับเวลายังคงดำเนินต่อไป

ปัญหาสำคัญจากสถานการณ์ คือ

.....

สาเหตุที่มาของปัญหาจากสถานการณ์ คือ

.....

.....

สมมติฐานจากสถานการณ์ คือ

.....

.....

ให้นักเรียนออกแบบยานพาหนะลำเลียงผู้บาดเจ็บ

วัสดุ/อุปกรณ์

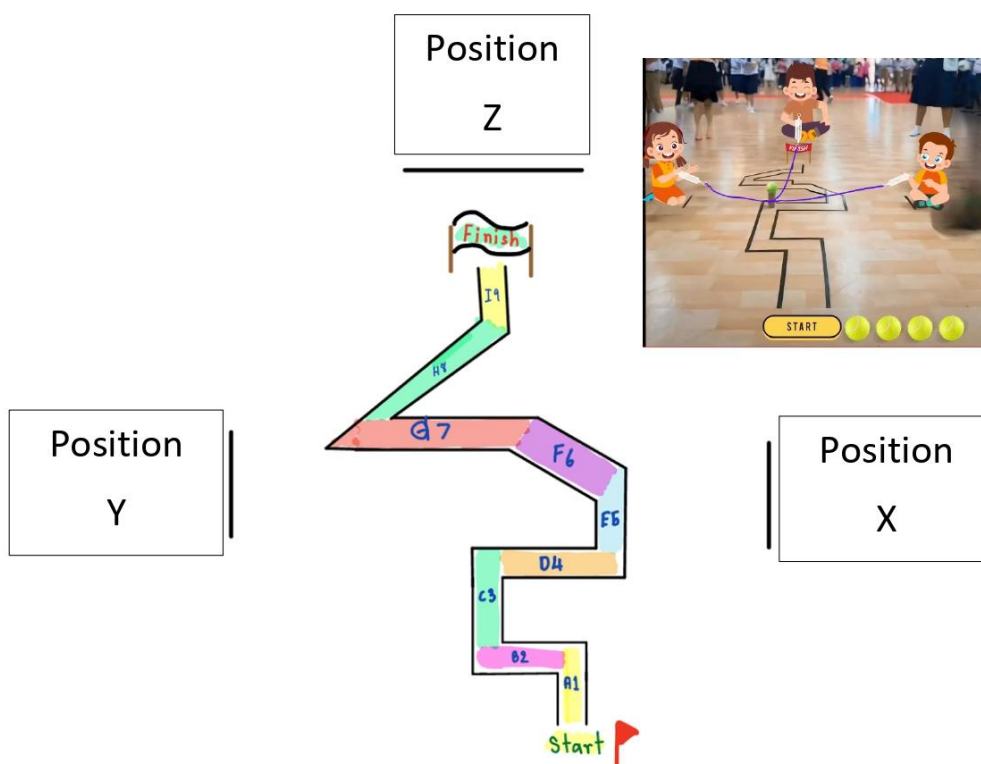
.....

.....

.....

.....

พิจารณาแผนภาพเส้นทางการลำเลียงผู้บาดเจ็บ เพื่อบันทึกข้อมูลลงในตารางต่อไปนี้



ตารางบันทึกการทดสอบการลำเลียงผู้บาดเจ็บครั้งที่ 1

ส่วนของเส้นทาง	ตำแหน่งผู้ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ			ทิศทางของแรงลัพธ์ (ลูกศร)
	ตำแหน่ง X	ตำแหน่ง Y	ตำแหน่ง Z	
	ขนาด (นิวตัน)	ขนาด (นิวตัน)	ขนาด (นิวตัน)	
ส่วน A1				
ส่วน B2				
ส่วน C3				
ส่วน D4				
ส่วน E5				
ส่วน F6				
ส่วน G7				
ส่วน H8				
ส่วน I9				

ระยะเวลาในการลำเลียงผู้บาดเจ็บ นาที

ปัญหาที่พบ :

สาเหตุของปัญหา :

วิธีการปรับปรุงแก้ไข :

.....

