การพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

DEVELOPMENT OF LEARNING GUIDELINE FOR YOUNG PHYSICS TOURNAMET CLUB ACTIVITIES USING ENGINEERING DESIGN PROCESS COOPERATED WITH DEBATE

ปวีณ์สุดา คงเกตุ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ปวีณ์สุดา คงเกตุ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF LEARNING GUIDELINE FOR YOUNG PHYSICS TOURNAMET CLUB ACTIVITIES USING ENGINEERING DESIGN PROCESS COOPERATED WITH DEBATE TO ENHANCE STUDENTS' SCIENTIFIC ARGUMENTATION ABILITIES.

PAWEESUDA KONGGATE

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF EDUCATION

(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์

โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ของ

ปวีณ์สุดา คงเกตุ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
ผู้วิจัย	ปวีณ์สุดา คงเกตุ
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 2) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ 3) เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 5 แผน 2) แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 4) แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีประกอบด้วย 7 ขั้น ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 7. การพูดโต้วาที และการพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 5 แผน โดยใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีจำนวน 7 ขั้นตามลำดับ และมีใบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบวนการการแก้ปัญหาได้และโต้วาทีได้ 2) การพัฒนาความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน 3) แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที มีขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ 1. ขั้นระบุปัญหา การตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่คำสำคัญของสถานการณ์ 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา การมีส่วนร่วมกันในกลุ่มในการค้นคว้าข้อมูล มาอภิปรายร่วมกันในกลุ่ม มีการนำสมการความสัมพันธ์มารอลรับผลการทดลองให้น่าเชื่อถือ 3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา การวาดภาพร่างในการสร้างชิ้นงานและระบุวิธีการวัด 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา วางแผนภายในกลุ่มกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมที่จะใช้ทดลองและมีการสร้างแบบจำลองชิ้นงาน 5. ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบชิ้นงาน ประเมินผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับสมการความสัมพันธ์ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ รวมถึงดำเนินการแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน การนำเสนอผลการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน 7. การพูดโต้วาที ใช้การโต้วาที 2 ฝ่าย คือฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านในการฝึกการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และมีการอภิปรายร่วมกันหลังจบการโต้วาทีเพื่อหาข้อยุติของปัญหา 4. ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ : กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, การโต้วาที, ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

Title	DEVELOPMENT OF LEARNING GUIDELINE FOR YOUNG PHYSICS TOURNAMET CLUB ACTIVITIES USING ENGINEERING DESIGN PROCESS COOPERATED WITH DEBATE TO ENHANCE STUDENTS' SCIENTIFIC ARGUMENTATION ABILITIES.
Author	PAWEESUDA KONGGATE
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Theerapong Sangpradit

This research aims to: 1) develop Thailand Young Physicists' Tournament (TYPT) club activities using engineering design processes cooperated with debate, 2) study the results of TYPT club activities using an engineering design process cooperated with debate, 3) get learning guideline for TYPT club activities using engineering design processes cooperated with debate, and 4) study the satisfaction of students who participated in TYPT club activities using an engineering design process cooperated with debate. The study group were 10 high school students in science-math study plan, the academic year 2019, a special classroom project for science, mathematics, technology and environment under TYPT club activities. The research instruments consisted of: 1) 5 TYPT club activity plans, 2) scientific argumentation ability test, 3) scientific argumentation ability behavior observation form, and 4) the satisfaction of the students who participated in TYPT club activities using an engineering design process cooperated with debate. The data analysis used were mean and standard deviation. The results of the research found that 1. development of TYPT club activities using engineering design processes cooperated with debate comprised of 7 steps; 1. problem identification, 2. related information search, 3. solution design, 4. planning and development, 5. testing, evaluation and design improvement, 6. presentation, and 7. debating. And developed 5 TYPT club activity plans using engineering design processes cooperated with debate which were 1. vaccum bazuca 2. Saxon bowl 3.funnel and ball 4.conducting lines 5.swinging sound tube. 2. The scientific argument abilities of the students after participating TYPT club activities was higher than those before participating. 3. learning guideline for TYPT club activities using engineering design processes cooperated with debate were asking question to lead to a situation keyword. The related information search process of group participation in research was discussed together in the group, and the Marol correlation equations were used to obtain reliable results. The solution design process, drawing solution, sketched to create the workpiece and specify the measurement method. The planning and solving problems process was planning within the group, defining the original variable, and the control variable that used to experiment and create a model of the workpiece. The testing, evaluation and design improvement process was a test of the workpiece, evaluating the results from the experiment, comparing it with the correlation equation that was consistent or not, as well as taking corrective action to improve the workpiece for efficiency. The presentation process was to present the solution, solution results, workpiece, and presentation of problem-solving in class. The debating process used a two-party debate consisting of the present and the opposition, whereby the discussion was held to find a resolution. 4. the students' satisfaction with the TYPT club activities was at the highest level.

Keyword : Engineering Design Process Debate Competitions Scientific Argumentation Ability

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล และอาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ให้คำแนะนำในการปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยตลอดมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเมตตาและคอยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมาจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปได้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกภูมิ จันทรขันตี ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบและพัฒนาเครื่องมือวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตรศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และให้ความช่วยเหลือแนะนำแก่ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนเทพศิรินทร์ ที่ได้ให้กำลังใจและความช่วยเหลืออย่างดีตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณกัลยาณมิตรที่ดีทุก ๆ ท่าน ที่เป็นกำลังใจ คอยสนับสนุนห่วงใย และเอื้อเฟื้อเวลาช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว คงเกตุ ที่อบรมสั่งสอนให้ลูกเป็นคนดี ใฝ่หาความรู้อยู่เสมอ คอยเป็นกำลังใจและให้ความรักความห่วงใยแก่ผู้วิจัยอย่างดีมาโดยตลอด

คุณงามความดีและประโยชน์อันพึงมีที่เกิดจากการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาบิดา มารดา บูรพาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนผู้มีพระคุณและคู่ชีวิต ผู้วิจัยขอขอบพระคุณด้วยความเคารพยิ่ง

ปวีณ์สุดา คงเกตุ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 5

ความสำคัญของการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 6

กลุ่มที่ศึกษา 6

ตัวแปรที่ศึกษา 6

ขอบเขตของเนื้อหา 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย 11

สมมติฐานในการวิจัย 11

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมLiterature 13

1. ฟิสิกส์สัประยุทธ์ 14

1.1 ความเป็นมาของการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของประเทศไทย 14

1.2 ลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 15

1.3 บทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 16
1.4 แนวทางการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 17
1.4 ลักษณะของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 19
2. ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 20
2.1 ความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 20
2.2 องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 21
2.3 การวัดและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 23
2.4 ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 26
2.5 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 28
3. การโต้วาที 31
3.1 ความหมายของการโต้วาที 31
3.2 จุดมุ่งหมายของการโต้วาที 32
3.3 องค์ประกอบของการโต้วาที 32
4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 35
4.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 35
4.2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 36
5. การวิจัยปฏิบัติการ 43
5.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 43
5.2 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการ 43
5.3 เทคนิคในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยปฏิบัติการ 46
6. ความพึงพอใจ 46
6.1 ความหมายของความพึงพอใจ 47
6.2 วิธีการวัดและประเมินผลความพึงพอใจ 47

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 50
1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา 50
2. แบบแผนการวิจัย 50
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 57
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 75
บทที่ 4 ผลการศึกษา 79
ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 79
ตอนที่ 2 ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 82
ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใชhกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 95
ตอนที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 121
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 127
ความมุ่งหมายของการวิจัย 127
สมมติฐานในการวิจัย 127
ขอบเขตการวิจัย 127
กลุ่มที่ศึกษา 127
ตัวแปรที่ศึกษา 128
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 128
การเก็บรวบรวมข้อมูล 129
สรุปผลการวิจัย 129

อภิปรายผลการวิจัย 133
ข้อเสนอแนะ 141
บรรณานุกรม 143
ประวัติผู้เขียน 221

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศว กรรมที่ได้รับการเสนอโดยนักการศึกษา..... 40

ตาราง 2 ตารางแสดงแผนการจัดกิจกรรม 52

ตาราง 3 แสดงองค์ประกอบและความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ .. 60

ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์..... 64

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตาม องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 68

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมภาพรวมของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์.... 72

ตาราง 7 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อ กล่าวอ้างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล 82

ตาราง 8 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 2 ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล 84

ตาราง 9 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 3 ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล 86

ตาราง 10 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 4 ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล 87

ตาราง 11 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 5 ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล 90

ตาราง 12 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการ เรียนรู้..... 91

ตาราง 13 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการ เรียนรู้..... 92

ตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนใน วงจรที่ 1 92

ตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 2 93

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 3 93

ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 4 94

ตาราง 18 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 5 94

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียน 95

ตาราง 20 ตารางแสดงความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการ จัดการเรียนรู้ด้วยกระ บวนการออกแบบเชิงวิศว กรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 122

ตาราง 21 ดัชนีความสอดคล้องขององค์ประกอบแผน การจัดการเรียนรู้โดย ใช้กระ บวนการออกแบบเชิงวิศว กรรมร่วมกับการโต้วาที 212

ตาราง 22 ผลการประเมินหาค่าดัชนีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดกิจกรรม 213

ตาราง 23 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง ของแบบ วัดความ สามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 214

ตาราง 24 ผลการประ เมินความเหมาะ สมของของสถานการณ์ของแบบวัดความ สามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 215

ตาราง 25ผลการประ เมินความเหมาะ สมของเกณฑ์ความสา มารถในการโต้ แย้งทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดความสา มารถในการโต้ แย้งทางวิทยาศาสตร์ 215

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับนิยามศัพท์เฉพาะ 216

ตาราง 27 ผลการประเมินความเหมาะสมของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกต่อองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 217

ตาราง 28 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 218

ตาราง 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 219

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย 11

ภาพประกอบ 2 แสดงตัวอย่างการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 19

ภาพประกอบ 3 วงจรขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Museum of Science, Boston (ที่มา : http//www.eie.org/) 36

ภาพประกอบ 4 วงจรขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ The Works Museum (1995) 37

ภาพประกอบ 5 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคอร์ท เลวิน 44

ภาพประกอบ 6 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของของเคมมิสและแมกเทกการ์ต 45

ภาพประกอบ 7 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของสุวิมล ว่องวาณิช 45

ภาพประกอบ 8 วงจร PAOR จำนวน 5 รอบ 51

ภาพประกอบ 9 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของกระสุน ของนักเรียนกลุ่ม A 100

ภาพประกอบ 10 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของกระสุน ของนักเรียนกลุ่ม B 100

ภาพประกอบ 11 ภาพจำลองการจมของชาม SAXON ของนักเรียนกลุ่ม A 101

ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม A 104

ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม B 105

ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 1 106

ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 2 108

ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 3 109

ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 4 110

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 5 111

ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียน วงจรที่ 1 112

ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของนักเรียน วงจรที่ 1..... 113
ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์ของนักเรียน วงจรที่ 2
..... 114

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเป็นโครงการในความร่วมมือของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มุ่งเน้นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนตามความสนใจ อีกทั้งยังมีการปลูกฝังให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และมีความเป็นนักวิจัย เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมเสริมหลักสูตร เช่น การเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การฝึกปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ซึ่งกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ได้ถูกจัดให้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่จัดสำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของโรงเรียน ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน(สพฐ.), โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยและโรงเรียนที่มีศูนย์โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(พสวท.) เพื่อฝึกการทำงานร่วมกันของนักเรียน การประยุกต์ความรู้ในการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การทดลองทางวิทยาสตร์ที่น่าเชื่อถือและสอดคล้องกับทฤษฎี การนำเสนอสิ่งที่ศึกษามาและโน้มน้าวให้ผู้ฟังยอมรับในทฤษฎีที่ตนนำเสนอ ตลอดจนปฏิภาณไหวพริบในการแก้ปัญหา โดยจัดเป็นการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในการจัดการแข่งขันดังกล่าว นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี(2553) ได้กล่าวว่าฟิสิกส์สัประยุทธ์ในการจัดการแข่งขันที่มีนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นตัวแทนโรงเรียนเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศและระดับนานาชาติ โดยในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์นักเรียนผู้เข้าแข่งขันที่มีการแข่งขันเป็นทีม ทีมละ 5 คน และตัวแทนของทีม 1 คน จะต้องแสดงตัวต่อกรรมการผู้ตัดสินก่อนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในแต่ละโจทย์การแข่งขันและจะต้องนำเสนอให้กรรมการและทีมผู้เข้าแข่งขันอื่นยอมรับในหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหาของตนเอง นักเรียนต้องฟังและทำความเข้าใจสิ่งที่นักเรียนจากทีมอื่นนำเสนอเพื่อหาประเด็นในการซักค้านและหาเหตุผลมาอธิบายหักล้างในลักษณะของการโต้วาทีฟิสิกส์ โดยการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์มีลักษณะการแข่งขันเป็นการโต้วาทีทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโจทย์ปัญหาที่เป็นโจทย์ปลายเปิด โดยปัญหาที่แต่ละทีมจะต้องศึกษาและแก้ปัญหานั้นแตกต่างจากปัญหาที่อยู่ในบทเรียนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทั่วไปที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ที่มีคำตอบที่ชัดเจนและตายตัว แต่สำหรับการแข่งขันฟิสิกส์

สัประยุทธ์นั้นเป็นลักษณะคำถามปลายเปิด ที่ผู้เข้าแข่งขันสามารถหาคำตอบได้หลากหลายวิธี และคำตอบจะมีได้มากกว่า 1 คำตอบซึ่งขึ้นกับวิธีการวางแผนการแก้ปัญหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการนำไปใช้แก้ปัญหาจะต้องให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่เป็นเชิงประจักษ์ เพื่อนำไปสนับสนุนคำตอบให้มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น จากการสัมภาษณ์ประสบการณ์ของครูในโรงเรียนมัธยมศึกษาและผู้วิจัยที่ทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมทีมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีประสบการณ์ในการควบคุมทีมฟิสิกส์สัประยุทธ์อย่างน้อย 4 ปี พบว่า ปัญหาของนักเรียนในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ นักเรียนยังไม่สามารถแสดงหลักฐานและเหตุผลในการโต้แย้งถึงสิ่งที่นักเรียนไม่เห็นด้วยได้ นักเรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้ที่บูรณาการกับทฤษฎีที่จะนำมาตอบคำถาม นักเรียนยังไม่สามารถออกแบบการทดลองได้ดี การทดลองยังไม่มีลำดับขั้นตอนและขาดการวางแผนการทดลองให้ได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐาน นักเรียนยังขาดทักษะในการตั้งคำถามที่เกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้าม อีกทั้งนักเรียนมักมีการคล้อยตามความคิดเห็นของฝ่ายตรงข้าม โดยนักเรียนขาดความสามารถในการประเมินผล และโต้แย้งกลับหลักฐานที่ไม่เป็นจริงได้

จากปัญหาของนักเรียนระหว่างแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายที่ประกอบด้วยเหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อวิจารณ์ ประเมิน และแสดงความคิดเห็น ที่เห็นด้วยหรือปฏิเสธ รวมทั้งโน้มน้าวผู้อื่นด้วยการพูด การเขียนข้อยืนยันเฉพาะเรื่อง (สันติชัย อนุวรชัย, 2553) โดยการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (claim and warrant) การใช้หลักฐาน (evidence) การให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (counter argument) และเหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (supportive argument) (Lin และ Mintzes, 2010) ซึ่งจะพบว่าในปัจจุบันการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจะเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และมีการนำผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาสรุปเพื่อยืนยันสมมติฐานที่นักเรียนวางไว้โดยนักเรียนยังไม่เกิดข้อแลกเปลี่ยนและการโต้แย้งทางความคิดเกี่ยวกับข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ขาดการตัดสินใจที่จะเชื่อหรือไม่เชื่อในข้อมูลที่ได้มา ซึ่งได้เป็นข้อยุติทางความคิดและเป็นการปิดโอกาสทางความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Erduren, Simon, และ Osbone, 2004) โดย Kuhn และ Udell (2003) อธิบายว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรเน้นที่กิจกรรมทางสังคมโดยมีการโต้แย้งเพื่อเป็นการส่งเสริมวิธีการคิดโดยไม่ได้จำกัดแต่เพียงความรู้และข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว และวิธีการที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการ

โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะต้องช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการในการสร้างองค์ความรู้ การอธิบาย และการประเมินความรู้ของนักเรียน หากจะพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาได้โดยการโต้วาที โดยการสนทนาถึงหลักฐานและข้อสรุปต่างๆที่ได้มาที่จะส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (บุรีรัตน์ สือพัฒธิมา, 2558)

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยการโต้วาทีเป็นการฝึกการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหามากกว่าการใช้อารมณ์ ผู้พูดจะพูดอย่างมีเหตุผลทำให้รู้จัก การค้นคว้าหาความรู้ เพื่อนำไปสนับสนุนเหตุผลให้การโต้แย้งมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นโดยในขณะที่มีการพูดการโต้แย้งเป็นการฝึกให้ผู้พูดมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและพูดให้โน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของผู้พูด (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552) อีกทั้งเป็นการฝึกปฏิภาณไหวพริบของผู้พูดในขณะโต้วาทีเป็นการฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ฝึกการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อเปิดมุมมองความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ โดยในการพูดโต้วาทีจะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 5 องค์ประกอบ ซึ่งในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้น Means และ Voss (1996) ได้กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก็ต้องอาศัยหลักฐานที่เป็นเชิงประจักษ์ และเหตุผลมาสนับสนุนความคิดนั้นด้วย ซึ่งจะต้องมีการนำทฤษฎีมารองรับข้อสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อมูลให้น่าเชื่อถือและข้อมูลนั้นสามารถพิสูจน์ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Toulmin, 2010) ดังนั้นหากผู้เรียนจะสามารถแสดงออกทางความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ไม่เพียงแต่การพูดโต้วาทีที่จะเป็นการพูดเพื่อแสดงข้อมูลและหลักฐานในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่วิธีการที่ได้มาซึ่งหลักฐานในการสนับสนุนข้อมูลให้น่าเชื่อถือก็สำคัญอีกด้วย จากปัญหาและข้อบกพร่องของนักเรียนในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ในประเด็นของการทำการทดลองที่ยังเป็นการลองผิดลองถูก การแก้ปัญหาโดยขาดการวางแผนและลำดับขั้นตอน นักเรียนไม่สามารถสร้างหรือหาหลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ ถ้านักเรียนได้มีกระบวนการในการแก้ปัญหาจะสามารถทำให้นักเรียนแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้ดี เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการหนึ่งของการทำงานให้ได้มาซึ่งชิ้นงานโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการเพื่อแก้ปัญหา ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เป็นการหาคำตอบของการแก้ปัญหาที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นมา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ทำการทดลอง เพื่อให้ชิ้นงานเป็นไปตามเป้าหมายและสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในชีวิตประจำวันได้ (Museum of science, 2007; science Buddies, 2002)

โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะทำให้ผู้เข้าแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์สามารถแก้โจทย์ปัญหาปลายเปิดที่จะได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่เป็นเชิงประจักษ์ ได้อย่างมีลำดับและขั้นตอน ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การระบุปัญหา 2.การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3.การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4.การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5.การทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาและชิ้นงาน 6.การนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) หากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงโดยนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้สามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องชัดเจน มีการทำนาย การสังเกต การอธิบายและมีหลักฐานในการไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งจะได้เรียนรู้กระบวนการต่างๆ ที่ผู้เรียนจะสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างชิ้นงานใหม่ ๆ และได้รับความรู้ใหม่ ๆ ที่ผู้เรียนและครูไม่รู้มาก่อน (ณัฏฐ์พธู เสริมสุข, 2558; พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2557) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่เพียงจะส่งเสริมกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ในการสืบเสาะหาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์แต่ก็ยังส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือที่ทำให้นักเรียนได้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน โดยนักเรียนจะสามารถทำความเข้าใจวิเคราะห์ปัญหาได้จากขั้นตอนการระบุปัญหาเพื่อนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหานั้น เมื่อระบุปัญหาได้จึงรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อให้นักเรียนพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการได้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาก่อนการลงมือปฏิบัติจริงและยังเป็นการแสดงแนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจด้วย จากนั้นนักเรียนจึงวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนแล้วจึงดำเนินการทดสอบ ประเมินผลของการแก้ปัญหานั้นพร้อมทั้งสามารถปรับปรุงและพัฒนาให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีการนำเสนอแนวคิดของนักเรียน ขั้นตอนการแก้ปัญหา การพัฒนาชิ้นงานทำให้นักเรียนมีข้อมูลและหลักฐานจากการทำการทดลองเพื่อนำไปสู่การสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (The Next Generation Science Standards, 2013) ที่ได้กล่าวว่าหลักฐานที่หามาได้จะไปส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่จะพบว่าในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียงวิธีเดียวจะเป็นเพียงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีข้อมูลและหลักฐานจากการทดลองไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้งทาง

วิทยาศาสตร์เท่านั้นแต่ยังขาดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และขาดการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม การให้หลักฐานการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้อีกฝ่ายมีความคิดเห็นเช่นเดียวกับฝ่ายตนเอง เนื่องจากขณะที่เกิดการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เมื่อแต่ละฝ่ายมีความคิดเห็นไม่ตรงกัน สำหรับความคิดเห็นที่ถูกต้องและมีข้อมูล หลักฐานมาสนับสนุนให้น่าเชื่อถือจะทำให้อีกฝ่ายมีความเชื่อมั่นในความคิดนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความคิดและช่วยให้ปรับเปลี่ยนแนวคิดได้ถูกต้อง (Erduren และคนอื่น ๆ, 2004) ดังนั้นจึงควรมีการจัดการเรียนรู้ด้วยการโต้วาทีซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่แตกต่างกันที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้

จากปัญหาและความสำคัญข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ยังขาดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และจากความสำคัญของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการโต้วาที ผู้วิจัยมีความสนใจการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ โครงการห้องเรียน พิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์

3. เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้จะสามารถพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์สำหรับเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนและผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที และพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ได้

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน โดยเป็นนักเรียนที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยฝึกซ้อมนักเรียนเพื่อเตรียมตัวไปเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตัวแปรตาม

1. แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

2.ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3.ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ขอบเขตของเนื้อหา

การวิจัยนี้ใช้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์สัประยุทธ์ ประจำปี 2017 - 2019 ที่เป็นโจทย์ปัญหาปลายเปิดเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที จำนวน 5 โจทย์ปัญหา โจทย์ปัญหาละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งหมด 20 คาบ ได้แก่ 1.ปืนใหญ่สุญญากาศ 2.ชาม Saxon 3.กรวยและบอล 4. ลายเส้นนำไฟฟ้า 5. แกว่งท่อเสียง เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์จริงทำให้นักเรียนคุ้ยเคยกับสถานการณ์ที่ใช้ในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ และการเลือกข้อโจทย์ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนการรู้ในชั้นเรียนมาแล้ว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ คือ การจัดกิจกรรมที่พัฒนาความถนัดและความสนใจของผู้เรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาลักษณะปลายเปิดเกี่ยวกับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีสถานการณ์ปัญหาให้หาคำตอบหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานในลักษณะโจทย์ปลายเปิด ลักษณะของโจทย์ฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นโจทย์ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นโจทย์ปลายเปิดในรูปแบบของการสร้างอุปกรณ์หรือเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ และโจทย์ลักษณะของการศึกษาตัวแปรหรือปัจจัยในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผู้เรียนที่มีความสนใจในฟิสิกส์สัประยุทธ์จะต้องทำการทดลองและแก้ปัญหาหาคำตอบของสถานการณ์ที่ให้มา หลังจากนั้นจะเป็นการโต้วาทีทางฟิสิกส์ที่มีผู้โต้วาที 3 ทีม ทีมละ 5 คน ที่มีบทบาทแตกต่างกัน ได้แก่ ฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์ โดยในการแข่งขัน 1 รอบการแข่งขันจะแข่งขันทั้งหมด 3 ยก ซึ่งผู้เข้าแข่งขันทุกทีมจะได้แสดงบทบาทครบทุกบทบาท ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การแสดงบทบาทของผู้โต้วาทีจะมี 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอ และฝ่ายซักค้าน ฝ่ายละ 5 คน เนื่องจากการทำหน้าที่ฝ่ายวิพากษ์เป็นเพียงการกล่าวถึงประเด็นที่ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านได้โต้วาทีกัน จึงไม่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งบทบาทของผู้โต้วาทีเป็นดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ ทำหน้าที่นำเสนอความคิด ทฤษฎี และหลักการที่ได้จากการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาโดยอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่พบเห็น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ นำเสนอเทคนิคการทดลอง การออกแบบการทดลอง ผลการทดลอง และการนำเสนอผลการทดลองให้สอดคล้องกับทฤษฎีที่นำมาใช้

2. ฝ่ายซักค้าน ทำหน้าที่วิจารณ์ประเด็นต่าง ๆ ที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอข้อมูลไว้และมีการตั้งคำถามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ฝ่ายนำเสนอนำเสนอไว้

2. ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียนในการระบุข้อกล่าวอ้างและการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น โดยใช้หลักฐานที่ได้จากกฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์จากสถานการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ในการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างนั้นและนักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับในประเด็นที่ความคิดเห็นแตกต่างจากข้อกล่าวอ้าง นำไปสู่การลงข้อสรุปเพื่อจะได้มีการยอมรับความคิดเห็น ซึ่งความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบวัดปลายเปิด จำนวน 2 สถานการณ์ และแบบสังเกตพฤติกรรม

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบตรวจสอบรายการจากพฤติกรรมที่แสดงออกจากสถานการณ์ที่กำหนดให้เพื่อแสดงถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบในขณะที่ทำการโต้วาที ได้แก่

1. การระบุข้อกล่าวอ้าง (claims) หมายถึง นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็นซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (warrant) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของนักเรียน

3. การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (evidence) หมายถึง นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหา อยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (counter argument) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่จะแสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นต่างจากตนเอง และสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5.การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (supportive Argument) หมายถึง นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งว่าข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างความรู้ทางวิชา ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนได้นำความรู้มาออกแบบวิธีการ กระบวนการที่จะได้มาซึ่งคำตอบของการแก้ปัญหาโดยมีการนำเสนอผลงานและการโต้วาที ซึ่งมีขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้น ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย มีการวิเคราะห์เงื่อนไข ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการและมีแนวทางการแก้ปัญหา

ในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาทำการวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาแล้วจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการ

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ของนักเรียน ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาของนักเรียนให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการของนักเรียน แล้วนักเรียนจึงมีการลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการโดยผลที่ได้นักเรียนอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) นักเรียนเป็นผู้นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นมีความเข้าใจโดยการนำเสนอชิ้นงาน

7. การพูดโต้วาที (Debating) นักเรียนทำการโต้วาทีโดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้าน แต่ละฝ่ายประกอบด้วยหัวหน้าฝ่าย 1 คน ผู้สนับสนุนฝ่าย ฝ่ายละ 4 คน เพื่อทำหน้าที่ในการโต้วาที โดยมีลำดับและรายละเอียด ดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ

1.1 ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายนำเสนอ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอเป็นผู้กล่าวเสนอข้อกล่าวอ้างในการโต้วาที โดยกล่าวถึงนิยาม ความหมาย ความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาข้อมูลข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

1.2 ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายนำเสนอ ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ คนที่ 1-4 เป็นผู้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลเพิ่มเติม แสดงหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ และโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ ของ

หัวหน้าฝ่ายค้านโดยใช้หลักฐานเพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามและให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น

1.3 **ผู้พูดลำดับสุดท้ายของฝ่ายนำเสนอ** หัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พูดสรุปข้อกล่าวอีกครั้ง และสามารถแก้ประเด็นข้อโต้แย้งของฝ่ายค้านให้ฝ่ายของตนเองมีความน่าเชื่อได้ แต่ถ้าข้อโต้แย้งมีข้อผิดพลาดก็ดำเนินการแก้ไข ตามข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงแนวคิดและกระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ข้อสรุป

2.ฝ่ายค้าน

2.1 **ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายค้าน** หัวหน้าฝ่ายค้าน ทำหน้าที่แสดงให้เห็นถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ของตนเองและการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลที่สนับสนุนการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างนั้น

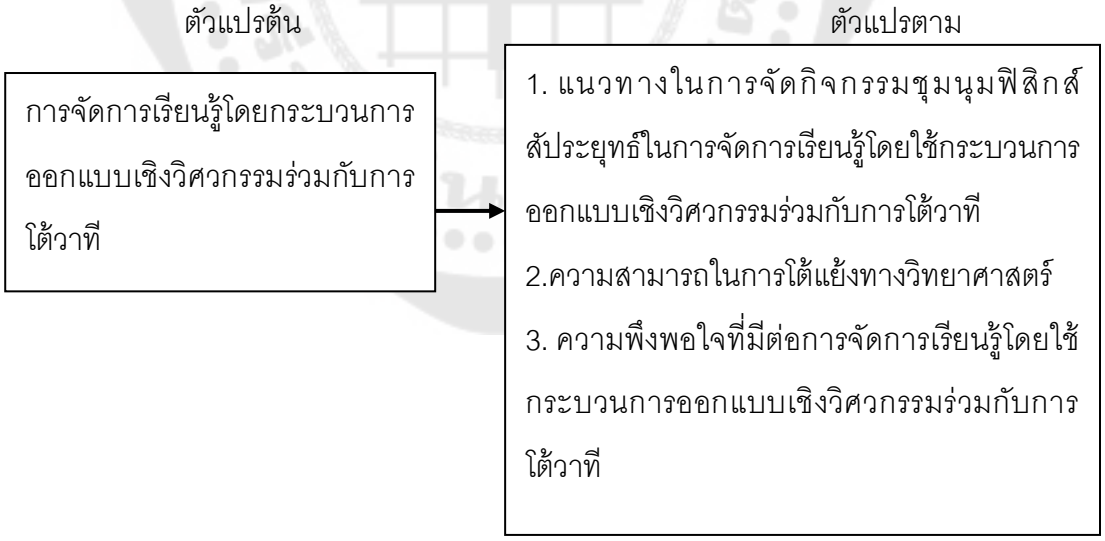
2.2 **ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายค้าน** ผู้สนับสนุนฝ่ายค้าน คนที่ 1-4 ทำหน้าที่หาเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านด้วยเหตุผล และพูดโต้แย้งข้อเสนอประเด็นต่าง ๆ ของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ โดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายค้านพร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งฝ่ายนำเสนออย่างเป็นเหตุเป็นผลและมีการให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้นและให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอตกไป

2.3 **ผู้พูดลำดับสุดท้าย ของฝ่ายค้าน** หัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปประเด็นสำคัญและโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลและหลักฐานที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อยืนยันแนวคิด ข้อกล่าวอ้างของตน

โดยลำดับในการพูดโต้วาทีเริ่มต้นด้วยผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายนำเสนอ, ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายค้าน และตามด้วยผู้พูดลำดับถัดไปของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านโดยสลับหน้าที่กันไป ในการโต้วาทีใช้กรรมการในการตัดสิน 3 คน โดยกรรมการทั้ง 3 คน เป็นครูผู้ควบคุมทีมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีความคุ้นเคยกับการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์สัประยุทธ์ และมีการจัดการโต้วาทีทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจับฉลากบทบาททีมที่จะต้องแสดงบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านและสับเปลี่ยนบทบาทกันจนครบการโต้วาทีทั้ง 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งของการโต้วาที นักเรียนจะต้องสับเปลี่ยนลำดับในการพูด เมื่อนักเรียนได้พูดโต้วาทีครบทั้ง 5 ครั้ง นักเรียนทุกคนจะได้ปฏิบัติหน้าที่ผู้พูดโต้วาทีครบทุกหน้าที่

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่ส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ และความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดในเรื่องการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการโต้วาที โดยที่การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำความรู้มาออกแบบวิธีการกระบวนการที่จะได้มาซึ่งคำตอบของการแก้ปัญหาโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และมีการนำเสนอผล ปรับปรุงแก้ไขจนได้วิธีการที่ดีที่สุดโดยร่วมกับการโต้วาที ซึ่งการโต้วาทีจะเป็นขั้นตอนที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนสามารถแลกเปลี่ยนความรู้และผลการทดลองผ่านการนำเสนออีกทั้งยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งในประเด็นที่สนใจร่วมกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลมีการนำเสนอหลักฐานในการโต้แย้งเพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองและทำให้ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นตกไป ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพประกอบ 1แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีอยู่ในระดับมาก

ในบทคัดย่อ จากขั้นเขียนแค่ว่าได้ขั้นการเรียนรู้มาแล้วได้ 5 ขั้น 5 กิจกรรม

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมLiterature

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ฟิสิกส์สัประยุทธ์
    - 1.1 ความเป็นมาของการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของประเทศไทย
    - 1.2 ลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์
    - 1.3 บทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์
    - 1.4 การคิดคะแนนและแนวทางการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์
    - 1.5 ลักษณะของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์
2. ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
    - 2.1 ความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
    - 2.2 องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
    - 2.3 การวัดและประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
    - 2.4 ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
    - 2.5 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
3. การโต้วาที
    - 3.1 ความหมายของการโต้วาที
    - 3.2 จุดมุ่งหมายของการโต้วาที
    - 3.3 องค์ประกอบของการโต้วาที
4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
    - 4.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
    - 4.2 ขั้นตอนกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรม
5. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
    - 5.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
    - 5.2 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการ
    - 5.3 เทคนิคในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยปฏิบัติการ

6. ความพึงพอใจ

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

6.2 วิธีการวัดและประเมินผลความพึงพอใจ

1. ฟิสิกส์สัประยุทธ์

ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับฟิสิกส์สัประยุทธ์ ใน 4 ประเด็น ได้แก่ 1) ความเป็นมาของการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของประเทศไทย 2) ลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 3) บทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ 4) ลักษณะของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความเป็นมาของการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของประเทศไทย

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ประเทศไทยเริ่มมาจากผู้อำนวยการ ครูโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และ ดร.บุรินทร์ อัศวภิภพ เข้าร่วมการสังเกตการณ์การแข่งขัน IYPT ครั้งที่ 21 ณ ประเทศโครเอเชีย ปี พ.ศ. 2551 ได้มีความสนใจในการรูปแบบการแข่งขัน จึงได้เตรียมความพร้อมทีมประเทศไทยเพื่อเข้าร่วมการแข่งขันในครั้งที่ 22 ดร.บุรินทร์ อัศวภิภพ ได้เสนอกิจกรรมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ต่อ สสวท. ซึ่งได้ร่วมจัดกิจกรรมขึ้นในสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ปี พ.ศ. 2551 ได้ตั้งชื่อกิจกรรมว่า ฟิสิกส์สัประยุทธ์ทัพหน้า และคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ชื่อว่า ฟิสิกส์สัประยุทธ์ทัพหลวง ในงานจุฬาวิชาการ ซึ่งได้รับความสนใจจากครูและนักเรียนอย่างมาก จากการจัดกิจกรรมข้างต้นผู้บริหาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เล็งเห็นว่าการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นกิจกรรมใหม่ที่จะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้สามารถนำความรู้วิชาฟิสิกส์มาตอบคำถามต่อเหตุการณ์ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวได้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เห็นถึงประโยชน์และคุณค่าของกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จึงได้จัดการอบรมครูห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อเตรียมความพร้อมในการทำกิจกรรม ให้ครูมีความพร้อมและมั่นใจในการถ่ายทอดทักษะการะทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน และกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ได้ถูกจัดให้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่จัดสำหรับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในสังกัด สพฐ. โรงเรียนจุฬาภรณ์ฯและโรงเรียนที่เป็นศูนย์ พสวท. เพื่อเป็นตัวแทนโรงเรียนเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศและระดับนานาชาติต่อไป นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี (2555)

จากความเป็นมาของการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ของประเทศไทย สรุปได้ว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) เห็นประโยชน์และคุณค่าของกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่จะต้องอาศัยทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งได้จัดกิจกรรมฟิสิกส์สัประยุทธ์เข้าไปในกิจกรรมของนักเรียนที่เรียนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ) จุฬาภรณ์ฯและโรงเรียนที่เป็นศูนย์โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(พสวท.) เพื่อคัดเลือกตัวแทนเข้าร่วมการแข่งขันในระดับประเทศและนานาชาติ

1.2 ลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นการแข่งขันเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดย (นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี, 2555) ได้กล่าวถึงลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ว่าเป็นการแข่งขันเป็นทีมๆ ละ 3-5 คน ในการแข่งขันจะมีการแข่งขันรอบละ 3 ทีม โดยมีทีมเข้าแข่งขันในปีการศึกษา 2561 ทั้งหมด 33 ทีม แบ่งเป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนในสังกัด สพฐ. จำนวน 9 เครือข่าย ได้แก่ เครือข่ายภาคเหนือตอนบน เครือข่ายภาคเหนือตอนล่าง เครือข่ายภาคอีสานตอนบน เครือข่ายภาคอีสานตอนล่าง เครือข่ายภาคตะวันออก เครือข่ายภาคกลางตอนบน เครือข่ายภาคกลางตอนล่าง เครือข่ายภาคใต้ตอนบน และเครือข่ายภาคใต้ตอนล่าง เครือข่ายละ 3 ทีม โรงเรียนที่สังกัดโรงเรียนจุฬาภรณฯ จำนวน 3 ทีม และโรงเรียนที่เป็นศูนย์โครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(พสวท.) จำนวน 3 ทีม ในการแข่งขันรอบคัดเลือกจะดำเนินการนำคะแนนแต่ละรอบการแข่งขันมารวมกันและจัดอันดับคะแนน โดยทีมที่มีคะแนนรวมสูงสุด 9 อันดับแรกจะได้รับการคัดเลือกเพื่อไปแข่งขันต่อในรอบรองชนะเลิศ และในการแข่งขันรอบชนะเลิศใช้วิธีการคัดเลือกทีมที่ได้คะแนนสูงเป็นอันดับ 1 ของแต่ละห้องแข่งขัน โดยการคิดคะแนนแบบคะแนนที และจึงจัดการแข่งขันรอบชิงชนะเลิศโดยพิจารณาจากคะแนนดิบที่ได้ (โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเครือข่ายภาคกลางตอนบน, 2562, น.18) ซึ่งลักษณะของโจทย์ปัญหาเป็นโจทย์ปัญหาปลายเปิด 17 ข้อ ที่นักเรียนจะต้องทำการทดลองเพื่อหาคำตอบ และลักษณะของคำตอบมีได้หลากหลาย ขึ้นอยู่กับวิธีการในการแก้ปัญหาและการศึกษา โดยนักเรียนจะต้องเริ่มศึกษา สืบค้นข้อมูล ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มาว่ามีความน่าเชื่อถือและถูกต้องมากเพียงใด จากนั้นนักเรียนจะต้องทำการศึกษาตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้อง วางแผน ออกแบบการทดลองและสร้าง

เครื่องมือในการทำการทดลอง เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลและสรุปผล เมื่อนักเรียนแต่ละทีมได้ทำการหาคำตอบของโจทย์ปัญหานักเรียนแต่ละทีมจะเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในแต่ละรอบการแข่งขันจะแบ่งเป็น 3 ยก ในหนึ่งยกการแข่งขันแต่ละทีมจะได้รับบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้าน และฝ่ายวิพากษ์ และสลับเวียนบทบาทกันจนแต่ละทีมทำหน้าที่ครบทั้ง 3 ฝ่าย ซึ่งนักเรียนจะสามารถทำหน้าที่ได้ดีเมื่อนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการทำการทดลองเป็นอย่างดี ทั้งทฤษฎีและการทดลอง เพื่อที่จะสามารถนำไปเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของฝ่ายอื่นในการทำการทดลอง ทฤษฎี และผลการการทดลองที่ฝ่ายอื่นนำเสนอว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร โดยในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์นักเรียนจะต้องอภิปรายและซักค้านซึ่งจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การคิดและอภิปรายอย่างมีเหตุและผลตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

จากลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นการแข่งขันที่มีสถานการณ์ปัญหาให้หาคำตอบหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานในลักษณะโจทย์ปลายเปิด ซึ่งผู้เข้าแข่งขันจะมีเวลาในการเตรียมตัวก่อนการแข่งขันเพื่อทำการทดลองและแก้ปัญหา หาคำตอบของสถานการณ์ที่ให้มา หลังจากนั้นผู้เข้าแข่งขันแต่ละทีมจะมาเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่เป็นการแข่งขันโต้วาทีทางฟิสิกส์ที่มีผู้เข้าแข่งขันแบ่งออกเป็น 3 ทีม ที่มีบทบาทแตกต่างกัน ได้แก่ ฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์ โดยในการแข่งขัน 1 รอบการแข่งขันจะแข่งด้วยกัน 3 ยก ซึ่งผู้เข้าแข่งขันทุกทีมจะได้แสดงบทบาทครบทุกบทบาท

1.3 บทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

ในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์จะเริ่มแข่งขันหลังจากที่นักเรียนแต่ละทีมได้ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบซองโจทย์ปัญหาเสร็จสิ้นตามกำหนดการการแข่งขัน โดย นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี (2556) และโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเครือข่ายภาคกลางตอนบน (2562) ได้กล่าวถึงบทบาทที่แต่ละทีมจะต้องปฏิบัติเป็น 3 ฝ่าย ดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ มีหน้าที่นำเสนอคำตอบของโจทย์ปัญหาที่ได้มาจากการศึกษาโดยแสดงให้เห็นถึงทฤษฎีทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ การออกแบบการทดลอง ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผล ซึ่งในการวิเคราะห์ผลซึ่งต้องแสดงให้เห็นความสอดคล้องของผลการทดลองและทฤษฎีที่นำมาใช้

2. ฝ่ายซักค้าน จะทำหน้าที่หลังจากฝ่ายนำเสนอนำเสนอจบ มีหน้าที่วิจารณ์และตั้งคำถามประเด็นต่าง ๆ ที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอไป และนำอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอถึง ตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องว่าเหมาะสมหรือไม่ ความเป็นไปได้ของผลการทดลอง ความสอดคล้องของผลการทดลองและทฤษฎีที่ฝ่ายนำเสนอมาใช้ แต่ไม่ควรนำเสนอคำตอบของตนเอง

3. ฝ่ายวิพากษ์ จะทำหน้าที่หลังจากฝ่ายค้านนำเสนอจบ มีหน้าที่แนะนำข้อเด่นข้อด้อยในการแสดงบทบาทของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้าน รวมถึงการตั้งคำถามที่สงสัยต่อทั้งสองฝ่ายและกล่าวสรุปประเด็นที่ทั้งสองฝ่ายอภิปราย

จากการศึกษาบทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์พบว่า ในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ แบ่งบทบาทหน้าที่ของผู้เข้าแข่งขันออกเป็น 3 บทบาท คือ ฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ การแสดงบทบาทของในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์จะมี 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอ และฝ่ายซักค้าน เนื่องจากการทำหน้าที่ฝ่ายวิพากษ์เป็นเพียงการกล่าวถึงประเด็นที่ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านได้โต้วาทีกัน จึงไม่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งบทบาทของผู้โต้วาทีเป็นดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ ทำหน้าที่นำเสนอความคิด ทฤษฎี และหลักการที่ได้จากการหาคำตอบของโจทย์ปัญหา โดยอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่พบเห็น แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ นำเสนอเทคนิคการทดลอง การออกแบบการทดลอง ผลการทดลอง และการนำเสนอผลการทดลองให้สอดคล้องกับทฤษฎีที่นำมาใช้