.....

.....

ตารางบันทึกการทดสอบการลำเลียงผู้บาดเจ็บครั้งที่ 2 (รอบแข่งขัน)

ส่วนของเส้นทาง	ตำแหน่งผู้ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ			ทิศทางของแรงลัพธ์ (ลูกศร)
	ตำแหน่ง X	ตำแหน่ง Y	ตำแหน่ง Z	
	ขนาด (นิวตัน)	ขนาด (นิวตัน)	ขนาด (นิวตัน)	
ส่วน A1				
ส่วน B2				
ส่วน C3				
ส่วน D4				
ส่วน E5				
ส่วน F6				
ส่วน G7				
ส่วน H8				
ส่วน I9				

ระยะเวลาในการลำเลียงผู้บาดเจ็บ นาที

ข้อดีของแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือก :

.....

.....

ข้อจำกัดของแนวทางการแก้ปัญหาที่เลือก :

.....

.....

การลำเลียงผู้บาดเจ็บมีประสิทธิภาพมากขึ้นหรือไม่ ☐ มากขึ้น ☐ ไม่เลย

แบบสังเกตพฤติกรรมการใช้เครื่องชั่งสปริงรายบุคคล

คำชี้แจง ให้ผู้สังเกตใช้เครื่องหมาย ✓ ลงในระดับพฤติกรรมการใช้เครื่องชั่งสปริงที่นักเรียนแสดงออกมา

เลขที่	รหัสนักเรียน	ระดับคะแนน			ระดับคุณภาพ
		3	2	1	

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต
(.....)
...../...../.....

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
3 คะแนน	ดี
2 คะแนน	ปานกลาง
1 คะแนน	ปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนผ่านเกณฑ์คุณภาพระดับ ดี ขึ้นไป

เกณฑ์การประเมินใบกิจกรรมยานพาหนะสำหรับผู้บาดเจ็บ

รายการประเมิน	คะแนน				
	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน	4 คะแนน	5 คะแนน
1. ความสำเร็จของงาน (5 คะแนน)	สามารถปฏิบัติภารกิจได้สำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในบางประการ การบันทึกข้อมูลขนาดของแรงและทิศทางของแรงลัทธิจำเป็นต้องมีผู้แนะนำอย่างใกล้ชิด	สามารถปฏิบัติภารกิจได้สำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในบางประการ บันทึกข้อมูลขนาดของแรงในหน่วยที่เหมาะสมแต่ต้องมีผู้คอยแนะนำระบุทิศทางของแรงลัทธิได้อย่างถูกต้องในบางเส้นทางต้องอาศัยผู้แนะนำ	สามารถปฏิบัติภารกิจได้สำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในบางประการ บันทึกข้อมูลขนาดของแรงในหน่วยที่เหมาะสมระบุทิศทางของแรงลัทธิได้อย่างถูกต้องในบางเส้นทางต้องอาศัยผู้แนะนำ	สามารถปฏิบัติภารกิจได้สำเร็จตามเงื่อนไขที่กำหนด บันทึกข้อมูลขนาดของแรงได้อย่างแม่นยำในหน่วยที่เหมาะสมด้วยตนเอง ระบุทิศทางของแรงลัทธิได้อย่างถูกต้องในบางเส้นทางต้องอาศัยผู้แนะนำ	สามารถปฏิบัติภารกิจได้สำเร็จตามเงื่อนไขที่กำหนด บันทึกข้อมูลขนาดของแรงได้อย่างแม่นยำในหน่วยที่เหมาะสมพร้อมทั้งระบุทิศทางของแรงลัทธิได้อย่างถูกต้องครบถ้วนทุกเส้นทางด้วยตนเอง
2. การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร (5 คะแนน)	สามารถนำเสนอผลงานได้แต่ขาดความน่าสนใจและขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจหรือขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารในเรื่องของผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสำหรับผู้บาดเจ็บได้โดยครูต้องเสริมในบางประเด็น มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟังบางส่วน	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารในเรื่องของผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสำหรับผู้บาดเจ็บได้ดีมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟังบางส่วน	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจสามารถสื่อสารในเรื่องของผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสำหรับผู้บาดเจ็บได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟังค่อนข้างมาก
3. การออกแบบทางวิศวกรรม (5 คะแนน)	สามารถออกแบบยานพาหนะที่สำหรับผู้บาดเจ็บได้บางส่วน ดำเนินการตามสถานการณ์ที่กำหนดได้โดยครู	สามารถออกแบบยานพาหนะที่สำหรับผู้บาดเจ็บได้บางส่วน ดำเนินการตามสถานการณ์ที่กำหนดได้	สามารถออกแบบยานพาหนะที่สำหรับผู้บาดเจ็บได้ครบถ้วน ยานพาหนะสามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่าง	สามารถออกแบบยานพาหนะที่สำหรับผู้บาดเจ็บได้ครบถ้วน ยานพาหนะสามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่าง	สามารถออกแบบยานพาหนะที่สำหรับผู้บาดเจ็บได้ครบถ้วน ยานพาหนะสามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่าง