2. ฝ่ายซักค้าน ทำหน้าที่วิจารณ์ประเด็นต่าง ๆ ของการทดลองที่ฝ่ายนำเสนอได้นำเสนอไว้ และมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ฝ่ายนำเสนอนำเสนอไว้โดยใช้คำถามที่ตรวจสอบความเข้าใจในทฤษฎีและหลักการของฝ่ายนำเสนอ

1.4 แนวทางการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ในแต่ละยกการแข่งขัน จะมีการคิดคะแนนการแข่งขันจากการให้คะแนนของกรรมการตามแนวทางการให้คะแนนโดย โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเครือข่ายภาคกลางตอนบน (2562) ได้กล่าวถึงการคิดคะแนนไว้ว่าในแต่ละยกการแข่งขันจะนำคะแนนของแต่ละทีมจากกรมการที่ให้คะแนนน้อยที่สุดและให้คะแนนมากที่สุดมาหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงนำค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้ไปรวมกับ

คะแนนของกรรมการท่านอื่นเพื่อหาเป็นคะแนนของแต่ละทีม จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยของแต่ละทีมไปคูณกับคะแนนตัวคูณ โดยมีการกำหนดคะแนนตัวคูณดังนี้

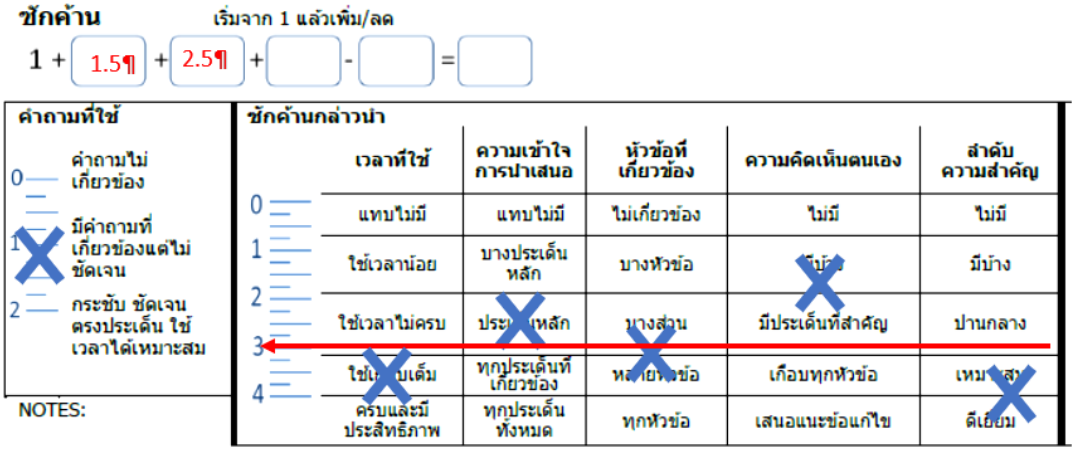
- ฝ่ายนำเสนอ มีคะแนนตัวคูณเป็น 3.0 หรือน้อยกว่าหากมีการปฏิเสธคำท้าโจทย์เป็นครั้งที่ 3 เป็นต้นไป ซึ่งคะแนนตัวคูณจะถูกลดครั้งละ 0.2
- ฝ่ายซักค้าน มีคะแนนตัวคูณเป็น 2.0
- ฝ่ายวิพากษ์ มีคะแนนตัวคูณเป็น 1.0

เมื่อคิดคะแนนผลคูณของคะแนนเฉลี่ยกับคะแนนตัวคูณจะจะได้เป็นคะ แนนที่แต่ละทีมได้ในแต่รอบการแข่งขันประกอบด้วยคะแนนที่ได้จากการทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์รวมกัน

สำหรับแนวทางการให้คะแนนของกรรมการซึ่งกรรมการประกอบด้วย 5 คน เป็นอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิระดับมหาวิทยาลัยจำนวน 2 คน และครูผู้สอนที่ผ่านการอบรมกรรมการการตัดสินการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 3 คน โดย กล่าวถึงแนวทางการให้คะแนนของกรรมการไว้ว่า คะแนนที่ฝ่ายนำเสนอ ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์มีเริ่มต้นเป็น 1 คะแนน ซึ่งกรรมการสามารถเพิ่มหรือลดคะแนนจาก 1 คะแนนโดยแบ่งการให้คะแนนแต่ละฝ่ายดังนี้

- ฝ่ายนำเสนอ แบ่งเป็นการให้คะแนนด้านต่าง ๆ คือ 1.คะแนนด้านการนำเสนอในประเด็น การอธิบายปรากฏการณ์, ทฤษฎี/แบบจำลอง, การทดลองที่เกี่ยวข้อง, เปรียบเทียบทฤษฎีกับผลการทดลอง, ผลงานของตนเอง, บรรลุเป้าหมาย ของโจทย์ 2. คะแนนด้านการอภิปรายกับฝ่ายซักค้านในประเด็นความเห็นเชิงวิทยาศาสตร์, ข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้อง, ประสิทธิภาพ 3.ด้านการตอบคำถามกรรมการ,ฝ่ายซักค้านและฝ่ายวิพากษ์
- ฝ่ายซักค้าน แบ่งเป็นการให้คะแนนด้านต่าง ๆ คือ 1.คะแนนด้านการซักค้านกล่าวนำในประเด็น เวลาที่ใช้, ความเข้าใจการนำเสนอ, หัวข้อที่เกี่ยวข้อง, ความคิดเห็นตนเอง, ลำดับความสำคัญ 2. ด้านการอภิปรายกับฝ่ายนำเสนอในประเด็นความคิดเห็นเชิงวิทยาศาสตร์, หัวข้อที่เกี่ยวข้อง, ความคิดเห็น, ประสิทธิภาพ, ลำดับความลำดับ 3. ด้านการตอบคำถามกรรมการและฝ่ายวิพากษ์
- ฝ่ายวิพากษ์ แบ่งเป็นการให้คะแนนด้านต่าง ๆ คือ 1.ด้านการวิพากษ์ฝ่ายนำเสนอในประเด็นการรายงาน สรุปและความเข้าใจ, อภิปรายวิเคราะห์, ความคิดเห็น, ข้อดีและข้อเสีย, ลำดับความสำคัญ 2. ด้านการวิพากษ์ฝ่ายซักค้านในประเด็นการพูดสรุป, การวิเคราะห์อภิปราย, ความคิดเห็น, ข้อดีและข้อเสีย, ลำดับความสำคัญ

โดยในแต่ละส่วนกรรมการจะต้องกากบาทให้คะแนนในช่องการให้คะแนนที่แต่ละฝ่ายได้แสดงบทบาท จากนั้นจึงลากเส้นแนวโน้มตรงที่ผ่านกากบาทมากที่สุด ซึ่งเส้นที่ถูกลากจะเป็นคะแนนที่ได้ในแต่ละส่วนดังภาพตัวอย่าง



ภาพประกอบ 2 แสดงตัวอย่างการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

ที่มา: โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เครือข่ายภาคกลางตอนบน. (2562)

จากการศึกษาการคิดคะแนนและแนวทางการให้คะแนนการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการคิดคะแนนสามารถคิดได้จากคะแนนที โดยนำคะแนนที่ได้ไปคูณกับตัวคูณของแต่ละฝ่ายคือ ฝ่ายนำเสนอมีคะแนนตัวคูณ 3.0 คะแนน แต่หากมีการปฏิเสธโจทย์ท้าดวลจะต้องโดนหักคะแนนตัวคูณข้อละ 0.2 คะแนน ตั้งแต่มีการปฏิเสธข้อที่ 3 เป็นต้นไป ฝ่ายซักค้านมีคะแนนตัวคูณ 2.0 คะแนน และฝ่ายวิพากษ์มีคะแนนตัวคูณ 1.0 แล้วจึงนำคะแนนที่ผู้เข้าแข่งขันได้จากการแสดงบทบาททั้ง 3 บทบาทมาคิดเป็นคะแนนรวมในแต่ละรอบการแข่งขัน ซึ่งกรรมการมีแนวทางในการให้คะแนนโดยการกากบาทคะแนนลงในช่องที่ผู้เข้าแข่งขันแสดงบทบาทในแต่ละประเด็น แล้วจึงลากเส้นแนวโน้มในแต่ละด้านให้เส้นแนวโน้มผ่านกากบาทมากที่สุด โดยถือคะแนนที่ได้จากการลากเส้นแนวโน้มเป็นคะแนนในแต่ละด้าน แล้วจึงนำคะแนนแต่ละด้านมาคิดเป็นคะแนนรวม

1.4 ลักษณะของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นการแข่งขันที่เป็นโจทย์ปัญหาลักษณะปลายเปิดเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์ ซึ่งนฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี (2553) ได้กล่าวว่าสามารถแบ่งลักษณะโจทย์การแข่งขันออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ 1. การสร้างอุปกรณ์หรือเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ โจทย์

ปัญหาลักษณะนี้ต้องอาศัยความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเป็นหลัก 2. การศึกษาตัวแปรหรือปัจจัยในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โจทย์ปัญหาลักษณะนี้อาศัยการบูรณาการความรู้ในสาขา วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์

โดยตัวอย่างของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในประเภทการสร้างอุปกรณ์หรือเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ เช่น จงสร้างมอเตอร์อย่างง่ายที่ขับเคลื่อนด้วยการปล่อยประจุแบบโคโรน่า และสืบเสาะว่าการหมุนของมอเตอร์ขึ้นกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องอย่างไร พร้อมทั้งพัฒนามอเตอร์ให้หมุนด้วยอัตราเร็วสูงที่สุดต่อด้วยความค่างศักย์คงที่ค่าหนึ่ง และโจทย์ปัญหาประเภทการศึกษาตัวแปรหรือปัจจัยในปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น ติดแม่เหล็กกระดุมที่ปลายทั้งสองของถ่านไฟฉายรูปทรงกระบอก เมื่อวางอุปกรณ์นี้ใส่เข้าไปในขดลวดที่ทำจากทองแดงโดยให้แม่เหล็กสัมผัสกับขดลวด รถไฟ จะเริ่มเคลื่อนที่ จงอธิบายปรากฏการณ์นี้พร้อมทั้งสืบเสาะว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ส่งผลต่ออัตราเร็วและกำลังของรถไฟอย่างไร

จากการศึกษาลักษณะของโจทย์ปัญหาสำหรับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าลักษณะของโจทย์ฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นโจทย์ปัญหา สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นโจทย์ปลายเปิดในรูปแบบของ การสร้างอุปกรณ์หรือเครื่องมือให้มีประสิทธิภาพ โจทย์ลักษณะนี้นักเรียนจะต้องอาศัยทักษะด้านวิศวกรรมในการสร้างอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ และโจทย์ลักษณะของการศึกษาตัวแปรหรือปัจจัยในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โจทย์ปัญหาลักษณะนี้นักเรียนจะต้องนำความรู้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อให้ได้คำตอบของสถานการณ์ที่โจทย์กำหนด

2. ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำเสนอเกี่ยวกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5 ประเด็นได้แก่ 1) ความหมายของความสามารถ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 2) องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 3) การวัดและประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 4) ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5) วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักวิจัยได้ให้ความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้ พรเทพ จัทรราอุกฤษฎ์ (2556) และ Kuhn และ Udell (2003) ได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการที่นำเสนอ ประเมิน ตรวจสอบและปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง ที่เกิดขึ้นจากการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม โดยแต่ละ

กลุ่มจะใช้เหตุผลเพื่อสนับสนุนความคิดของกลุ่มตนเองและซักค้านความคิดเห็นของกลุ่มอื่นให้ตกไป ซึ่งการแสดงความคิดเห็นจะใช้ข้อเท็จจริงจากกฎ ทฤษฎี และหลักฐานที่ได้จากการสืบค้นทดลอง นอกจากนั้น เบอร์แลนด์ และ ไรเซอร์ (Berland และ Reiser, 2009) ยังได้ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการปฏิบัติทางสังคมที่ให้สมาชิกแสดงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ด้วยการสื่อสารผ่านการเรียนรู้ ประเมิน วิจารณ์ และการปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง ซึ่งแซมสันและคราก์ (Sampson และ Clark, 2008) กล่าวว่าความรู้ และข้อสรุปที่ได้สร้างขึ้นนั้นจะต้องสามารถอธิบายหรือคาดการณ์สถานการณ์ที่กำลังร่วมกันวิพากษ์วิจารณ์ได้โดยผ่านการตรวจสอบข้อกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของความเป็นเหตุเป็นผล

จากความหมายดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองที่มีต่อฝ่ายตรงข้าม โดยมีหลักฐานที่ได้จากกฎ ทฤษฎีและการทดลองทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลไปสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูลของตนเอง

2.2 องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักวิจัยได้แบ่งองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ Toulmin (2010) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Toulmin's argument pattern หรือ TAP) มี 6 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปที่ต้องการนำเสนอในการอภิปรายการโต้แย้งซึ่งนำไปสู่การโต้แย้ง

2. ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อมูล หลักฐาน หรือข้อเท็จจริงที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุน ข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้ง

3. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง หลักฐานและเหตุผลที่สามารถเชื่อมโยงข้อกล่างอ้างกับข้อมูล ให้มีความน่าเชื่อถือเป็นเหตุเป็นผลกัน

4. ข้อสนับสนุนเพิ่มเติม (Backing) หมายถึง ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนเหตุผลสนับสนุนให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

5. ข้อโต้แย้งกลับ (Rebuttal) หมายถึง ข้อมูลที่ทำให้ข้อกล่าวอ้างนั้นไม่เป็นจริง

6. เงื่อนไขเสริม (Qualifier) หมายถึง สิ่งที่ระบุว่าข้อมูลหรือหลักฐานที่ทำให้ฝ่ายตรงข้ามเชื่อว่าข้อกล่าวอ้างนั้นว่าเป็นจริง อาจจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับข้อกล่าวอ้าง

ซึ่งองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Toulmin's argument pattern หรือ TAP) มีข้อจำกัดที่ใช้สำหรับนักเรียนเฉพาะบางกลุ่ม จะพบว่าในองค์ประกอบการโต้แย้งยังมีความซ้ำซ้อน คือ ข้อมูล (Data) กับ เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) เป็นการหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเช่นเดียวกัน และ ข้อมูล (Data) กับ ข้อสนับสนุนเพิ่มเติม (Backing) เป็นการหาข้อมูลหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเช่นกัน ทำให้การวิเคราะห์องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถแยกได้ชัดเจน ซึ่งต่อมานักการศึกษาก็ได้ปรับองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากของเดิมขึ้น โดย Lin และ Mintzes (2010) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มี 5 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นหนึ่งๆ

2. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่มีความเป็นเหตุเป็นผล

3. หลักฐานสนับสนุน (Evidence) หมายถึง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและเหตุผลให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4. เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counterargument) หมายถึง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากความคิดของฝ่ายตนเอง

5. เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Supportive argument) หมายถึง การโต้แย้งกับที่ประกอบด้วย ข้อมูล หลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามเพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตาม

จากการศึกษาองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้องค์ประกอบการโต้แย้งของ Lin และ Mintzes (2010) เนื่องจากองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบมีความชัดเจนสามารถแยกประเด็นได้ชัดเจนไม่ซ้ำซ้อนกัน ซึ่งผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims) หมายถึง นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็นซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของนักเรียน

3. การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) หมายถึง นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นมาจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหา อยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นต่างจากตนเอง และสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5.การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive argument) หมายถึง นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวโต้แย้งกลับของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

2.3 การวัดและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ ดังนี้

2.3.1. การวัดทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของ Lin และ Mintzes (2010) ใช้แบบวัดทักษะการโต้แย้ง หรือ Argumentation Skills Questionnaire (ASQ) มีลักษณะเป็นแบบสอบถามชนิดเขียนตอบพร้อมระบุเหตุผลประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับประเด็นที่ใช้ในการอภิปรายการโต้แย้งให้เข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ๆ ก่อน ส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลักษณะปลายเปิด มีคำถามทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อจะวัดองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ

ข้อที่ 1 ประเมินความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผลเป็นคำถามลักษณะ เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย

ข้อที่ 2 ประเมินความสามารถของนักเรียนในการสร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปเป็นคำถามว่าหากฝ่ายตรงข้ามไม่เห็นด้วยกับความคิดของฝ่ายตนเองเหตุผลของข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามคืออะไร

ข้อที่ 3 ประเมินความสามารถของนักเรียนในการโต้แย้งกลับ เป็นคำถามลักษณะว่า หากฝ่ายตรงข้ามไม่เห็นด้วยกับข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตนเองจะโน้มน้าวให้เชื่อมากขึ้นได้อย่างไร

ข้อที่ 4 ประเมินความสามารถในการหาหลักฐานของนักเรียนที่จะนำไปสนับสนุนความคิดเห็นเป็นคำถามลักษณะที่ถามหาหลักฐานที่จะมาสนับสนุนความคิดในข้อที่ 1 และ 3

2.3.2. การสังเกตพฤติกรรม การสังเกตพฤติกรรมเป็นการใช้วิธีการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการเรียนที่เกิดขึ้นจริง ผ่านแบบสังเกตพฤติกรรมเป็นวิธีการที่ใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต เพื่อสังเกตพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในด้านที่ต้องการศึกษา โดยแนวทางการสังเกต แบ่งเป็น การสังเกตพฤติกรรมทางสังคมและการสังเกตพฤติกรรมการทำกิจกรรมและการคิด พฤติกรรมทางสังคมผู้วิจัยสามารถสังเกตได้จากการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม จากความสนใจ การสนทนา อาจสังเกตพฤติกรรมในการฟัง ความมุ่งมั่นในการทำงาน การตั้งคำถาม และการเสนอความคิดเห็น ซึ่งผู้วิจัยจะต้องสังเกตนักเรียนทุกคนและทุกกลุ่ม, พฤติกรรมการทำกิจกรรมและการคิด ผู้วิจัยสามารถประเมินพฤติกรรมการสังเกตได้จากการประเด็นการแก้ปัญหา การทำการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การลงข้อสรุปและการสื่อสารของผู้เรียน (ภัทราพร เกษสังข์, 2559) สิ่งที่จะทำให้การสังเกตพฤติกรรมเป็นไปตามจุดมุ่งหมายได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ แบบบันทึกการสังเกต ภัทราพร เกษสังข์ (2559) กล่าวถึงประเภทของการสังเกตพื้นฐาน 2 ประเภท คือ

1. การสังเกตทางตรง (direct observation) เป็นการสังเกตพฤติกรรมด้วยตนเองผ่านประสาทสัมผัสทางตา ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะ

1.1 การสังเกตแบบมีส่วนร่วม ผู้สังเกตจะเห็นพฤติกรรมทุกพฤติกรรมของผู้เรียนเนื่องจากผู้สังเกตจะเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมหรือสถานการณ์นั้น ๆ

1.2 การสังเกตแบบไม่มีส่วนร่วม ผู้สังเกตจะไม่สามารถเห็นหรือติดตามพฤติกรรมของผู้เรียนได้ทุกพฤติกรรม เนื่องจากผู้สังเกตจะเป็นผู้สังเกตอยู่ภายนอกไม่ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมหรือสถานการณ์นั้นๆ

2. การสังเกตทางอ้อม (indirect observation) เป็นการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนโดยอาศัยเครื่องมือในการสังเกต เช่น การถ่ายภาพ การถ่ายวิดีทัศน์ ซึ่งผู้สังเกตไม่ได้เป็นผู้สังเกตพฤติกรรมนั้นด้วยตนเอง

ในงานวิจัยของ Sampson (2012) ได้กล่าวถึงแบบสังเกตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสังเกตในชั้นเรียนเป็นแบบสังเกตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเป็นหัวข้อในการสังเกต จำนวน 18 ข้อ ในแต่ละข้อกล่าวถึงลักษณะที่จะสังเกตการณ์โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยจัดการให้คะแนนในการสังเกตการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อเป็น 4 ระดับคะแนน ดังนี้ 0 คะแนน คือ ไม่ปรากฏเลย, 1 คะแนน คือ ครั้งเดียว หรือ สองครั้ง, 2

คะแนน คือ เป็นบางครั้ง, 3 คะแนน คือ บ่อยครั้ง เช่น ข้อที่ 1 การสนทนาที่มุ่งเน้นไปการสร้างข้อกล่าวอ้าง การตรวจสอบข้อกล่าวอ้าง หรือคำอธิบาย โดยการเน้นไปที่การสร้างหรือการตรวจสอบข้อกล่าวอ้าง หรือคำอธิบายข้อกล่าวอ้างนั้นหรือการอธิบายที่เป็นประเด็นสำคัญของการร่วมอภิปราย ซึ่งกลุ่มที่มีคะแนนสูงในหัวข้อนี้ต้องแสดงจุดที่เน้นของข้อกล่าวอ้างของตนเองและมีการแสดงถึงความพยายามในการทำความเข้าใจหรือแก้ไขปัญหาในการทำงานให้สำเร็จอย่างรวดเร็ว และกลุ่มที่ไม่เคยมีส่วนร่วมในการโต้แย้งเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างควรได้คะแนนต่ำในหัวข้อนี้