รายการ ประเมิน	คะแนน				
	1 คะแนน	2 คะแนน	3 คะแนน	4 คะแนน	5 คะแนน
	ต้องคอยให้ คำแนะนำอย่าง ใกล้ชิด		เต็มประสิทธิภาพ ตามสถานการณ์ แต่ไม่เป็นไปตาม เงื่อนไขที่กำหนด ทุกประการ	เต็มประสิทธิภาพ ตามสถานการณ์ แต่ไม่เป็นไปตาม เงื่อนไขที่กำหนด บางประการ	เต็มประสิทธิภาพ ตามสถานการณ์ และเงื่อนไขที่ กำหนด
4. การ แก้ปัญหา (5 คะแนน)	สามารถบอกสิ่งที่ เป็นปัญหาระหว่าง ปฏิบัติการกิจโดย ครูช่วยบ่งชี้ปัญหา พร้อมทั้งระบุเหตุ ปัจจัยที่เป็นสาเหตุ ของปัญหาที่พบได้ บางส่วน และ สามารถเสนอแนว ทางการแก้ไข ปัญหาที่พบแต่ต้อง อาศัยครูเพื่อทำ ความเข้าใจใน ปฏิบัติแก้ไขปัญหา ร่วมกันพร้อมทั้ง สามารถบอกข้อดี และข้อจำกัดของ แนวทางการ แก้ปัญหาที่ดำเนิน ไปโดยมีครูช่วย แนะนำเพื่อประเมิน ประสิทธิภาพของ แนวทางหรือวิธีการ ได้	สามารถบอกสิ่งที่ เป็นปัญหา ระหว่างปฏิบัติ ภารกิจพร้อมทั้ง ระบุเหตุ ปัจจัยที่ เป็นสาเหตุของ ปัญหาที่พบได้ บางส่วน และ สามารถเสนอ แนวทางการแก้ไข ปัญหาที่พบแต่ ต้องอาศัยครูเพื่อ ทำความเข้าใจใน ปฏิบัติแก้ไข ปัญหาร่วมกัน พร้อมทั้งสามารถ บอกข้อดีและ ข้อจำกัดของแนว ทางการแก้ปัญหา ที่ดำเนินไปโดยมี ครูช่วยแนะนำ เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพของ แนวทางหรือ วิธีการได้	สามารถบอกสิ่งที่ เป็นปัญหา ระหว่างปฏิบัติ ภารกิจพร้อมทั้ง ระบุเหตุ ปัจจัยที่ เป็นสาเหตุของ ปัญหาที่พบได้ ครบถ้วน และ สามารถเสนอ แนวทางการแก้ไข ปัญหาที่พบแต่ ต้องอาศัยครูเพื่อ ทำความเข้าใจใน ปฏิบัติแก้ไข ปัญหาร่วมกัน พร้อมทั้งสามารถ บอกข้อดีและ ข้อจำกัดของแนว ทางการแก้ปัญหา ที่ดำเนินไปโดยมี ครูช่วยแนะนำ เพื่อประเมิน ประสิทธิภาพของ แนวทางหรือ วิธีการได้	สามารถบอกสิ่งที่ เป็นปัญหา ระหว่างปฏิบัติ ภารกิจพร้อมทั้ง ระบุเหตุ ปัจจัยที่ เป็นสาเหตุของ ปัญหาที่พบได้ ครบถ้วน และ สามารถเสนอ แนวทางการแก้ไข ปัญหาให้สมาชิก กลุ่มเข้าใจและ สามารถปฏิบัติ ร่วมกันพร้อมทั้ง สามารถบอกข้อดี และข้อจำกัดของ แนวทางการ แก้ปัญหาที่ ดำเนินไปโดยมีครู ช่วยแนะนำเพื่อ ประเมิน ประสิทธิภาพของ แนวทางหรือ วิธีการได้	สามารถบอกสิ่งที่ เป็นปัญหา ระหว่างปฏิบัติ ภารกิจพร้อมทั้ง ระบุเหตุ ปัจจัยที่ เป็นสาเหตุของ ปัญหาที่พบได้ ครบถ้วน และ สามารถเสนอ แนวทางการแก้ไข ปัญหาให้สมาชิก กลุ่มเข้าใจและ สามารถปฏิบัติ ร่วมกันพร้อมทั้ง สามารถบอกข้อดี และข้อจำกัดของ แนวทางการ แก้ปัญหาที่ ดำเนินไปเพื่อ ประเมิน ประสิทธิภาพของ แนวทางหรือ วิธีการได้ด้วย ตนเอง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
17 - 20 คะแนน	ดีเยี่ยม
13 - 16 คะแนน	ดี
9 - 12 คะแนน	ปานกลาง
5 - 8 คะแนน	พอใช้
1 - 4 คะแนน	ปรับปรุง