และในงานวิจัยของ Ayşe และ Ahmet (2019) มีขั้นตอนของกระบวนการในการพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 3 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 เป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมายในการพัฒนาข้อกล่าวอ้าง, เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ขั้นตอนที่ 2 เป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมายในการพัฒนาข้อกล่าวอ้างฝ่ายตรงข้าม และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ฝ่ายตรงข้าม และขั้นตอนที่ 3 เป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมายในการสร้างการโต้แย้ง โดยแต่ละขั้นตอนได้มีการใช้แบบสังเกตในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยการขีดรอยขีดตามความถี่ที่เกิดพฤติกรรมนั้น

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นหนึ่งๆ

2. เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่มีความเป็นเหตุเป็นผล

3. หลักฐานสนับสนุน (Evidence) หมายถึง หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและเหตุผลให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

4. เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) หมายถึง ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากความคิดของฝ่ายตนเอง

5. การโต้กลับ หรือการโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตามในข้อกล่าวอ้าง (Supportive Argument) หมายถึง การโต้แย้งกับที่ประกอบด้วย ข้อมูล หลักฐานหรือเหตุผลสนับสนุนข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามเพื่อโน้มน้าวให้ผู้อื่นคล้อยตาม

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือในการเก็บรวบ รวมข้อมูลความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบวัด ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สำหรับประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการสร้างสถานการณ์ให้กับผู้เรียนซึ่งเป็นสถานการณ์

เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์ ส่วนที่สองเป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 องค์ประกอบ ส่วนแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ใช้สำหรับประเมินพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลและกลุ่มระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่ใช้วิธีการบันทึกผลผ่านแบบตรวจสอบรายการพฤติกรรม เพื่อไปวิเคราะห์ต่อไปโดยแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จะวัดพฤติกรรมการโต้แย้งทั้ง 5 องค์ประกอบ

2.4 ระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้จัดระดับทักษะการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ซึ่งพิจารณาตามองค์ประกอบของการโต้แย้งไว้ เช่น Erduren และคนอื่น ๆ (2004)ได้นำรูปแบบการโต้แย้งของทูลมินมาประยุกต์และสร้างเกณฑ์ในการประเมินระดับคุณภาพของการโต้แย้ง ออกเป็น 5 ระดับ ตามความสามารถที่ผู้เรียนปฏิบัติได้ตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ

ระดับ 1 หมายถึง สามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างเพียงอย่างเดียว ไม่มีเหตุผลไปหักล้างข้อกล่าวอ้างอื่น

ระดับ 2 หมายถึง สามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง ข้อมูล การรับรอง หรือมีเหตุผลสนับสนุนแต่ไม่มีเหตุผลไปคัดค้าน

ระดับ 3 หมายถึง สามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง หรือหักล้างข้อกล่าวอ้างตรงข้ามได้โดยมีข้อมูล การรับรอง มีเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างแต่ไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อคัดค้านได้เพียงพอ

ระดับ 4 หมายถึง สามารถสร้างข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างและข้อคัดค้านที่ชัดเจน

ระดับ 5 หมายถึง สามารถร้างข้อโต้แย้งที่ประกอบด้วยข้อมูล และการรับรองที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและมีข้อคัดค้านมากกว่า 1 ข้อคัดค้าน

อีกทั้ง ภาวิณี รัตนคอน (2561) ได้นำงานวิจัยของ Lin และ Mintzes (2010) มาเป็นพื้นฐานของเกณฑ์การประเมินการโต้แย้งโดยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งและแต่ละองค์ประกอบจัดระดับคะแนนเป็น 3 ระดับตามความสามารถที่นักเรียนปฏิบัติได้ คือ

องค์ประกอบที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง แบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 2 บอกข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน, ระดับที่ 1 บอกข้อกล่าวอ้างแต่ไม่ชัดเจน, ระดับที่ 0 ไม่บอกข้อกล่าวอ้าง

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผล แบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 2 ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้มากกว่า 1 ประเด็น, ระดับที่ 1 ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ 1 ประเด็น, ระดับที่ 0 ไม่ให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ 3 การโต้แย้งกลับ แบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 2 โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลสนับสนุนข้อแย้งโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์, ระดับที่ 1 โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้อง แต่มีเหตุผลสนับสนุนข้อแย้งโดย ไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์, ระดับที่ 0 ไม่โต้แย้งกลับหรือโต้แย้งกลับแต่ไม่ถูกต้อง

องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลสนับสนุนเพื่อแย้งกลับ แบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 2 โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผลสนับสนุนข้อแย้งโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์, ระดับที่ 1 โต้แย้งกลับได้อย่างถูกต้อง แต่มีเหตุผลสนับสนุนข้อแย้งโดย ไม่เป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์, ระดับที่ 0 ไม่โต้แย้งกลับหรือโต้แย้งกลับแต่ไม่ถูกต้อง

องค์ประกอบที่ 5 ตัวอย่าง/เหตุการณ์ แบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับที่ 2 ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์สนับสนุนความคิดเห็นที่เป็นข้อเท็จจริง, ระดับที่ 1 ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่สนับสนุนความคิดเห็นแต่ไม่เป็นข้อเท็จจริง, ระดับที่ 0 ไม่ยกตัวอย่างหรือเหตุการณ์ที่สนับสนุนความคิดเห็น

อีกทั้ง พัชราภรณ์ บุณยทรรศนีย์ (2558) ได้ระบุเกณฑ์การจัดระดับความสามารถในการโต้แย้งไว้ 5 ระดับ ตามจำนวนองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่นักเรียนแสดงได้ คือ นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอภิปรายโต้แย้งได้ครบ 5 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 5, นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอภิปรายโต้แย้งได้ 4 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 4, นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอภิปรายโต้แย้งได้ 3 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 3, นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอภิปรายโต้แย้งได้ 2 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 2, นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบของการอภิปรายโต้แย้งได้ 1 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 1

ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดระดับความสามารถในการโต้แย้งของ ภาวิณี รัตนคอน (2561) เนื่องจากเป็นการจัดระดับความสามารถของผู้เรียนที่ปฏิบัติได้ในแต่ละองค์ประกอบและครอบคลุมทั้ง 5 องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยสนับสนุนการให้จำนวนเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีจำนวนของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างคือ องค์ประกอบที่ 1การระบุข้อกล่าวอ้าง, องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง, องค์ประกอบที่ 3การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง, องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้ง

ฝ่ายตรงข้าม, องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ แต่ละองค์ประกอบแบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับ เช่น

องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโย้งกลับ ในประเด็นการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองโดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลอง แบ่งคะแนนเป็น 4 ระดับ คือ

ระดับคะแนน 4 มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองโดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลอง

ระดับคะแนน 3 มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่ไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง

ระดับคะแนน 2 มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่มีหลักฐานจากผลการทดลอง

ระดับคะแนน 1 มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองและไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง

ผนวกกับการจัดระดับความสามารถในการโต้แย้งของพัชราภรณ์ บุณยทรรศนีย์ (2558) ที่จะช่วยสนับสนุนการให้จำนวนการแสดงออกตามองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 4 ระดับ คือ ระดับ 4 นักเรียนมีการแสดงความสามารถองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ 5 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 4, ระดับ 1 นักเรียนมีการแสดงความสามารถองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ 1 หรือ 2 องค์ประกอบ อยู่ในระดับ 1

2.5 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักวิชาการและนักวิจัยได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

2.5.1 รูปแบบการสร้างข้อโต้แย้งที่พัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Sampson, Grooms, และ Walker (2010) รูปแบบการสร้างข้อโต้แย้งที่พัฒนาความเข้าใจในเชิงลึกของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เน้นพัฒนาการให้เหตุผลที่มีความซับซ้อนและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนการเรียนการสอนทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังนี้ (Enderle, Grooms, และ Sampson, 2012)

1. การระบุภาระงาน ปัญหา และ คำถาม (Problem Identification and question) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือ ข้อจำกัดของ

สถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาในขั้นตอนนี้ครูจะกระตุ้นความสนใจนักเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย และเกิดคำถามในปัญหาที่กำลังศึกษานั้น โดยครูเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหาที่จะใช้ในการโต้แย้ง พร้อมทั้งชี้แจงขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้งให้กับนักเรียนผ่านการทำภาระงาน ซึ่งนักเรียนจะต้องร่วมกันออกแบบการทดลอง และในขั้นนี้ควรมีเอกสาร ที่นำมาทำให้นักเรียนประกอบเป็นข้อมูล ทางทฤษฎีหรือกฎต่าง ๆ ที่สามารถพัฒนาการโต้แย้งของนักเรียน

2. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Generation a tentative argument) เป็นขั้นตอนที่สนับสนุนให้นักเรียนให้ความสำคัญกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะต้องมีการสนับสนุนข้อสรุปของคำถามเป็นการสร้างข้อโต้แย้งจากข้อสรุปที่ได้จากหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลที่นักเรียนสร้างขึ้นจากปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ประกอบด้วย 1. ข้อสรุป คือ คำตอบของคำถามจากปัญหาที่กำหนดให้ โดยได้จากการผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ 2. หลักฐาน เป็นข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลองเพื่อนำไปใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยหลักฐานจะเป็นตัวสนับสนุนข้อสรุป และหลักฐานที่จะสนับสนุนข้อสรุปนั้นได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหา อยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟ แสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ 3. การให้เหตุผลเป็นการนำข้อมูลที่ใช้เชื่อมโยงข้อสรุปและหลักฐานมาอธิบายโดยขั้นการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวจะต้องมีหลักฐานที่เพียงพอเพื่อนำไปสนับสนุนการให้เหตุผล ในขั้นตอนนี้ครูอาจจะให้คำแนะนำหรือใช้คำถามเพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนไม่ได้ศึกษานอกปัจจัยที่กำลังทำการศึกษาอยู่

3. กิจกรรมการโต้แย้ง (Interactive poster session) ครูจัดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้มีกิจกรรมการโต้แย้งกันระหว่างกลุ่ม โดยมีการกำหนดประเด็นในการโต้แย้ง และใจความสำคัญของการแย้งนักเรียนแต่ละกลุ่มมีการนำเสนอข้อโต้แย้งแล้วก็มีการแสดงความคิดเห็นจากนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ด้วย โดยการโต้แย้งนี้จะอยู่ภายใต้เกณฑ์ในการประเมินวิทยาศาสตร์ มีการยืนยันการให้เหตุผลและมีหลักฐานมารองรับ

4. การเขียนสิ่งที่ได้เรียน (Write to learn) ครูสรุปการอภิปรายโดยครูชี้แนะนักเรียนในประเด็นสำคัญ วิธีการในการได้มาซึ่งหลักฐานและเหตุผลเพื่อนำมารองรับข้อโต้แย้งเพื่อเชื่อมโยงไปหาข้อสรุปและนักเรียนร่วมกันอภิปรายข้อโต้แย้งอีกครั้ง ด้วยหลักฐาน การให้เหตุผลของข้อสรุปทั้งหมดและครูเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้เขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

2.5.2 การโต้วาที เป็นการฝึกทักษะการโต้แย้งและเป็นการถกประเด็นร่วมกันที่ทำให้เข้าใจมุมมองของผู้อื่นเพราะการถกเถียงกันเป็นการฝึกให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นกัน

อย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการนำหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเองและเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองได้ และยังเป็นการยอบรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ในงานวิจัยของ Simonneaux (2010) เปรียบเทียบการโต้แย้งของนักเรียนด้วยวิธีการโต้วาทีกับการแสดงบทบาทสมมุติพบว่า ผลการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนปฏิบัติได้เช่นเดียวกันแต่แตกต่างกันที่การกล่าวการโต้แย้งกันซึ่งการโต้วาทีจะทำให้นักเรียนกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นเหตุเป็นผลมากกว่า เนื่องจากวิธีการโต้วาทีนั้นจะไม่มีครูมาคอยชี้แนะในการกระบวนการการโต้วาที

2.5.3. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่นำความรู้ในชั้นเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยการลงมือปฏิบัติจากกิจกรรม (Museum of science, 2007) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ได้คำตอบของปัญหา Museum of science (2007) ก็ยังได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมว่าเป็นการส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้แก่ การระบุปัญหา วิธีการแก้ปัญหา ตลอดจนการประเมินผลเพื่อที่จะใช้สำหรับการตัดสินใจได้

จากการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการออกแบบวิศวกรรมซึ่งบุรีรัตน์ สือพัฒธิมา (2558) ได้กล่าวถึงปัญหาที่พบในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่านักเรียนไม่มีความรู้ในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ขาดความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องโดยการที่นักเรียนจะมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีนั้น นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับประเด็นนั้นได้ดีด้วย โดยการจัดการเรียนรู้นักเรียนควรได้รับการอำนวยความสะดวกในการหาหลักฐานที่มากขึ้นและหลากหลายซึ่งจะทำให้นักเรียนมีมุมมองในประเด็นนั้นกว้างขึ้น อีกทั้ง Means และ Voss (1996) ได้กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก็ต้องอาศัยหลักฐานที่เป็นเชิงประจักษ์ และเหตุผลมาสนับสนุนความคิดด้วย ซึ่งจะต้องมีการนำทฤษฎีมารองรับข้อสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อมูลให้น่าเชื่อถือและข้อมูลนั้นสามารถพิสูจน์ได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Toulmin, 2010) สอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (The Next Generation Science Standards, 2013) ที่ได้กล่าวว่าหลักฐานที่หามาได้จะไปส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในวิธีการในการสร้างองค์ความรู้ที่จะได้มาซึ่งหลักฐาน และเหตุผลในการไปสนับสนุนความคิดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนวิเคราะห์เงื่อนไขหรือ

ข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนควรมีความรู้ที่เป็นพื้นฐานในประเด็นที่กำลังแก้ปัญหาและควรได้รับการฝึกให้มีการหาหลักฐานด้วยกระบวนการที่หลากหลายเพื่อให้มีมุมมองที่กว้างขึ้นในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้ด้วยการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการแสดงความคิดและการสนทนากันของนักเรียน ซึ่งการโต้วาทีเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยอย่างมีเหตุและผล

3. การโต้วาที

การศึกษาเกี่ยวกับการโต้วาทีผู้วิจัยมีประเด็นที่จะนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของการโต้วาที 2) จุดมุ่งหมายของการโต้วาที 3) องค์ประกอบของการโต้วาที แต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความหมายของการโต้วาที

ฉัตรวรุณ ตันนะรัตน์ (2519) ได้ให้ความหมายของการโต้วาทีไว้ว่า การโต้วาทีเป็นการใช้คำพูดที่นำมาโต้แย้งกัน โดยผู้พูดจะต้องใช้วาทศิลป์ที่ดีและมีเหตุผล เพื่อทำให้เหตุผลของอีกฝ่ายโดนล้มไปและทำให้เหตุผลของตนเองน่าเชื่อถือ โดยมีการอภิปรายการโต้แย้งกันด้วยเหตุผลเพื่อตัดสินว่า จะรับหลักการนั้นหรือไม่ ซึ่งผู้พูดจะต้องมีการกล่าวค้านความคิดเห็นของกันและกัน เพื่อให้ความคิดเห็นของตนเองถูกต้องและความคิดเห็นของอีกฝ่ายโดนคัดค้านและถูกล้มไป ซึ่งการโต้วาทีเป็นการพูดที่คน 2 คน หรือมากกว่า 2 คน มีจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ สนับสนุนประเด็นและไม่เห็นด้วยกับประเด็น ที่เป็นข้อโต้แย้งกันโดยการเสนอแนวคิดและอภิปรายแนวคิดของตนเอง (วีระ ไทยพานิช, 2551) นอกจากนี้ ในการโต้วาทีผู้พูดจะต้องพูดจูงใจให้ผู้ฟังเชื่อและเห็นด้วยกับความคิดเห็น เหตุผลของฝ่ายตนเองด้วย (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552)

จากความหมายข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การโต้วาที หมายถึง การที่ผู้พูด 2 คน หรือมากกว่า 2 คน มาร่วมกันอภิปราย โดยการโต้แย้งกันถึงแนวคิดโดยใช้วาทศิลป์จูงใจให้ผู้ฟังเชื่อถือในแนวคิดของฝ่ายตนเองและไม่เชื่อในความคิดเห็นของฝ่ายตรงข้าม ซึ่งการพูดโต้วาทีกันจะต้องโต้แย้งกันด้วยเหตุผล ข้อเท็จจริงให้เห็นว่าความคิดเห็นของตนเองนั้นถูกต้อง และกล่าวค้านความคิดเห็นของฝ่ายตรงข้ามได้

3.2 จุดมุ่งหมายของการโต้วาที

ฉัตรวรุณ ตันนะรัตน์ (2519) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้โดยการโต้วาทีเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักการพูดเพื่อเสนอข้อคิดเห็นของตนเองที่มีเหตุผล อยู่ภายใต้ข้อเท็จจริง พร้อมทั้งการรู้จักคัดค้านโต้แย้งข้อคิดเห็นของผู้อื่นโดยไม่ใช้อารมณ์แต่ขึ้นอยู่กับการใช้เหตุผล โดยก่อนที่ผู้พูดจะเชื่ออะไรจะต้องรู้จักใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลในการตัดสินใจเชื่อหรือไม่เชื่อ อีกทั้งมุ่งให้ผู้พูดพูดเพื่อชัดจูงใจให้ผู้ฟังเชื่อและคล้อยตามกับความคิดเห็นของตนเอง ลักษณา สตะเวทิน (2537) กล่าวว่า การโต้วาทียังมุ่งฝึกให้ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นซึ่งทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆขึ้น และ การโต้วาทียังฝึกการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหามากกว่าการใช้อารมณ์ โดยผู้พูดจะพูดอย่างมีเหตุผล ทำให้รู้จักการค้นคว้าหาความรู้ เพื่อนำไปสนับสนุนเหตุผลให้การโต้แย้งมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยในขณะที่มีการพูดการโต้แย้งเป็นการฝึกให้ผู้พูดมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและพูดให้โน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของผู้พูด (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552)

จากข้อความข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปจุดมุ่งหมายของการโต้วาทีได้ว่า การโต้วาทีเป็นฝึกให้ผู้พูด พูดอย่างมีเหตุผล โดยพูดโน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของตนเองที่ขึ้นอยู่บนหลักของเหตุผล และพูดหักล้างความคิดเห็นของผู้อื่นว่าไม่ถูกต้องอย่างมีเหตุผล อีกทั้ง เป็นการฝึกปฏิภาณไหวพริบของผู้พูดที่มีในขณะโต้วาทีเป็นฝึกการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ฝึกการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นเพื่อเปิดมุมมอง ความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ

3.3 องค์ประกอบของการโต้วาที

การโต้วาทีจะสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ โดยนักการศึกษาฉัตรวรุณ ตันนะรัตน์ (2519) และลักษณา สตะเวทิน (2537) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการโต้วาทีที่ประกอบด้วยญัตติ ผู้โต้วาที และ ขบวนการโต้วาทีไว้ว่า

1. ญัตติ เป็นข้อเสนอหรือปัญหาที่นำมาสู่การแสดงความคิดเห็นที่สามารถโต้แย้งในเรื่องเดียวกันได้ โดยการเลือกญัตติจะต้องมีความหมาย เป็นประโยชน์และเป็นญัตติที่ฝ่ายค้านสามารถค้านได้อย่างมีเหตุผล

2. ผู้โต้วาที ผู้โต้วาทีแบ่งเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอ และฝ่ายซักค้าน โดยฝ่ายนำเสนอประกอบด้วย หัวหน้าฝ่ายนำเสนอเป็นผู้เสนอความคิดเห็นและผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอไม่เกิน 4 คน ฝ่ายซักค้านประกอบด้วย หัวหน้าฝ่ายซักค้านทำหน้าที่พูดลำดับถัดจากหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ โดยเป็นการพูดลักษณะโต้แย้งแนวคิดของฝ่ายนำเสนอและผู้สนับสนุนฝ่ายซักค้านไม่เกิน 4 คน และก่อนการโต้วาทีของทั้งสองฝ่ายจะมี ประธานในการโต้วาทีที่เป็นผู้แนะนำผู้โต้วาทีทั้งสองฝ่าย และเป็นผู้ชี้แจ้งญัตติที่จะโต้วาทีกัน

3. กระบวนการโต้วาที ในการจัดการโต้วาทีแบ่งผู้โต้วาทีเป็น 2 ฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้าน โดยจะมีประธานเป็นผู้กล่าวเชิญโต้วาทีแล้วผู้โต้วาทีจะขึ้นพูดโต้วาที ทีละคนตามลำดับ ซึ่งประธานจะเป็นผู้คอยควบคุมเวลา การโต้วาทีจะยึดหลัก การปฏิบัติในการโต้วาทีตามลำดับ ดังนี้

1. หัวหน้าฝ่ายนำเสนอ เป็นผู้กล่าวเสนอญัตติในการโต้วาที โดยกล่าวถึงนิยาม ความหมายของญัตติด้วยเหตุผลเพื่อสนับสนุนญัตตินั้น เพื่อให้การพูดโต้วาทีอยู่ในขอบเขตที่จะโต้วาที มีการยกตัวอย่าง เสนอความคิดเห็นที่เป็นข้อเท็จจริงมาเพื่อพิสูจน์แล้วจึงกล่าวสรุปประเด็นสำคัญ

2. หัวหน้าฝ่ายค้าน เป็นผู้พูดหลังจากที่หัวหน้าฝ่ายนำเสนอพูดจบ การพูดจะเป็นการพูดโดยใช้เหตุผลและข้อเท็จจริงมาพิสูจน์โดยชี้ให้เห็นว่าความคิดเห็นของฝ่ายนำเสนอมีข้อบกพร่อง และหักล้างความคิดเห็นของฝ่ายนำเสนอว่าไม่ถูกต้องและฝ่ายค้านเสนอความคิดเห็นของฝ่ายตนเองแล้วจึงกล่าวสรุปประเด็นสำคัญ

3. ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ เป็นผู้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลเพิ่มเติม และโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ ของคู่โต้วาทีทีละประเด็นอย่างมีวาทศิลป์และไหวพริบในการพูดแล้วจึงกล่าวสรุปประเด็นสำคัญ

4. ผู้สนับสนุนฝ่ายค้าน หาเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านด้วยเหตุผล และพูดโต้แย้งข้อเสนอประเด็นต่าง ๆ ของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอโดยการใช้หลักฐาน สถิติ ข้อเท็จจริงมายืนยันข้อโต้แย้งแล้วจึงกล่าวสรุปประเด็นสำคัญ

เมื่อเสร็จสิ้นการโต้วาที หัวหน้าฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านจะเป็นผู้กล่าวสรุปอีกครั้งโดย หัวหน้าฝ่ายค้านเป็นผู้พูดสรุปก่อนเพื่อเปิดโอกาสให้ฝ่ายค้านได้แสดงความสามารถในการหาเหตุผลมาโต้แย้งเพื่อหักล้างความคิดเห็นและแก้ความคิดเห็นของญัตตินั้น ๆ

จากข้อความข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบของการโต้วาทีได้ว่า ในการจัดการโต้วาทีแบ่งผู้โต้วาทีออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้าน โดยแต่ละฝ่ายประกอบไปด้วย หัวหน้าฝ่าย ผู้สนับสนุนหัวหน้าฝ่าย โดยลำดับในการพูด คือ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอเป็นผู้พูดเพื่อเปิดประเด็นในการโต้วาทีและมีหัวหน้าฝ่ายค้านเป็นผู้พูดเพื่อโต้แย้งหักล้างประเด็นความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอว่าไม่เป็นไปสถานการณ์หรือเงื่อนไขของปัญหาที่ตั้งขึ้น พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงข้อดีของฝ่ายตนเอง เมื่อหัวหน้าฝ่ายค้านพูดจบผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอเป็นผู้พูดโดยมีเหตุผลเพิ่มเติมมาสนับสนุนประเด็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอให้น่าเชื่อถือมากขึ้นพร้อมทั้งพูดโต้แย้งความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านโดยการยกเหตุผล ตัวอย่างประกอบ จากนั้นผู้สนับสนุน

ฝ่ายค้านเป็นผู้พูดหักล้างประเด็นของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอและพูดเพื่อสนับสนุนหัวหน้าฝ่ายซักค้านโดยใช้หลักฐาน และเหตุผลเพิ่มเติม โดยเมื่อจบบทบาทหน้าที่ของผู้โต้วาทีแต่ละคน แล้วผู้โต้วาทีจะต้องสรุปประเด็นที่ตนเองพูด เมื่อจบการโต้วาทีหัวหน้าฝ่ายค้านจะเป็นผู้กล่าวแก้และค้านประเด็นของญัตติที่โต้อีกครั้งและหัวหน้าฝ่ายนำเสนอพูดสรุปเป็นลำดับสุดท้าย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้องค์ประกอบของการโต้วาที โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้าน แต่ละฝ่ายประกอบด้วยหัวหน้าฝ่าย 1 คน ผู้สนับสนุนฝ่าย ฝ่ายละ 4 คน เพื่อทำหน้าที่ในการโต้วาที ที่ผู้พูดแต่ละฝ่ายทำหน้าที่ในการโต้วาทีตามลำดับดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ

1.1 ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายนำเสนอ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอเป็นผู้กล่าวเสนอข้อกล่าวอ้างในการโต้วาที โดยกล่าวถึงนิยาม ความหมาย ความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาข้อมูลของข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

1.2 ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายนำเสนอ ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ คนที่ 1-4 เป็นผู้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลเพิ่มเติม แสดงหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ และโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ ของหัวหน้าฝ่ายค้านโดยใช้หลักฐานเพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามและให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น

1.3 ผู้พูดลำดับสุดท้ายของฝ่ายนำเสนอ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พูดสรุปข้อกล่าวอีกครั้ง และสามารถแก้ประเด็นข้อโต้แย้งของฝ่ายค้านให้ฝ่ายของตนเองมีความน่าเชื่อได้ แต่ถ้าข้อโต้แย้งมีข้อผิดพลาดก็ดำเนินการแก้ไข ตามข้อเสนอแนะเพื่อ การพัฒนาต่อไป เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงแนวคิดและกระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ข้อสรุป

2.ฝ่ายค้าน

2.1 ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายค้าน หัวหน้าฝ่ายค้าน ทำหน้าที่แสดงให้เห็นถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลที่สนับสนุนการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างนั้น

2.2 ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายค้าน ผู้สนับสนุนฝ่ายค้าน คนที่ 1-4 ทำหน้าที่หาเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านด้วยเหตุผล และพูดโต้แย้งข้อเสนอประเด็นต่าง ๆ ของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ โดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายค้านพร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งฝ่ายนำเสนออย่างเป็นเหตุเป็นผลและมีการให้หลักฐานในการ

สนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้นและให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอตกไป

2.3 ผู้พูดลำดับสุดท้ายของฝ่ายค้าน หัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปประเด็นสำคัญและโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลและหลักฐานที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อยืนยันแนวคิด ข้อกล่าวอ้างของตน

โดยลำดับในการพูดโต้วาทีเริ่มต้นด้วยผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายนำเสนอ, ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายค้าน และตามด้วยผู้พูดลำดับถัดไปของฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านโดยสลับหน้าที่กันไปมีการจัดการโต้วาทีทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจับฉลากบทบาททีมที่จะต้องแสดงบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านและสับเปลี่ยนบทบาทกันจนครบการโต้วาทีทั้ง 5 ครั้ง ในแต่ละครั้งของการโต้วาที นักเรียนจะต้องสับเปลี่ยนลำดับในการพูด เมื่อนักเรียนได้พูดโต้วาทีครบทั้ง 5 ครั้ง นักเรียนทุกคนจะได้ปฏิบัติหน้าที่ผู้พูดโต้วาทีครบทุกหน้าที่

4. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

นักเรียนจะแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีนอกเหนือจากวิธีการจัดการโต้วาทีให้ผู้เรียนได้แสดงออกทางความคิดและพูดโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผลแล้ว หากได้รับการส่งเสริมด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีหลักฐานในการสนับสนุนในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ผู้วิจัยนำเสนอเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 3 ประเด็นได้แก่ 1) ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 2) ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4.1 ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ ได้ให้ความหมายของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมว่าเป็นการหาคำตอบของการแก้ปัญหาที่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นมา ซึ่งการแก้ปัญหาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ทำการทดลองหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ชิ้นงานเป็นไปตามเป้าหมายและสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในชีวิตประจำวันได้ (Museum of science, 2007; science Buddies, 2002) อีกทั้ง วรรณา รุ่งลักษมีศรี (2551) ได้กล่าวว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ใช้หาคำตอบให้ได้มาซึ่งประโยชน์ที่จะต้องอาศัยความรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากข้อความข้างต้นที่นักการศึกษาได้ให้ความหมายของกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้น เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือการบูรณาการความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีมาผสมผสานกับกระบวนทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมนำความรู้มาออกแบบวิธีการ กระบวนการเพื่อพัฒนาทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีซึ่งจะได้มาซึ่งความรู้เพื่อไปตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้

4.2 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

การจัดการเรียนการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะมีประสิทธิภาพได้นั้นขึ้นกับ ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเช่นกันโดยมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้ดังนี้

นักการศึกษาของพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of science, 2007) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตั้งคำถาม (Ask) เป็นขั้นของการระบุปัญหา ค้นหาปัญหา มีวิธีการใดที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหา ได้รวมถึงข้อจำกัดของปัญหานั้น และการสร้างจินตนาการ

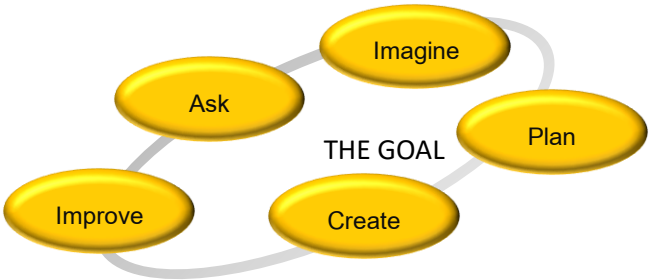
2. การสร้างจินตนาการ (Imagine) เป็นขั้นการสร้างแนวคิดและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดเพื่อระบุวิธีการในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

3. การวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนการลงมือปฏิบัติ ที่ระบุถึงเครื่องมือที่จะใช้ กระบวนการ ขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง

4. การสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Create) ที่ปฏิบัติตามการวางแผนที่ได้ออกแบบไว้ โดยนำดำเนินการสร้างชิ้นงานเมื่อได้เป็นชิ้นงานจึงนำไปสู่การแก้ปัญหา

5. การปรับปรุงและพัฒนา (Improve) เป็นขั้นการตรวจสอบ พิจารณาชิ้นงานว่าชิ้นงานมีคุณภาพเช่นไรและสามารถพัฒนาปรับปรุงชิ้นงานให้ดีกว่าเดิมได้อย่างไร และทำการตรวจสอบชิ้นงานนั้นหลังจากปรับปรุงอีกครั้ง

ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไข ได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด



ภาพประกอบ 3 วงจรขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ Museum of Science, *Boston* (ที่มา : http//www.eie.org/)

นักการศึกษา The Works Museum (1995) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นการระบุปัญหา (what's the problem?) เป็นขั้นที่กล่าวถึงปัญหาที่มี โดยระบุเกี่ยวกับสิ่งที่อยากรู้ ข้อจำกัดของปัญหา และแก้ปัญหานั้นได้อย่างไร

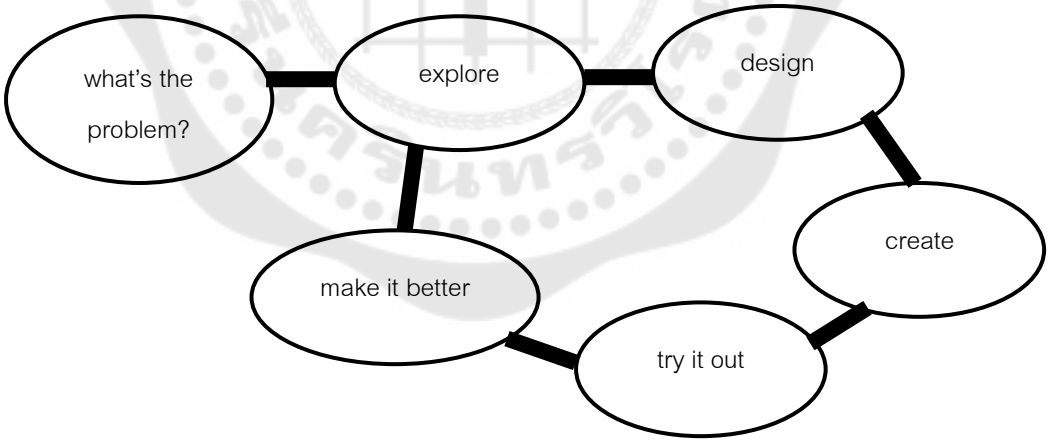
2. ขั้นการค้นคว้า (explore) เป็นขั้นที่ศึกษาค้นคว้าข้อมูล วิธีการ วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการนำไปใช้แก้ปัญหา

3. ขั้นการออกแบบ (design) เป็นการเลือกวิธีการแก้ปัญหาและวางแผนการดำเนินงานโดยใช้แผนภาพหรือแบบจำลองให้เข้าใจมากขึ้น

4. ขั้นการสร้างสรรค์ (create) เป็นขั้นที่ดำเนินการทำงานตามแผนการทำงานที่ออกแบบไว้และดำเนินการสร้างชิ้นงาน

5. ขั้นการทดลองใช้ (try it out) เป็นขั้นทดสอบชิ้นงานที่ได้สร้างสรรค์ขึ้นเพื่อหาประสิทธิภาพและคุณภาพของชิ้นงานเพื่อปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากขึ้น

6. ขั้นปรับปรุงแก้ไข (make it better) เป็นขั้นที่ปรับปรุงชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากที่สุด



ภาพประกอบ 4 วงจรขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของ *The Works Museum (1995)*

อีกทั้งสมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association; ITEEA) (International Technology and Engineering Educators Association (ITTEA), 2007) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงาน หรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการรู้เทคโนโลยี

(Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย

1. การกำหนดปัญหา (Identifying the problem) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมอง และการดำเนินการวิจัย เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การเลือกแนวคิด ที่สามารถแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และมีความเหมาะสม

2. การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง และต้นแบบเพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหา

3. การปฏิบัติงาน (Making the item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา

4. การประเมินผล (Evaluating it) เป็นการประเมินชิ้นงานถึงการแก้ปัญหาเพื่อปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้นได้หรือไม่ และดำเนินการแก้ปัญหาชิ้นงาน และการนำเสนอผล (Presenting the results) เป็นการนำเสนอชิ้นงาน แนวคิดและการแก้ปัญหาในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

นอกจากนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2560) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการออกออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาสถานการณ์โดยการตั้งคำถามเกี่ยวกับมีอะไรเกี่ยวข้องกับปัญหา ความต้องการของปัญหา ปัญหาเกิดขึ้นเมื่อใด เกิดขึ้นที่ไหน ทำไมจึงเกิดปัญหานั้นและแนวทางการแก้ปัญหาทำได้ด้วยวิธีใดบ้าง

2. การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการหาวิธีการ กระบวนการในการแก้ปัญหาโดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์ สรุป เพื่อให้ได้เป็นวิธีการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานขึ้น

3. การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นการออกแบบการสร้างชิ้นงาน ซึ่งใช้ข้อมูลจากการรวบรวบข้อมูลออกแบบผ่านการสร้างแผนภาพ การร่างภาพ หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิดในการแก้ปัญหาให้เข้าใจง่ายขึ้น

4. การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (planning and Development) เป็นขั้นที่ลำดับขั้นตอน วิธีการในการสร้างชิ้นงานและดำเนินการสร้างชิ้นงาน พัฒนาชิ้นงานเพื่อนำไปทดสอบ ประเมินผลต่อไป

5. การทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการตรวจสอบ ทดสอบการทำงานหรือการใช้งานของชิ้นงานที่สร้างขึ้น ว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ ตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไข สามารถกลับไปออกแบบวิธีการในการสร้างชิ้นงานใหม่ได้หากชิ้นงานไม่เป็นไปตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยการเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (presentation) เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับแนวคิดวิธีการสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหา

จากแนวคิดเกี่ยวของขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักการศึกษาข้างต้น ขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความคล้ายคลึงกัน คือ

การตั้งคำถาม (ask) เป็นขั้นของการระบุ, อภิปรายเกี่ยวปัญหาที่เกิดขึ้น และมีระบุเกี่ยวกับความต้องการในการแก้ปัญหาและข้อจำกัดของปัญหาที่จะแก้ไข

การรวบรวมข้อมูล (research) เป็นขั้นการหาข้อมูลเพิ่มเติมในการแก้ปัญหา เพื่อหาวิธีการในการแก้ปัญหาจากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

การสร้างจินตนาการ (imagine) เป็นขั้นการระบุแนวทางการแก้ปัญหาและระบุวิธีการในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและเหมาะสม

การวางแผน (plan) เป็นการวางการดำเนินงานที่ระบุถึงเครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในแผนการดำเนินงาน และมีการวางแผนผ่านการออกแบบ สร้างแบบจำลองขึ้น

การสร้างสรรค์ชิ้นงาน(create) เป็นขั้นที่ดำเนินงานตามแผนการดำเนินงานที่วางไว้โดยสร้างชิ้นงานขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์

การทดสอบ ตรวจสอบ (test) เป็นการตรวจสอบ ทดสอบชิ้นงานที่ได้สร้างขึ้นว่ามีประสิทธิภาพเพียงใดและมีข้อบกพร่องอย่างไร

การประเมินผล (evaluation) เป็นขั้นการทดสอบประสิทธิภาพ คุณภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้นเพื่อนำผลการทดสอบกลับไปปรับปรุงการแก้ปัญหา

การปรับปรุงและพัฒนา (improve) เป็นขั้นปรับปรุง พัฒนาชิ้นงานที่สร้างขึ้นให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมให้ชิ้นงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

การนำเสนอ (presentation) เป็นการนำเสนอถึงชิ้นงาน กระบวนการ วิธีการและแนวคิดในการแก้ปัญหา

จากการระบุขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักการศึกษาข้างต้นมีความแตกต่างและคล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมได้ดังตาราง 1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้รับการเสนอโดยนักการศึกษา

ตาราง 1 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้รับการเสนอโดยนักการศึกษา

นักการศึกษา	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม									
	การตั้งคำถาม	การสร้างสรรค์ชิ้นงาน	การทดสอบ/ปรับปรุงชิ้นงาน	ข้อกำหนดเงื่อนไข	การวางแผน	การสร้างและใช้แบบจำลอง	การทดสอบ	การปรับปรุงและพัฒนา	การนำเสนอ
Museum of Science (2007)	/		/		/	/		/	
The Works Museum (1995)	/	/	/			/	/	/	
ITEEA (2014)	/		/			/	/		
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551)	/	/			/	/	/	/	/	/

จากข้อความข้างต้นที่หน่วยงานทางการศึกษาได้เสนอกระบวนการการออกแบบเชิงวิศวกรรมนั้นเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือ การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์เทคโนโลยีมาผสมผสานกับกระบวนทางเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ซึ่งจะได้มาซึ่งความรู้เพื่อไปตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งจะพบว่า องค์ประกอบการตั้งคำถาม การสร้างสรรค์ชิ้นงาน การปรับปรุงและพัฒนา เป็นองค์ประกอบที่หน่วยงานทางการศึกษาได้กล่าวไว้เป็นองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และบางองค์ประกอบของขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีการแยกย่อยออกจากกันซึ่งสามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวกันได้ โดยสถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556) ได้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกันคือ การวางแผนและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ทั้งสององค์ประกอบ เป็นการวางแผนการลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์ชิ้นงาน ที่ระบุถึงเครื่องมือที่จะใช้ กระบวนการ ขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยหลังจากวางแผนการสร้างสรรค์ชิ้นงานแล้วก็จะลงมือสร้างชิ้นงานให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ซึ่ง 2 องค์ประกอบนี้สามารถจัดร่วมเป็นองค์ประกอบเดียวกันได้เนื่องจาก การสร้างชิ้นงานที่ดีควรมีการวางแผนอย่างมีลำดับขึ้นตอน และองค์ประกอบการทดสอบ, การประเมินผล, การปรับปรุงและพัฒนา สามารถรวมเป็นองค์ประกอบเดียวกันได้ คือ เป็นการพิจารณาคุณภาพชิ้นงาน และหากชิ้นงานมีการปรับปรุงพัฒนาก็จะต้องอาศัยการทดสอบ ประเมินผลอีกครั้ง ซึ่งทั้ง 3 องค์ประกอบนี้ต่างเกิดขึ้นต่อเนื่องกันซึ่งทำให้มีความชัดเจนขึ้น นอกจากนี้International Technology and Engineering Educators Association (ITTEA) (2007) ได้ใช้องค์ประกอบการนำเสนอ (presentation) ที่แทรกอยู่ในขั้นตอนการประเมินผลซึ่งทำอาจทำให้เกิดการทับซ้อนในขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งตรงกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งเป็นองค์ประกอบการนำเสนอ เผยแพร่ ชิ้นงาน และแนวคิดในการแก้ปัญหาชิ้นงาน รวมถึงการเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนาชิ้นงานให้กับผู้อื่นได้นำไปใช้ ในชีวิตประจำวันได้ โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้คือ ในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยให้นักเรียนสามารถหาหลักฐานเพื่อไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและ มีหลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้จาก การระบุปัญหาที่ทำให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างได้ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดในการแก้ปัญหา การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาการวางแผนการดำเนินการแก้ปัญหาซึ่งจะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมซึ่งเป็นประสบการณ์ที่เกิดขึ้นแก่นักเรียน สามารถนำไปเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าว ข้อโต้แย้งได้ รวมทั้งการทดสอบ ประเมินผลที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับข้อบกพร่องจากการแก้ปัญหา ซึ่งล้วนเป็นการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมก็ยังส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไม่ครบทุกองค์ประกอบ ซึ่งการโต้วาทีจะส่งเสริมให้นักเรียนมีสามารถโต้แย้งถึงความคิดของตนเองและฝ่ายตรงข้าม ให้ผู้อื่นเชื่อในแนวคิดของตนเองและหักล้างความคิดเห็นของผู้อื่นโดยขึ้นอยู่บนหลักของเหตุและผล ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้จัดขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมออกเป็น 7 ขั้นตอน โดยมีขั้นตอนการโต้วาทีเพิ่มเติมจากทีนักการศึกษาได้กล่าวไว้ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ปัญหา ความต้องการและแนวทางการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธีจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธี ดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือก

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ ปัญหา ที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพการอธิบาย เป็นต้น โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, evaluation and design improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ

แต่เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพียง 6 ขั้นตอนนี้ ยังไม่มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการแสดงออกทางความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ในการพูดแสดงความคิดและโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อและยอมรับในข้อกล่าวอ้างของตนเองอย่างเป็นเหตุเป็นผล จะมีเพียงการพัฒนาการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ เพื่อนำไปสู่หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำการโต้วาทีเข้ามาเป็นการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 7 ดังนี้

7. การโต้วาที การพูดโต้วาทีแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้าน โดยการพูดโต้วาทีจะเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ฝ่ายนำเสนอได้กล่าวอ้างถึง ซึ่งแต่ละฝ่ายประกอบด้วยหัวหน้าฝ่าย 1 คน ผู้สนับสนุนฝ่าย ฝ่ายละ 4 คน เพื่อทำหน้าที่ในการโต้วาที