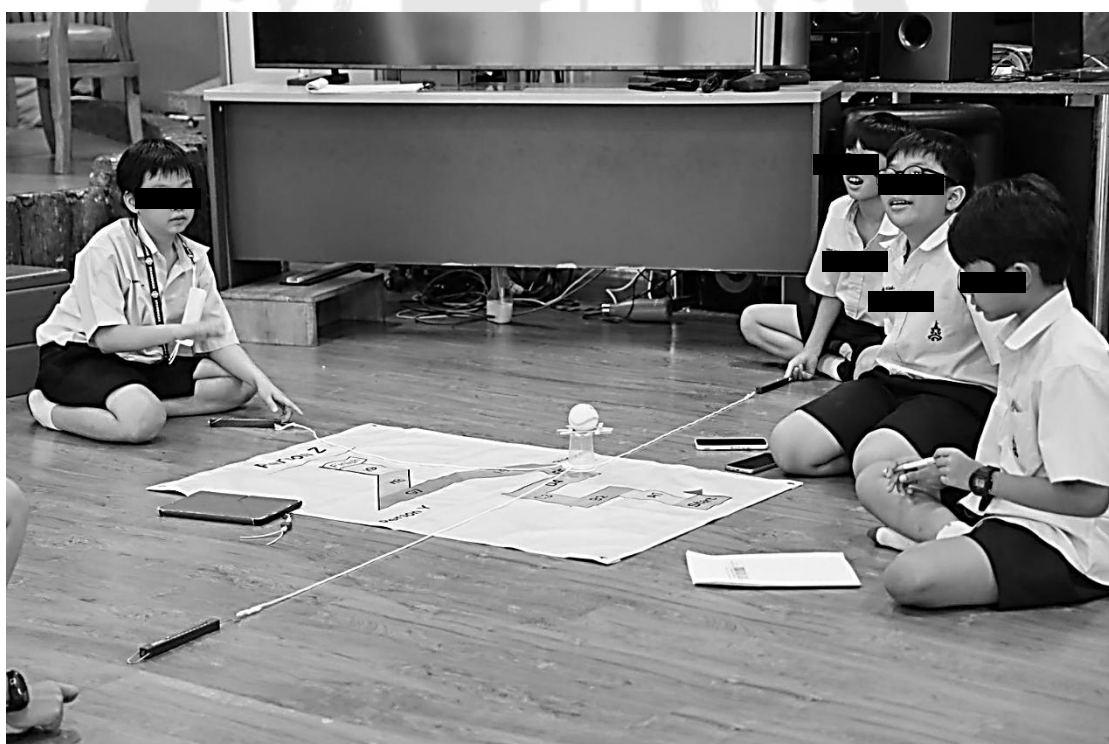
เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมการใช้เครื่องชั่งสปริง