5. การวิจัยปฏิบัติการ

การศึกษาเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยมีประเด็นที่จะนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 2) กระบวนการวิจัยปฏิบัติการ 3) เทคนิคในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยปฏิบัติการแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

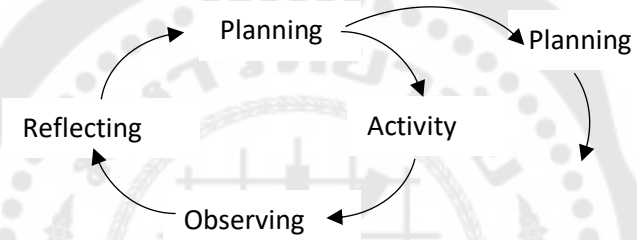
นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการที่ผู้ปฏิบัติงานร่วมกันศึกษาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาและมีแนวทางในการแก้ปัญหาในชั้นเรียน และนำผลการแก้ปัญหานั้นไปแก้ไขปรับปรุงให้การการจัดกาเรียนการสอน หรือส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดีขึ้น (ประวิต เอราวรรณ์, 2545) โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการนำไปทดลองปฏิบัติจริง สังเกตและสะท้อนถึงผลที่ได้จากการดำเนินการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องจนสำเร็จ(ภัทราพร เกษสังข์, 2559; สุวิมล ว่องวาณิช, 2560)

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือกระบวนการที่ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบ เพื่อแก้ไขปัญหาในชั้นเรียน โดยการทดลองปฏิบัติจริง พร้อมทั้งสังเกตและมีการสะท้อนผลจากการปฏิบัติแล้วนำไปพัฒนาเป็นวงจรต่อเนื่องจนสำเร็จ

5.2 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการ

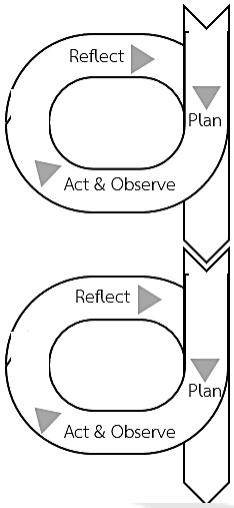
นักการศึกษาได้กล่าวถึงกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้หลากหลาย ดังนี้ กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคอร์ท เลวินอ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์ (2559) ได้กล่าวถึงกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการมีลักษณะเป็นลำดับแบบบันไดเวียน ประกอบด้วยการวางแผน (planning)

การดำเนินการสร้างแบบแผน วิธีการในการปฏิบัติการตามที่ต้องการให้เกิดขึ้น, การปฏิบัติ (activity) ขั้นที่นำแบบแผนที่วางไว้ไปปฏิบัติ, การสังเกต (observing) เป็นการสังเกตการดำเนินการที่ต่อเนื่องให้คลอบคลุมประเด็นที่สนใจ และเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลที่เกิดขึ้นการดำเนินการปฏิบัติ, การสะท้อน (reflect) เป็นการแสดงว่าจากกระบวนการ ปัญหา วิธีการที่ได้จากการปฏิบัติมีอะไรเกิดขึ้นบ้างเพื่อปรับปรุงแก้ไขในการปฏิบัติงานในครั้งต่อไป กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคอร์ท เลวิน แสดงดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคอร์ท เลวิน

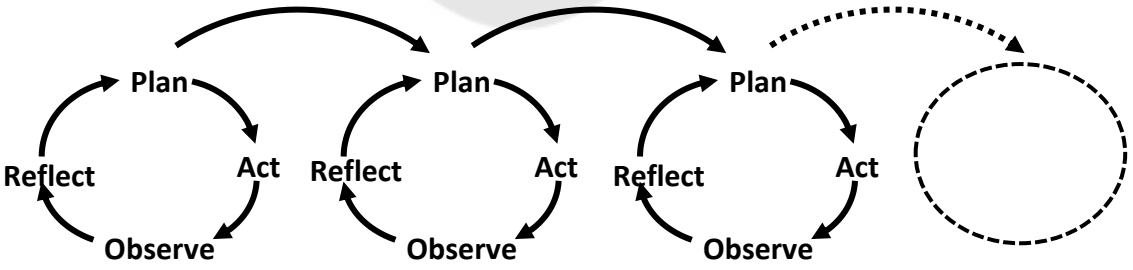
กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคมมิสและแมกเทกการ์ต (Kemmis & McTagart) (1998 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, 2559) ได้พัฒนาวงจรของเคอร์ท เลวิน โดยมี 3 ขั้นตอน และใช้การพัฒนาต่อเนื่องเป็นเกลียวสว่านคล้ายกับของเคอร์ท เลวินที่เป็นบันไดเวียน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1. วางแผน (plan) เป็นการวางแผนเพื่อนำไปปฏิบัติอย่างมีเหตุมีผลและปรับปรุงให้ดีขึ้น 2.การปฏิบัติและสังเกต (Act and observe) เป็นการลงมือปฏิบัติ ตามแผนและมีการเก็บรวบรวมบันทึกข้อมูลถึงผลของการปฏิบัติเพื่อเป็นข้อมูลหลายๆแง่มุม 3. การสะท้อนผล (reflection) เป็นการสะท้อนรูปแบบกระบวนการที่ปฏิบัติ โดยการอภิปรายร่วมกันเพื่อนำไปปรับปรุงแผนการปฏิบัติงานในขั้นต่อไป ซึ่งจะดำเนินการด้วยขั้นตอนข้างต้นไปเรื่อย ๆ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของของเคมมิสและแมกเทกการ์ต

ที่มา:ภัทราพร เกษสังข์. (2559).

และกระบวนการวิจัยปฏิบัติการของสุวิมล ว่องวาณิช (2560) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการวิจัยปฏิบัติไว้ 4 ขั้นตอน คือ 1.การวางแผน (planning) โดยทำการวางแผนหลังจากที่ได้วิเคราะห์ปัญหาที่จะแก้ไขแล้วเพื่อดำเนินการปฏิบัติการแก้ปัญหานั้นได้2. การปฏิบัติตามแผนที่กำหนด (act) จะเป็นการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้3.การสังเกต (observing) เป็นการสังเกตผลที่ได้จากการปฏิบัติการเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการสะท้อนการแก้ปัญหา 4. การสะท้อน (reflect) เป็นวิพากษ์วิจารณ์ถึงผลที่ได้เพื่อสะท้อนผลของการปฏิบัติงาน ตรวจสอบ ประเมินผลของการปฏิบัติงานและนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงในวงจรการปฏิบัติงานวงจรต่อๆไป โดยเรียกวงจรนี้ว่าวงจร PAOR กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของสุวิมล ว่องวาณิชแสดงดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 กระบวนการวิจัยปฏิบัติการของสุวิมล ว่องวาณิช

จากข้างต้นผู้วิจัยสามารถเลือกใช้รูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการของสุวิมล ว่องวาณิช เนื่องจากเป็นรูปแบบวงจรวิจัยของสุวิมล ว่องวาณิชเป็นกระบวนการวิจัยปฏิบัติการที่

คล้ายคลึงกับรูปแบบกระบวนการวิจัยปฏิบัติการของเคอร์ท เลวิน ที่หมุนเวียนเป็นวัฏจักรซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการวางแผน การปฏิบัติตามแบบแผนที่วางไว้ สังเกตผลจากการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ แต่ในขั้นของการสะท้อนถึงผลของการปฏิบัติของสุวิมล ว่องวาณิชได้มีการตรวจสอบและประเมินไปในขั้นตอนการสะท้อนซึ่งสามารถครอบคลุมการวิจัยปฏิบัติได้ละเอียดมากขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลที่จะนำไปปรับปรุงในการปฏิบัติการในวงจรต่อไปได้

5.3 เทคนิคในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยปฏิบัติการ

เทคนิคที่ใช้ในวิจัยปฏิบัติการมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของข้อมูลโดย สุวิมล ว่องวาณิช (2560) ได้กล่าวถึงเทคนิคการเก็บข้อมูลไว้ดังนี้ 1) ข้อสอบแบบเขียนตอบ เป็นการวัดความสามารถของผู้เรียน โดยวัดจุดประสงค์ เนื้อหาที่นักเรียนเรียนในหลักสูตร 2) การบันทึกเหตุการณ์ เป็นการบันทึกเกี่ยวกับสิ่งที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนและสิ่งที่เกิดขึ้นในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน 3) แบบสอบถาม/แบบสำรวจ เป็นการเก็บข้อมูลตามข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้สึก ความคิดเห็น ความต้องการ 4) การสัมภาษณ์ เก็บข้อมูลโดยการถามปากเปล่า เพื่อสำรวจความคิด ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นที่ศึกษาซึ่งจะได้ข้อมูลเชิงลึก 5) การสังเกต เป็นการเก็บข้อมูลโดยการบรรยายถึงสิ่งที่สังเกตเห็นจากสิ่งที่ผู้สังเกตกำหนดไว้ซึ่งจะได้ข้อมูลเชิงลึกแต่ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์และตีความหมายของข้อมูล นอกจากนี้แล้ว ภัทราพร เกษสังข์ (2559) ยังได้กล่าวถึง เทคนิคแผนที่ความคิด ซึ่งเป็นวิธีการเก็บข้อมูลในการรวบรวมความคิดที่หลากหลายที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลให้เห็นภาพได้ง่ายขึ้น, เทคนิคการใช้การ์ด เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำให้มีโอกาสแสดงความคิดโดยไม่มีแรงกดดันโดยเท่าเทียมกัน

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยเลือกใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยปฏิบัติการด้วยข้อสอบแบบเขียนตอบ เนื่องจากสามารถตรวจสอบความรู้ความสามารถของผู้เรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ได้และแบบสังเกตเป็นวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกมาตามประเด็นที่ต้องการสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในเชิงลึกได้

6. ความพึงพอใจ

การศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจ ผู้วิจัยมีประเด็นที่จะนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของความพึงพอใจ 2) วิธีการวัดและประเมินผลความพึงพอใจ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ดังนี้ สุรางค์ โค้วตระกูล (2556) ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่มีต่อสิ่งที่เป็นองค์ประกอบของด้านอื่นๆ ต่องานหรือการได้รับการตอบสนองความต้องการของตนเอง จิตตินันท์ นันทไพบูลย์ (2551) ได้กล่าวอีกว่าความพึงพอใจเป็นระดับความรู้สึกในทางบวกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่บุคคลได้ประเมินจากประสบการณ์โดยความรู้สึกนั้นจะทำให้บุคคลกระทำตามเป้าหมายที่บุคคลมีได้อย่างลุล่วงและตามความมุ่งหมาย มนต์ชัย เทียนทอง (2548) รวมถึง Good (1973) กล่าวถึงว่าเป็นสิ่งที่เป็นผลมาจากความสนใจของบุคคล และทัศนะที่มีต่อสิ่งที่สนใจนั้น

จากการข้อความข้างต้นผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของความพึงพอใจได้ดังนี้ ความพึงพอใจหมายถึง ความรู้สึกที่บุคคลมีต่อสิ่งที่บุคคลนั้นสนใจ จนเกิดเป็นความรู้สึกด้านบวกและทัศนคติที่ดีต่อสิ่งที่กำลังสนใจซึ่งจะเป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้บุคคลสามารถปฏิบัติได้ตามความมุ่งหมายและสำเร็จ

6.2 วิธีการวัดและประเมินผลความพึงพอใจ

นักการศึกษาได้กล่าวถึงวิธีการในการวัดความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ที่มีหลากหลายวิธีดังนี้ บุญเรียง ขจรศิลป์ (2543), ได้กล่าวถึงวิธีการที่จะใช้วัดความพึงพอใจที่จะใช้วัดทัศนคติได้ครอบคลุมทุกเรื่อง ดังนี้ 1.การใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดความพึงพอใจที่มีคำตอบให้เลือกตอบหรือตอบแบบปลายเปิดเพื่อทราบความคิดเห็นของผู้ตอบ โดยคำถามจะเป็นคำถามที่ถามเกี่ยวกับความพอใจในด้านต่าง ๆ และนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาข้อสรุป 2.การสัมภาษณ์เป็นการวัดความพึงพอใจทางตรงซึ่งต้องใช้เทคนิคและวิธีการในการถามเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง 3. การสังเกต อาจได้จากการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายจากการพูด ท่าทาง วิธีการสังเกตจะต้องใช้เวลาในการสังเกตที่มากและละเอียด ซึ่งการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบสอบถามโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการ ว่าเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ เป็นต้น ซึ่งจะต้องดูว่าตัวแปรที่สนใจจะศึกษานั้นมีอะไรบ้างที่เกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว และ คำถามเกี่ยวกับคุณลักษณะ หรือตัวแปรที่จะวัด

2. การกำหนดรูปแบบของคำถาม มี 2 ลักษณะคือ คำถามปลายเปิด (Open Ended Question) เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างเต็มที่ เป็นคำตอบที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงและ คำถามปลายปิด (Close Ended Question) เป็นคำถามที่ผู้วิจัยมีแนวคำตอบไว้ให้เลือกผู้ตอบเลือกตอบจากคำตอบที่กำหนดไว้เท่านั้น คำถามปลายปิดมีวิธีการเขียน

ได้หลาย ๆ แบบ เช่น แบบให้เลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง แบบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แบบผู้ตอบจำกัดความสำคัญ หรือแบบให้เลือกคำตอบหลายคำตอบ

3. สร้างแบบสอบถามฉบับร่างโดยร่างตามโครงสร้างของเนื้อหาของแบบสอบถามจากขั้นที่ 1 และ ตามรูปแบบที่ต้องการสร้างตามขั้นที่ 2 โดยต้องมีจุดมุ่งหมายที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยว่าต้องการจะถามอะไรบ้าง เพื่อไม่ให้ถามออกนอกประเด็น ควรตั้งคำถามให้ครอบคลุมเรื่องที่จะวัด โดยมีจำนวนข้อคำถามที่พอเหมาะไม่มากหรือน้อยเกินไป และเรียงลำดับให้ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ควรแบ่งตามพฤติกรรมย่อย ๆ ซึ่งลักษณะของข้อความที่ดีไม่ควรยาวเกินไป ข้อความควรเข้าใจง่าย ชัดเจน ผู้ตอบแต่ละคนเข้าใจความหมายตรงกัน

4. ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรงของข้อคำถาม แล้วนำขอเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำไปทดลองใช้และปรับปรุง

ในการวัดและประเมินผลความพึงพอใจ รณชัย คงสกนธ์ (2549) ได้กล่าวถึง อัตราการให้คะแนนในการวัดความพึงพอใจโดยแยกเป็น

1.มาตรวัดของ Likert เป็นการวัดที่แบ่งระดับความคิดเห็น

2. มาตรวัดแบบคำพูด เป็นการใช้คำพูดในการให้คะแนนความพึงพอใจ

3. มาตรวัด SIMALTO เป็นการเปรียบเทียบในลักษณะคำพูดในการบรรยาย

4. มาตรวัดแบบตัวเลข เป็นการให้คะแนนเต็ม 5 เต็ม 10 ฯลฯ

5.มาตราวัดแบบไม่ยกระดับ เป็นการแบ่งคะแนนออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน

และสาโรจน์ ไสยสมบัติ (2534) ได้กล่าวว่าการวัดความพึงใจสามารถทำได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมาก

2. การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการที่อาศัยประสบการณ์ของผู้สัมภาษณ์ที่จูงใจให้ผู้ให้สัมภาษณ์ตอบคำถามด้วยความจริง

3. การสังเกต เป็นวิธีการสังเกตพฤติกรรมก่อนทำกิจกรรม ขณะทำกิจกรรม และหลังการทำกิจกรรม

โดยสรชัย พิศาลบุตร (2549) ได้กล่าวถึงระดับความพึงพอใจ กรณีที่วัดความพึงพอใจ 5 ระดับ คือ

ระดับความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย	ความหมาย
ระดับ 1	1.00-1.80	พอใจน้อยที่สุด

ระดับ 2	1.81-2.60	พอใจน้อย
ระดับ 3	2.61-3.40	พอใจปานกลาง
ระดับ 4	3.41-4.20	พอใจมาก
ระดับ 5	4.21-5.00	พอใจมากที่สุด

กรณีที่วัดระดับความพึงพอใจ 3 ระดับ คือ

ระดับความพึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย	ความหมาย
ระดับ 1	1.00-1.66	ไม่พอใจ
ระดับ 2	1.67-2.33	ไม่แน่ใจ
ระดับ 3	2.34-3.00	พอใจ

ดังนั้นจากศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวัดความพึงพอใจข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการวัดความพึงพอใจด้วยวิธีการใช้แบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเนื่องจากเป็นวิธีการที่สามารถทราบถึงความคิดเห็นของกลุ่มที่ศึกษาและวิธีการดังกล่าวเป็นที่นิยมซึ่งสอดคล้องกับ บุญชม ศรีสะอาด (2545) และ อุทุมพร จามรมาน (2544) ที่ได้กล่าวถึงการใช้แบบสอบถาม โดยขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม , หลักของการสร้างคำถาม ข้อคำถามควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย การใช้ภาษาจะต้องเข้าใจง่าย ไม่กำกวม ข้อคำถามไม่ควรมีจำนวนมากเกินไป หลีกเลี่ยงคำถามที่ทำให้การเลือกตอบไม่ชัดเจนและการสร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ โครงสร้างของแบบสอบถามประกอบด้วย คำชี้แจ้ง คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวและคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่จะวัดโดยประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการที่จะวัดได้แก่ ประเด็นของผู้สอน, ประเด็นการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที, ประเด็นของสื่อการจัดการเรียนรู้ และการวัดระดับความพึงพอใจที่นิยมใช้มักใช้เป็นจำนวนคี่ คือ 3 ระดับ 5 ระดับและลักษณะที่ใช้วัดนิยมวัดแบบใช้แบบสอบถามทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและจุดประสงค์ของการวัดความพึงพอใจที่มีต่อรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้วิจัยเลือกการประเมินความพึงพอใจที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีแบบใช้แบบสอบถามที่มีลักษณะมาตรวัดแบบตัวเลขและใช้ระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อยและน้อยที่สุด

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

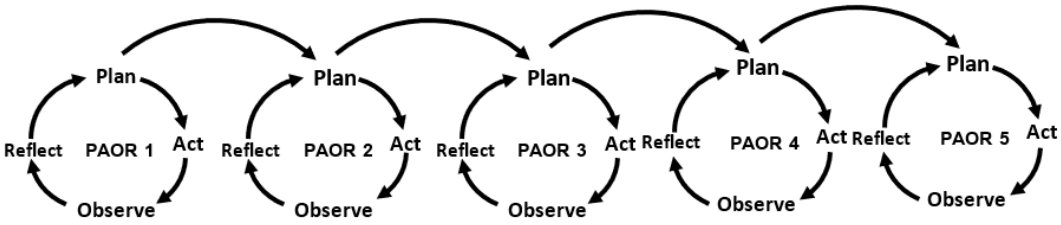
1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยเลือกเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2562 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจงโดยนักเรียนที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยฝึกซ้อมนักเรียนเพื่อเตรียมตัวไปเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่เป็นการแข่งขันการโต้วาทีทางฟิสิกส์ที่แบ่งผู้เข้าแข่งขันเป็น 2 ฝ่าย คือ ฝ่ายนำเสนอ และฝ่ายซักค้าน

2. แบบแผนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สอน ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของสุวิมล ว่องวาณิช (2560) ที่ดำเนินการตามวงจร PAOR จำนวน 5 รอบแล้วดูพัฒนาการของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการโต้วาทีของนักเรียน



ภาพประกอบ 8 วงจร PAOR จำนวน 5 รอบ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

PAOR 1 หมายถึง การดำเนินการวงจร PAOR แผนการจัดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ

PAOR 2 หมายถึง การดำเนินการวงจร PAOR แผนการจัดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ชาม saxon

PAOR 3 หมายถึง การดำเนินการวงจร PAOR แผนการจัดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล

PAOR 4 หมายถึง การดำเนินการวงจร PAOR แผนการจัดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า

PAOR 5 หมายถึง การดำเนินการวงจร PAOR แผนการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง

Plan	หมายถึง	การวางแผน
Act	หมายถึง	การปฏิบัติการ
Observe	หมายถึง	การสังเกต
Reflect	หมายถึง	การสะท้อนผล

ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นเป็นวงจรต่อเนื่องโดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ขั้นการวางแผน (plan) โดยปัญหาของผู้วิจัยคือ ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ผู้วิจัยจึงศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยได้ออกแบบและเขียนแผนการจัดกิจกรรมทั้งหมด 5 แผน ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ, แผนการจัดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ชาม saxon, แผนการจัดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล, แผนการจัดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า, แผนการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง

ตาราง 2 ตารางแสดงแผนการจัดกิจกรรม

วงจรที่	ชื่อแผนการจัดกิจกรรม	ปัญหา	เวลาที่ใช้สอน
1	ปืนสุญญากาศ	ในช่วงสถานการณ์ที่บ้านเมืองมีความไม่สงบเกิดขึ้น ทำให้ต้องรู้จักการป้องกันตัว มาริโอคิดจะประดิษฐ์เครื่องมือในการป้องกันตัว ชื่อว่า ปืนสุญญากาศ โดยปืนชนิดนี้ จะสามารถทำงานได้เมื่อนำท่อพลาสติกมาทำเป็นกระบอกปืน และใช้เครื่องดูดฝุ่นมาดูดอากาศภายในท่อพลาสติกออกโดยขณะที่ดูดอากาศออก จะต้องมีการปิดปลายปากท่อพลาสติกทั้งสองด้านไว้ เมื่อใส่กระสุนเข้าไปในท่อจะทำให้กระสุนสามารถพุ่งออกจากปากกระบอกท่อพลาสติกด้วยความเร็วค่าหนึ่งได้ ขอให้นักเรียนช่วยกันสร้างปืนสุญญากาศขึ้นและทำให้กระสุนที่ออกจากปืนสุญญากาศมีความเร็วมากที่สุดพร้อมทั้งอธิบายถึงกลไกการทำงานของปืนสุญญากาศนี้เพื่อที่จะช่วยกันปกป้องตัวเองจากเหตุการณ์ความไม่สงบนี้ และนำความรู้ไปเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้ทราบ	4 ชั่วโมง
2	ชาม Saxon	ในการแข่งขันไก่ชนกรรมการนำวิธีการจับเวลาของชาว Saxon มาใช้ในการจับเวลาการแข่งขัน โดยใช้กะลามีรูจับเวลาการแข่งขัน แต่พบว่าเมื่อมาแข่งในนัดชิงวันถัดไปกะลาใบเดิมก็ได้หายไป จึงได้นำกะลาใบใหม่มาแทนแต่ทำให้เวลาที่จับในแต่ละรอบการแข่งขันไม่เท่ากัน หนูดีสังเกตเห็นว่าหากเรานำชามที่มีรูไปวางบนผิวน้ำชามก็จะสามารถจมลงในน้ำได้หนูดีจึงได้ทำการทดลองเพื่อสืบเสาะหาปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาในการจมของชามที่ใช้จับเวลาโดยหนูดีตั้งชื่อชามชนิดว่า ชาม saxon เมื่อหนูดีทำการทดลองดังกล่าวจึงได้นำความรู้ไปเผยแพร่ให้กรรมการในการเลือกใช้วัสดุในการจับเวลาโดยยังคงเลือกใช้วิธีการจับเวลาของชาว saxon	4 ชั่วโมง

ตาราง 2 (ต่อ)

วงจรที่	ชื่อแผนการจัดกิจกรรม	ปัญหา	เวลาที่ใช้สอน
3	กรวยและบอล	หนูดีได้ไปดูมายากลที่นักมายากลโชว์การทำให้ลูกบอลขนาดเล็กที่อยู่ในกรวยลักษณะคว่ำปากกรวยลงสู่พื้นเมื่อเป่าอากาศผ่านกรวย ลูกบอลจะยกตัวลอยขึ้นได้และไม่ตกลงสู่พื้น หนูดีมีความสนใจในการโชว์มายากลชุดนี้ว่าเหตุใดทำให้ลูกบอลไม่ตกลงสู่พื้นตามแรงโมถ่วงของโลก หนูดีจึงทำการทดลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นี้และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ขึ้น	4 ชั่วโมง
4	ลายเส้นนำไฟฟ้า	หนูเล็กแอบนำการบ้านวิชาศิลปะมาวาดลายเส้นดินสอเป็นรูปลวดลายต่าง ๆ ในวิชาฟิสิกส์ คาบไฟฟ้า ทันใดนั้นเพื่อนของหนูเล็กคิดอยากจะแกล้งหนูเล็กเลยนำหลอดไฟ LED ไปจิ้มบนลวดลายที่หนูเล็กวาดขึ้นมา พบว่าหลอดไฟ LED เกิดความสว่างเกิดขึ้น นั้นอาจหมายความเส้นที่วาดด้วยดินสอบนกระดาษสามารถนำไฟฟ้าได้ หนูเล็กและเพื่อนๆจึงช่วยกันสืบเสาะลักษณะเฉพาะของลายเส้นดินสอนี้	4 ชั่วโมง
5	แกว่งท่อเสียง	หนูนิดเห็นท่อพลาสติกลูกฟูก สายงวง)ช้างวางอยู่ที่บริเวณ (ในครัวหนูนิดจึงนำมาเหวี่ยงให้ท่อพลาสติกลูกฟูกหมุนซึ่งจะสามารถกำเนิดเสียงได้หนูนิดตกใจกับเสียงที่เกิดขึ้นจนหนูดนิดสงสัยว่าเสียงเหล่านี้เกิดขึ้นได้อย่างไร เนื่องจากหนูนิดเคยนำท่อพลาสติกแบบเรียบมาเหวี่ยงหมุนกลับให้เสียงที่เบามากและเสียงก็แตกต่างกัน หนูนิดจึงศึกษาลักษณะเฉพาะของเสียงที่เกิดขึ้นจากการเหวี่ยงหมุนแบบต่างๆ พร้อมทั้งได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งส่งผลต่อเสียงนั้น	4 ชั่วโมง

นอกจากนี้ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน

และหลังเรียนเมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ด้วย กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีทั้ง 5 กิจกรรม โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จำนวน 2 ชุด โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประเมินก่อนเรียนเรื่อง หลอดดูดน้ำอัดลม และประเมินหลังเรียนเรื่อง น้ำพุร้อน ที่เป็นแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบคู่ขนาน มีข้อคำถามปลายเปิด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของสถานการณ์ ตอนที่ 2 ข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และ สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการโต้วาทีการโต้วาที

2. ขั้นการปฏิบัติ (action) ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลอดดูดน้ำอัดลมในการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที จากนั้นผู้วิจัยกำหนดกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ทั้งหมด 20 ชั่วโมง จำนวน 5 แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ แผนกิจกรรมการเรียนรู้ละ 1 วงจร (4 ชั่วโมง) โดยการดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเป็นไปตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการนำเสนอประเด็นปัญหาสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยโจทย์ปัญหาการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยครูเป็นผู้เสนอประเด็นปัญหาและให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อเป็นการทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการและแนวทางการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยวิธีการแก้ ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธีจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการ ในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธีดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่างๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ

7. ขั้นการโต้วาทีมีการจัดการโต้วาทีทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจับฉลากบทบาทที่นักเรียนจะต้องแสดงบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ฝ่ายนำเสนอได้กล่าวอ้างถึง ในแต่ละครั้งของการโต้วาทีนักเรียนจะต้องสับเปลี่ยนลำดับในการพูด เมื่อนักเรียนได้พูดโต้วาทีครบทั้ง 5 ครั้ง นักเรียนทุกคนจะได้ปฏิบัติหน้าที่ผู้พูดโต้วาทีครบทุกหน้าที่โดยใช้เวลาในการพูดโต้วาทีทั้งสิ้น 40 นาที ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดนำเสนอข้อกล่าวอ้าง ใช้เวลา 5 นาที, ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านฝ่ายละ 4 คน พูดสลับกันตามลำดับคนละ 3 นาทีหัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปการโต้วาที คนละ 3 นาที มีลำดับการพูดย่อยๆ ดังนี้

1. ฝ่ายนำเสนอ

1.1 ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายนำเสนอ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอเป็นผู้กล่าวเสนอข้อกล่าวอ้างในการโต้วาที โดยกล่าวถึงนิยาม ความหมาย ความคิดเห็นที่ได้จากการศึกษาข้อมูลของกล่าวข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

1.2 ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายนำเสนอ ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ คนที่ 1-4 เป็นผู้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลเพิ่มเติม แสดง

หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ และโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ ของหัวหน้าฝ่ายค้านโดยใช้หลักฐานเพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามและให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น

1.3 ผู้พูดลำดับสุดท้ายของฝ่ายนำเสนอ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พูดสรุปข้อกล่าวอีกครั้ง และสามารถแก้ประเด็นข้อโต้แย้งของฝ่ายค้านให้ฝ่ายของตนเองมีความน่าเชื่อได้ แต่ถ้าข้อโต้แย้งมีข้อผิดพลาดก็ดำเนินการแก้ไข ตามข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นถึงแนวคิดและกระบวนการสร้างชิ้นงานเพื่อให้ได้ข้อสรุป

2.ฝ่ายค้าน

2.1 ผู้พูดลำดับที่ 1 ของฝ่ายค้าน หัวหน้าฝ่ายค้าน ทำหน้าที่แสดงให้เห็นถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลที่สนับสนุนการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างนั้น

2.2 ผู้พูดลำดับที่ 2 ของฝ่ายค้าน ผู้สนับสนุนฝ่ายค้าน คนที่ 1-4 ทำหน้าที่หาเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านด้วยเหตุผล และพูดโต้แย้งข้อเสนอประเด็นต่าง ๆ ของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ โดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายค้านพร้อมทั้งให้เหตุผลในการโต้แย้งฝ่ายนำเสนออย่างเป็นเหตุเป็นผลและมีการให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้นและให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอตกไป

2.3 ผู้พูดลำดับสุดท้ายของฝ่ายค้าน หัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปประเด็นสำคัญและโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลและหลักฐานที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหาอีกครั้งเพื่อยืนยันแนวคิด ข้อกล่าวอ้างของตน

3. ขั้นการสังเกต (observation) ผู้วิจัยและครูผู้ควบคุมทีมฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 3 คนที่มีความคุ้นเคยกับการแก้ปัญหาโจทย์ฟิสิกส์สัประยุทธ์ สังเกตพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนโดยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสังเกตความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้

4. ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflection) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการสังเกตมาประเมินตรวจสอบกระบวนการการแก้ปัญหา โดยผ่านกระบวนการวิพากษ์ และอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาร่วมกับผู้เกี่ยวข้องเพื่อประเมินและหาแนวทางของการพัฒนาการดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

เพื่อปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมถัดไป ซึ่งหลังจากการทำกิจกรรมครบทั้ง 5 กิจกรรมแล้ว ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจากการทำกิจกรรม เรื่องหลอดดูดน้ำ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. **เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้** คือ แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์แบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 4 ชั่วโมง ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ, แผนการจัดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ชาม saxon, แผนการจัดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล, แผนการจัดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า, แผนการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง ใช้เวลาในการสอน 20 คาบ คาบละ 50 นาที มีขั้นตอนในการออกแบบแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ดังนี้

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องและเหมาะสม ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ ไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และ ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณ ในการพัฒนาโครงงานที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์ และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงซึ่งได้ระบุถึงตัวชี้วัดไว้ดังนี้

1.1.1 ตัวชี้วัด วิทยาศาสตร์มีดังนี้

1) อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ

2) อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

1.1.2 ตัวชี้วัดคณิตศาสตร์มีดังนี้

1) ใช้ฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชันอธิบาย สถานการณ์ที่กำหนด ใช้สมบัติของฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

2) เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอ ข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจ

1.1.3 ตัวชี้วัดเทคโนโลยีมีดังนี้

1) ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อน เพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิคในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

2) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอ แนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิค หรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงาน และดำเนินการแก้ปัญหา

3) ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผล ของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอ แนวทางการพัฒนาต่อยอด

4) ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหา หรือพัฒนางาน ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย

1.2 ศึกษาแนวคิด วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความหมาย องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แล้วจึงนำมาสร้างนิยามศัพท์เฉพาะและกำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อใช้ประกอบการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

1.3 เขียนแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ, แผนการจัดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ชาม saxon, แผนการจัดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล, แผนการจัดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า, แผนการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ให้ผู้เรียนเกิดการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การอภิปราย และสรุปเพื่อนำไปสู่การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย 1. ขั้นระบุปัญหา 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ขั้นทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน 7. ขั้นการโต้วาที

1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนา

ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้เชี่ยวชาญด้านรายวิชาฟิสิกส์ตรวจสอบความสอดคล้องในด้าน องค์ประกอบของแผนการจัดการกิจกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุง และหาค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่ามีความสอดคล้องโดยผลการตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์มีดัชนีความสอดคล้อง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 มีความสอดคล้องขององค์ประกอบแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์และ ผลการตรวจสอบความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.67 – 4.67 มีความเหมาะสม ด้านภาษาและการนำไปใช้ในระดับมากขึ้นไป และมีข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญถึงรูปแบบความถูกต้องของสมการความสัมพันธ์ที่นำมาใช้แล้วนำแผนการจัดกิจกรรมไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.6 นำแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ โดยทดลองกับนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ไม่ได้สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน พบว่า เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์น้อยเกินไปที่จะพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทำให้การแก้ปัญหาสถานการณ์ของนักเรียนมีการใช้พารามิเตอร์ยังไม่ครอบคลุมซึ่งส่งผลให้การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียนยังไม่มีข้อมูลหลักฐานไม่เพียงพอจะมีหลักฐานจากการสืบค้นข้อมูลเชิงทฤษฎีมากกว่าหลักฐานจากการทดลอง จากนั้นปรับปรุงแก้ไขการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ให้นักเรียนสามารถแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น

1.7 นำแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน

2. **เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล** ได้แก่

2.1 เครื่องมือที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที คือ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

2.1.1 แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

1. ศึกษาความหมาย นิยาม แนวคิดองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการที่แสดงพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพื่อเป็นขอบเขตในการสร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียนจากสถานการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น โดยใช้หลักฐานที่ได้จากกฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง กราฟ แสดงความสัมพันธ์ ในการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างนั้นและนักเรียนสามารถให้เหตุผล สนับสนุน การโต้แย้งกลับในประเด็นที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากข้อกล่าวอ้าง นำไปสู่การลงข้อสรุปเพื่อยอมรับความคิดเห็นหนึ่งๆมีองค์ประกอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ตาราง 3 แสดงองค์ประกอบและความหมายของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims)	นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็นซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล

ตาราง 3 (ต่อ)

องค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ความหมาย
	การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)	นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของนักเรียน
การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence)	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหาอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument)	นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นต่างจากตนเอง และสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล
การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)	นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวโต้แย้งกลับของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างเหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

3. สร้างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กรอบการสร้างของ Lin และ Mintzes (2010) เนื่องจากเป็นแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่วัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบเป็นรายข้อและเป็นข้อคำถามที่เป็นลักษณะปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดได้อย่างอิสระ

โดยผู้วิจัยได้ใช้เป็นข้อคำถามปลายเปิด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของสถานการณ์ ตอนที่ 2 ข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 สถานการณ์ คือ 1.สถานการณ์รถไฟแม่เหล็ก 2.หลอดดูดน้ำอัดลม สถานการณ์ละ 5 ข้อ รวม 10 ข้อ

4. นำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสมของนิยามศัพท์เฉพาะของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5. นำแบบวัดความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านโดยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ท่านที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และท่านที่ 3 เป็นครูผู้เชี่ยวชาญด้านรายวิชาฟิสิกส์ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ

โดยให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หรือ -1 ให้ใส่ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายข้อในช่องที่กำหนดให้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อแล้ว จะต้องมีค่าความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีดัชนีความสอดคล้อง มีค่าเป็น 1.00 ทุกข้อ ข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะมีความสอดคล้อง แล้วนำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาปรับปรุงแก้ไขและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจอีกครั้ง

6. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดย

6.1 ศึกษาความหมาย นิยาม แนวคิดองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

6.2 สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กรอบการสร้างของ Lin and Mintzes ที่แสดงถึงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบได้แก่ 1.การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims) 2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) 3. การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) 4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) 5.การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

6.3 นำเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยให้คะแนน

+1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หรือ -1 ให้ใส่ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายข้อในช่องที่กำหนดให้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินแต่ละข้อแล้วและจะต้องมีค่าความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นเกณฑ์การประเมินที่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะผลการตรวจสอบความเหมาะสมของสถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเหมาะสมเป็น 5.00 สถานการณ์และเกณฑ์การให้คะแนนมีความเหมาะสม

6.4 นำเกณฑ์การประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาปรับปรุงแก้ไข

ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการโต้แย้ง	**ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**			
	ดีมาก (3 คะแนน)	**ดี (2 คะแนน)**	**ดีมาก (3 คะแนน)**	**ปรับปรุง (0 คะแนน)**
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์สามารถเชื่อมโยงตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์สามารถเชื่อมโยงได้เพียงตัวแปรเดียว	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์
การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	- มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง - มีการใช้ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลได้ถูกต้อง	- มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง - ไม่มีการใช้ทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล หรือมีการใช้ทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลประเด็นใดประเด็นหนึ่งไม่ถูกต้อง	มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผล	ไม่มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ตาราง 4 (ต่อ)

ความสามารถในการโต้แย้ง	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์			
	ดีมาก (3 คะแนน)	**ดี (2 คะแนน)**	**ดีมาก (3 คะแนน)**	**ปรับปรุง (0 คะแนน)**
การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานที่หลากหลายสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- ไม่มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - ไม่มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์
การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง - มีการแสดงข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นว่าข้อกล่าวอ้างนั้นผิด	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง - ไม่มีการแสดงข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นว่าข้อกล่าวอ้างนั้นผิด	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองแต่การให้เหตุหรือแนวคิดนั้นไม่เป็นเหตุเป็นผล	- ไม่มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง

ตาราง 4 (ต่อ)

ความสามารถในการโต้แย้ง	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์			
	ดีมาก (3 คะแนน)	**ดี (2 คะแนน)**	**พอใช้ (1 คะแนน)**	**ปรับปรุง (0 คะแนน)**
การหาหลัก - ฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ	- มีการระบุหลักฐานที่หลากหลายในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้ถูกต้อง	- มีการระบุหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้ถูกต้อง	- มีการระบุหลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้แต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง	- ไม่มีการระบุหลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้าม

2.1.2 แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาความหมาย นิยาม แนวคิด องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้เป็น 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims), 2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant),3. การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence),4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument), 5.การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างการประเมินพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมแบบตรวจสอบพฤติกรรมรายข้อของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงตามองค์ประกอบการโต้แย้งที่ผู้วิจัยได้นิยามไว้

3. นำแบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของนิยามศัพท์เฉพาะของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และความเหมาะสมของข้อคำถาม

ของแบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และนำไปปรับปรุงแก้ไขตามตำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

4. นำแบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านโดยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ท่านที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และท่านที่ 3 เป็นครูผู้เชี่ยวชาญด้านรายวิชาฟิสิกส์ตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยให้คะแนน

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หรือ -1 ให้ใส่ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายข้อในช่องที่กำหนดให้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อแล้วจะต้องมีค่าความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ ผลการตรวจสอบความสอดคล้องนิยามศัพท์เฉพาะของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดัชนีความสอดคล้อง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 มีความสอดคล้องของนิยามศัพท์เฉพาะกับแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการตรวจสอบความเหมาะสมของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเหมาะสมเป็น 4.33 - 5.00 มีความเหมาะสมของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาปรับปรุงแก้ไขและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจอีกครั้ง

5. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดย

5.1 ศึกษาความหมาย นิยาม แนวคิดองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

5.2 สร้างเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กรอบของ ภาวิณี รัตนคอน (2561) เนื่องจากเป็นการจัดระดับความสามารถของผู้เรียนที่ปฏิบัติได้ในแต่ละองค์ประกอบและครอบคลุมทั้ง 5 องค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผนวกกับการจัดระดับความสามารถในการโต้แย้ง ที่ช่วยสนับสนุนการให้จำนวนเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือจำนวนของหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการสร้างเกณฑ์สำหรับการประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims)		
1. มีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์	4	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้มากกว่า 2 ข้อ
	3	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้ 2 ข้อ
	2	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้ 1 ข้อ
	1	ไม่มีการระบุข้อกล่าว หรือ ระบุข้อกล่าวอ้างไม่ชัดเจนไม่ครบถ้วน
2. มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง	4	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้มากกว่า 2 ข้อ อย่างชัดเจน ถูกต้อง ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง
	3	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้ 2 ข้อ อย่างชัดเจน ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง
	2	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้ 1 ข้อ โดยไม่ชัดเจน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง อย่างน้อย 1 ประเด็น
	1	ไม่มีมีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง

ตาราง 5 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง		
3. มีการแสดงเหตุผล/แนวคิดมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง	4	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ครอบคลุม ลึกซึ้ง และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองมีความละเอียด ซับซ้อนและสามารถทดสอบได้
	3	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ละเอียด และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองค่อนข้างละเอียดและถูกต้อง
	2	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ดี และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองได้บางส่วน
	1	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์บางส่วน และไม่มีการให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลอง
องค์ประกอบที่ 3 หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence)		
4. มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์หรือได้จากการทดลอง	4	มีการแสดงผลการการทดลองและทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ และมีการสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน
	3	มีการแสดงผลการทดลองหรือทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ และมีการสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	มีการแสดงผลการการทดลองมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ได้ และมีการสรุปผลการทดลองแต่ไม่ครบถ้วน
	1	มีการแสดงผลการทดลองมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์แต่ไม่มีการสรุปผลการทดลองได้

ตาราง 5 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
5. มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง	4	มีการให้เหตุผลหรือ แนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	3	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองแต่ไม่ครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	2	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดแต่ไม่เป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	1	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดไม่เป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองไม่ครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
6. มีข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นมาทำให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป	4	มีการแสดงข้อมูล ผลการทดลองมาเชื่อมโยงกับทฤษฎีในการสนับสนุนข้อโต้แย้งได้อย่าง เหมาะสม วิเคราะความเบี่ยงเบนได้เพื่อมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	3	มีการแสดงข้อมูลจากทฤษฎีในการสนับสนุนข้อโต้แย้งมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	2	มีการแสดงข้อมูลเชิงคุณภาพในการสนับสนุนข้อโต้แย้งมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	1	ไม่มีการแสดงข้อมูลมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง

ตาราง 5 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ		
7.มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นแตกต่างนั้นต่างจากตนเองและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง	4	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองโดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลอง
	3	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่ไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
	2	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
	1	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองและไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
8. มีการนำทฤษฎีมาใช้ในการโต้แย้งกลับเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง	4	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ถูกต้อง ชัดเจน และมีการอภิปรายประเด็นใหม่ทางฟิสิกส์
	3	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ถูกต้อง ชัดเจน
	2	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้แต่ไม่ชัดเจน
	1	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้แต่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถนำทฤษฎีมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