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
การใช้เครื่องชั่งสปริง	สามารถใช้เครื่องชั่งสปริงเพื่อระบุขนาดของแรงได้อย่างเที่ยงตรงแม่นยำพร้อมทั้งระบุหน่วยอย่างถูกต้องและเหมาะสมด้วยตนเอง	สามารถใช้เครื่องชั่งสปริงเพื่อระบุขนาดของแรงได้อย่างเที่ยงตรงแม่นยำด้วยตนเอง แต่ระบุหน่วยคาดเคลื่อนเมื่อมีผู้แนะนำก็สามารถแก้ไขได้	สามารถใช้เครื่องชั่งสปริงเพื่อระบุขนาดของแรงได้อย่างเที่ยงตรงแม่นยำพร้อมทั้งระบุหน่วยอย่างถูกต้องและเหมาะสม แต่ต้องมีผู้แนะนำ

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
3 คะแนน	ดี
2 คะแนน	ปานกลาง
1 คะแนน	ปรับปรุง

หมายเหตุ นักเรียนผ่านเกณฑ์คุณภาพระดับ ดี ขึ้นไป



ภาพประกอบ 14 ภาพกิจกรรมในชั้นเรียน



ตัวอย่างแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

สถานการณ์ที่ 1 ขึ้น-ลงบันได

ในช่วงพักเที่ยง นักเรียนหลายคนรีบวิ่งขึ้น-ลงบันไดโรงเรียนเพื่อไปซื้อของที่โรงอาหาร ทำให้เกิดการชนกันบ่อยครั้ง โดยเฉพาะที่โค้งตรงกลางบันได นักเรียนคนหนึ่งล้มลงเพราะชนกับเพื่อนที่วิ่งมาจากอีกทิศทาง ทำให้สิ้นใจและเกิดแผลลอกที่หัวเข่า



จากสถานการณ์ดังกล่าวข้างต้น จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้คืออะไร

สิ่งชนกันอยู่บ่อยเนื่องจากมีการวิ่งมาทางเดียวกันเกิดการชนกัน

2. สาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร

วิ่งเร็วเกินไปและไม่ค่อยระวัง

3. จากสถานการณ์ดังกล่าว มีสมมติฐานและมีแนวทางการแก้ปัญหาอย่างไร

3.1 สมมติฐานจากสถานการณ์

การชนกันเนื่องจากมีผู้วิ่งสวนทางกันและให้เด็กวิ่งเร็วเกินไป

3.2 แนวทางการแก้ปัญหาของสถานการณ์ดังกล่าว ให้อธิบายพร้อมยกตัวอย่าง

แนวทางการแก้ปัญหาคือให้เด็กวิ่งสวนทางกันและให้เด็กวิ่งช้าลง

4. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร

จะไม่เกิดการชนกันอีก

ประวัติผู้เขียน