ตาราง 5 (ต่อ)

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
9. มีการระบุหลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง	4	มีการระบุหลักฐานจากการทดลองและทฤษฎีที่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	3	มีการระบุหลักฐานจากการทดลองหรือทฤษฎีที่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	2	มีการระบุหลักฐานแต่ไม่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	1	ไม่มีการระบุหลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง

โดยเกณฑ์การผ่านของพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนจะต้องได้ระดับคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบ 3 คะแนน จึงถือว่าผ่าน และผู้วิจัยได้พิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมโดยภาพรวมของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมภาพรวมของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมิน
ระดับดีมาก	นักเรียนได้คะแนนการประเมินพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 5 องค์ประกอบ

ตาราง 6 (ต่อ)

ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์การประเมิน
ระดับดี	นักเรียนได้คะแนนการประเมินพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 4 องค์ประกอบ
ระดับพอใช้	นักเรียนได้คะแนนการประเมินพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 3 องค์ประกอบ
ระดับปรับปรุง	นักเรียนได้คะแนนการประเมินพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 2 หรือ 1 องค์ประกอบ

6. นำเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ท่านที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และท่านที่ 3 เป็นครูผู้เชี่ยวชาญด้านรายวิชาฟิสิกส์ โดยพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินกับนิยามศัพท์เฉพาะโดยให้คะแนน

+1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินไม่สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หรือ -1 ให้ใส่ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายข้อในช่องที่กำหนดให้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินแต่ละข้อ

แล้วและจะต้องมีค่าความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นเกณฑ์การประเมินที่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ

7. นำเกณฑ์การประเมินที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาปรับปรุงแก้ไข

8. นำแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการพูดโต้วาที โดยผู้วิจัยจะวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละวงจร PAOR ทั้งสิ้น 5 วงจร และมีการเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แล้ววิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นอย่างไร

2.1.3 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

1. กำหนดกรอบและรูปแบบในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการพูดโต้วาทีโดยสร้างเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า(Rating scale) 5 ระดับ

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที โดยแบ่งเป็นด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที , ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้, ด้านสื่อการเรียนรู้, ด้านการวัดและประเมินผล

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อ การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการพูดโต้วาทีไปตรวจสอบหาความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ท่านที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิธีการจัดการเรียนรู้และความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และท่านที่ 3 เป็นครูผู้เชี่ยวชาญด้านรายวิชาฟิสิกส์ พิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของประเมินความพึงพอใจกับด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้การโต้วาที และด้านครูผู้สอนโดยให้คะแนน

+1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้การโต้วาที และด้านครูผู้สอน

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินสอดคล้องกับด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้การโต้วาที และด้านครูผู้สอน

-1 หมายถึง แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินไม่สอดคล้องกับด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้การโต้วาที และด้านครูผู้สอน

ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้คะแนน 0 หรือ -1 ให้ใส่ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงรายข้อในช่องที่กำหนดให้ และหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินแต่ละข้อแล้วและจะต้องมีค่าความสอดคล้อง 0.5 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นเกณฑ์การประเมินที่มีความสอดคล้องกับด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ด้านกิจกรรมการเรียนรู้การโต้วาที และด้านครูผู้สอนผลการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะดัชนีความสอดคล้อง มีค่า 1.00 ทุกข้อ มีความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ และผลการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะมีค่าความเหมาะสมเป็น 4.33 - 5.00 มีความเหมาะสมของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการพูดโต้วาทีที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วมาปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปใช้เก็บข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายของการวิจัยทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ดังนี้

1. การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีได้มาจากการจัดทำแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์และใบกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้สถิติสำหรับการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ที่ผู้วิจัยวิเคราะห์การวิเคราะห์ผลระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในรายองค์ประกอบ จากนั้นทำการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกองค์ประกอบโดยการรวมคะแนนทุกองค์ประกอบก่อนและหลังเรียนแล้วเปรียบเทียบระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และมีการใช้แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นคะแนนเฉลี่ย แล้วนำผลการพิจารณารายองค์ประกอบมาพิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมโดยภาพรวมของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3. แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที โดยได้แนวทางการจัดกิจกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ได้แก่ ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้หลังแผนแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยจะทำการจัดระเบียบข้อมูล และกำหนดรหัสข้อมูล หลังจากนั้นสร้างข้อสรุปชั่วคราว แล้วจึงทำการเขียนเชื่อมโยงข้อสรุปและสรุปเป็นบทสรุปย่อยที่เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนน และคะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ ในรายด้านและภาพรวม แล้วจึงนำคะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไปแปลความหมายตามระดับความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

4.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1.1 สถิติสำหรับการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index Item objective Congruence) (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2538)

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

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการวิจัย

2.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (ล้วน สายยศ, 2522)

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

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนในกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้วน สายยศ, 2522)

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

เมื่อ S.D คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของคะแนนแต่กลุ่มตัวอย่างยกกำลังสอง

$(\sum X)^2$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

2.3 เกณฑ์ในการแปลผลแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ระดับความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ใช้การแบ่งกระดับแบบอิงเกณฑ์ โดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบสอบถาม ซึ่งมีคะแนนอยู่ระหว่าง 1-5 คะแนน แล้วทำการแบ่งค่าคะแนนเฉลี่ยออกเป็น 5 ระดับ โดยคำนวณช่วงคะแนนจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด.2539)

$$\text{ช่วงคะแนน} = \frac{\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}}{5}$$

$$\text{ช่วงคะแนน} = \frac{5-1}{5} = 0.8$$

แปลผลคะแนนระดับความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมโดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย	การแปลผล
ระดับ 5	4.21 – 5.00	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4	3.41 – 4.20	พึงพอใจมาก
ระดับ 3	2.61 – 3.40	พึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2	1.81 – 2.60	พึงพอใจน้อย
ระดับ 1	1.00 – 1.80	พึงพอใจน้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยกับนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 10 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยมุ่งพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ พัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์สำหรับเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนและผู้ที่สนใจในการจัดการเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตอนที่ 2 ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตอนที่ 4 ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

โดยรายละเอียดมีดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีโดยมีการดำเนินการวิจัย ดังรายละเอียดในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การโต้วาที มาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์ 7 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการนำเสนอประเด็นปัญหา สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยโจทย์ปัญหาการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยครูเป็นผู้เสนอประเด็นปัญหาและให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น เพื่อเป็นการทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยผู้วิจัยใช้ใบกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม มีแนวทางในการนำไปสู่การระบุปัญหาได้ด้วยการพิจารณาถึงสถานการณ์ปัญหา, เงื่อนไข/ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์, คำสำคัญในการพิจารณาลักษณะโจทย์ปัญหา

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการและแนวทางการแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 เพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการ โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการโดยวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการอาจมีได้มากกว่า 1 วิธีจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาหรือสนองความต้องการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหาหรือความต้องการในประเด็นต่าง ๆ เช่น ข้อดี ข้อเสีย ความสอดคล้องและการนำไปใช้ได้จริงของวิธีการแต่ละวิธีดังนั้นวิธีการที่จะถูกพิจารณาคัดเลือกจะอยู่ภายใต้กรอบของปัญหาหรือความต้องการมาเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจโดยผู้วิจัยมอบหมายให้นักเรียนได้ไปสืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์แล้วจึงร่วมกันทำใบกิจกรรมที่มีการตั้งคำถามเพื่อเป็นแนวทางในขั้นที่ 2 คือ เพราะเหตุใดถึงเกิดปรากฏการณ์, วาดรูปจำลองการเกิดปรากฏการณ์อย่างคร่าวๆ, พารามิเตอร์และสมการความสัมพันธ์, ทฤษฎี/หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คืออะไรบ้าง

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่างๆ เช่น การร่างภาพ การอธิบาย เป็นต้น โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนทำใบกิจกรรมโดย ออกแบบการสร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งระบุรายละเอียดถึงวิธีการสร้าง, ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับวัด, ระบุวัสดุอุปกรณ์ เพื่อเป็นการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อสร้างแนวคิดให้แก่ผู้เรียน

4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ใน

การแก้ปัญหาโดยผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนทำใบกิจกรรมโดยให้กำหนดตัวแปรที่ต้องการพิจารณาในการแก้ปัญหาแล้วจึงดำเนินการสร้างชิ้นงาน

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุดจนได้ชิ้นงานวิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้ผู้วิจัยให้ผู้เรียนได้ทดสอบชิ้นงาน ประเมินผลชิ้นงานและปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง โดยให้เวลาในการดำเนินการขั้นที่ 5 นอกชั้นเรียนได้ และเมื่อชิ้นงานมีประสิทธิภาพแล้วให้ผู้เรียนบันทึกผลการทดลองและแสดงกราฟความสัมพันธ์เพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ ผู้วิจัยมอบหมายให้ผู้เรียนนำเสนอข้อมูลโดยใช้สื่อนำเสนอผ่าน power point ถึงวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาชิ้นงานและคำตอบของการแก้ปัญหา

7. ขั้นการโต้วาที (Debating) มีการจัดการโต้วาทีทั้งหมด 5 ครั้ง โดยจับฉลากบทบาทที่นักเรียนจะต้องแสดงบทบาทเป็นฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้านเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการหลังการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานที่ฝ่ายนำเสนอได้กล่าวอ้างถึง ในแต่ละครั้งของการโต้วาทีนักเรียนจะต้องสับเปลี่ยนลำดับในการพูด เมื่อนักเรียนได้พูดโต้วาทีครบทั้ง 5 ครั้ง นักเรียนทุกคนจะได้ปฏิบัติหน้าที่ผู้พูดโต้วาทีครบทุกหน้าที่โดยใช้เวลาในการพูดโต้วาทีทั้งสิ้น 40 นาที ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดนำเสนอข้อกล่าวอ้าง ใช้เวลา 5 นาที, ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านฝ่ายละ 4 คน พูดสลับกันตามลำดับคนละ 3 นาทีหัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปการโต้วาที คนละ 3 นาที และมีเวลาในการเตรียมตัวก่อนการทำหน้าที่ของแต่ละบุคคล 2 นาที

และผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 5 แผน ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ, แผนการจัดกิจกรรมที่ 2 เรื่อง ชาม saxon, แผนการจัดกิจกรรมที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล, แผนการจัดกิจกรรมที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า, แผนการจัดกิจกรรมที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ให้ผู้เรียนเกิดการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การอภิปราย โดยใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีจำนวน 7 ขั้นตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ใบกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่ประกอบไปด้วย การตอบคำถามเพื่อ

ระบุข้อกล่าวอ้าง, การบันทึกถึงทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา, การออกแบบการสร้างชิ้นงานและระบุรายละเอียดวิธีการสร้างชิ้นงาน, การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหา, ระบุวิธีการวัด, การบันทึกผลการทดลอง, การวิเคราะห์และตีความข้อมูลโดยให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์และเปรียบเทียบแนวโน้มผลการทดลองกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นการตรวจสอบหลักฐานที่ได้จากการทดลองว่ามีความถูกต้อง, สรุปผลการทดลอง ซึ่งนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้

ตอนที่ 2 ความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 สถานการณ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคลโดยผู้วิจัยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims)

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการระบุข้อกล่าวอ้าง โดยผู้เรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็นซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเอง ดังตารางที่ 7

ตาราง 7 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
1	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
2	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น

ตาราง 7 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
3	พอใช้	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
4	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
5	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
6	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
7	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
8	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
9	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
10	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 7 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนโดยใช้คำถามว่า “จากสถานการณ์ที่กำหนดนักเรียนคิดว่าเงื่อนไขใดบ้างที่จะทำให้หลอดเกิดการพลิกหลุดออกมาจากแก้ว” พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับดีมากจำนวน 9 คน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น น้ำหนักหลอด ปริมาณฟองแก๊ส, ความยาวของหลอด และหลังการจัดการเรียนรู้ผลจากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามว่า “จากสถานการณ์ที่กำหนดนักเรียนคิดว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อความสูงของน้ำพุ” พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ในระดับดีมาก จำนวน 10 คน ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น อุณหภูมิของน้ำ, ขนาดความยาวของปิเปต, เส้นผ่านศูนยก์กลางของปิเปต ซึ่งนักเรียนมีการระบุข้อกล่าวจากสถานการณ์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์สามารถเชื่อมโยงตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ครบถ้วน ซึ่งหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 ได้ ระดับดีมากทุกคนเนื่องจาก หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีทั้ง 5 กิจกรรมแล้ว นักเรียนมีประสบการณ์ในการจำแนกประเภทของโจทย์ สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามได้ครบถ้วนตามที่สถานการณ์กำหนดมาให้

2. องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant)

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยสามารถพัฒนาความ สามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการให้เหตุสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยนักเรียนสามารถให้ เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
1	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
2	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
3	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
4	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
5	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
6	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
7	ดี	ดี	คงที่
8	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
9	ดีมาก	ดีมาก	คงที่
10	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 8 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากการใช้แบบวัด ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนโดยใช้คำถามว่า “ให้นักเรียนบอกเหตุผลในการระบุเงื่อนไขจะทำ

ให้หลอดเกิดการพลิกหลุดออกมาจากแก้วในข้อที่ 1” พบว่า นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 7 คน ระดับดี จำนวน 2 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น ปริมาณของฟองแก๊สมีผลต่อแรงลอยตัวของวัตถุ , ความยาวของหลอดน้อยเกินไปทำให้เกิดโมเมนต์ตามน้อยกว่าโมเมนต์ทวนทำให้หลอดไม่พลิก และหลังการจัดการเรียนรู้ผลจากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามว่า “ให้นักเรียนบอกเหตุผลในการระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความสูงของน้ำพุจากข้อที่ 1” พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ในระดับดีมาก จำนวน 9 คน ระดับดี จำนวน 1 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น พื้นที่หน้าตัดส่งผลต่อความเร็วของของไหลจากสมการ $A_1v_1 = A_2v_2$ และจากสมการของแบร์นูลลี $P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$ จะได้ความสูงของน้ำพุคือ $v_1 = \sqrt{2gh_2}$ และ จาก $v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}}$ ความเร็ว 2as ที่ขยายตัวส่งผลให้น้ำพุ่งออกมาได้เร็วซึ่งความเร็วของน้ำ ส่งผลต่อความสูงของน้ำพุ จาก $v_1 = \sqrt{2gh_2}$ และมีนักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจำนวน 2 คน และผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คงที่จำนวน 8 คน จะพบว่าหลังจากจัดการเรียนรู้นักเรียนมีการแสดงเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวได้ถูกต้องโดยมีการใช้ทฤษฎีมาสนับสนุนการให้เหตุผลได้ถูกต้องชัดเจน

3. องค์ประกอบที่ 3 การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยนักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ที่กำหนดให้ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหา อยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างดังตารางที่ 9

ตาราง 9 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
1	พอใช้	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
2	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
3	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
4	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
5	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
6	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
7	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
8	พอใช้	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
9	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
10	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 9 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 3 การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามว่า “นักเรียนมีหลักฐานหรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้ในการสนับสนุนและยืนยันเหตุผลในข้อที่ 2 ของนักเรียนหรือไม่” พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนสามารถให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 10 คน และ หลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนสามารถให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 2 คน และระดับดี จำนวน 8 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนก่อนเรียน เช่น ความยาวหลอดยิ่งมากยิ่ง มีผลต่อแรงลอยตัวที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตักของหลอดที่กำลังลอยขึ้นและพลิกตัว, แรงตึงผิว, ใช้หลักการของแรงลอยตัวและโมเมนต์ของแรง และตัวอย่างคำตอบของนักเรียนหลังเรียน เช่น การขยายตัวของแก๊สพิจารณาได้จากการที่ใส่เมนทอสลงไปในน้ำอัดลมเพื่อเรื่องปฏิกิริยาของแก๊ส น้ำอัดลมจะพุ่งขึ้นได้สูงมากกว่าปกติ, หลักฐานจากสมการความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของไหลจากสมการ $A_1v_1 = A_2v_2$ และจากสมการของแบร์นูลลี $P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$ โดย $v_1 = \sqrt{2gh_2}$ นักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการ

โต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจำนวน 10 คน จะพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ได้ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในระดับพอใช้เนื่องจากหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนเป็นเพียงการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องเท่านั้น แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้นักเรียนสามารถให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวจากสถานการณ์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล และนักเรียนที่ได้ระดับความสามารถในระดับดีมากเนื่องจากคำตอบของนักเรียนเป็นหลักฐานที่หลากหลายและมีการกล่าวอ้างถึงปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ได้สอดคล้องและถูกต้องถึงการขยายตัวของแก๊ส

4. องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument)

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามโดยนักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นต่างจากตนเอง และสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลดังตารางที่ 10

ตาราง 10 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

นักเรียนคนที่	**ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**		**ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์**
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	**หลังการจัดการเรียนรู้**	
1	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
2	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
3	ดีมาก	ดี	เพิ่มขึ้น
4	พอใช้	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
5	ดี	ดี	เพิ่มขึ้น
6	ดีมาก	ดีมาก	คงที่

ตารางที่ 10 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
7	ดี	ดี	เพิ่มขึ้น
8	ดี	ดี	คงที่
9	ดี	ดี	คงที่
10	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 10 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนโดยใช้คำถามว่า “หากเพื่อนของนักเรียนกล่าวว่า การที่หลอดจะพลิกหลุดจากปากภาชนะได้นั้นคือ จะต้องทำทำการทดลองให้แรงลอยตัวของฟองแก๊สมีค่ามากเพื่อจะเป็นแรงที่ทำให้หลอดเคลื่อนที่ขึ้นจนหลอดพลิกขนานกับภาชนะได้เร็วที่สุดและขณะนั้นฟองแก๊สที่ยังคงเหลืออยู่ในภาชนะก็จะเป็นแรงที่ทำให้หลอดพลิกหลุดซึ่งทำให้โมเมนต์ตามมากว่าโมเมนต์ทวน จากข้อความข้างต้นนักเรียนมีเหตุผลในการโต้แย้งข้อความดังกล่าวอย่างไรบ้าง” พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนสามารถให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามได้ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 3 คน ระดับดี จำนวน 5 คน และระดับดีมาก จำนวน 2 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้ การพลิกของหลอดมาจากฟองแก๊สอย่างเดียวหรือไม่, ฟองแก๊สมีผลทำให้หลอดพลิกมากกว่าความยาวของหลอดหรือน้ำหนักของหลอดหรือไม่, ถ้าใส่ฟองแก๊สปริมาณที่มากขึ้นโดยที่หลอดน้ำหนักเบามากและสั้นใกล้เคียงกับปากแก้วยังสามารถพลิกได้หรือไม่, ปัจจัยที่ทำให้หลอดพลิกมีเพียงแรงลอยตัวหรือไม่, ความหนาแน่นมีผลต่อแรงลอยตัวหรือไม่อย่างไร และหลังการจัดการเรียนรู้ใช้คำถามว่า “หากผู้ทำการทดลองกล่าวอ้างถึงปัจจัยที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้ความสูงของน้ำพุมีความสูงที่สุดได้ว่า น้ำพุร้อนจะมีความสูงมากที่สุดเมื่ออุณหภูมิของน้ำร้อนในปิเปตต์มีอุณหภูมิยิ่งสูง เพื่อทำให้อุณหภูมิของน้ำในปิเปตต์และอุณหภูมิของอากาศมีความแตกต่างมากขึ้น ก็จะส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนของน้ำกับแก๊สในปิเปตต์มากขึ้น ทำให้เกิดแรงดันในการดันน้ำออกไปจากปิเปตต์ได้มาก จาก

ข้อความข้างต้นนักเรียนมีเหตุผลในการโต้แย้งข้อความดังกล่าวอย่างไรบ้าง" ซึ่งนักเรียนสามารถให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามได้อยู่ในระดับดีมาก จำนวน 3 คน และระดับดี จำนวน 7 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้ ถ้าผลต่างอุณหภูมิมากก่อนน้ำจะพุ่งออกมาอุณหภูมิสูงกว่าจะแผ่ความร้อนสู่อุณหภูมิต่ำกว่าก่อนทำให้ความร้อนลดลง และผลต่างอุณหภูมิทั้ง 2 จุดลงลงแรงดันจะไม่เพิ่มขึ้นจนกลายเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด, อุณหภูมิที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดการแผ่ความร้อนจากที่อุณภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำเกิดการทำให้ช่องว่างระหว่างอุณหภูมิลดลง จะทำให้เกิดการไม่เพิ่มของแรงดันซึ่งจะทำให้ไม่เกิดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด และนักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจำนวน 7 คนและ คงที่ จำนวน 3 คน จะพบนักเรียนที่มีพัฒนาคงที่จำนวน 1 คนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในระดับดีมาก ซึ่งนักเรียนสามารถให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยมีการนำทฤษฎีและหลักการมาเป็นข้อสนับสนุนเหตุผลในการโต้แย้งข้อมูลของผู้อื่นได้ และ มีนักเรียน 2 คน ที่มีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คงที่ โดยมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนในระดับดีและหลังเรียนระดับดี โดยคำตอบของนักเรียน เป็นคำตอบที่มีการให้เหตุผลอย่างเป็นเหตุเป็นผลแต่ยังไม่มีการนำเสนอในรูปแบบทฤษฎี/หลักการในการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม จะเป็นลักษณะคำถามที่จบด้วยคำว่า "ใช่หรือไม่" แต่ไม่มีการนำหลักการและทฤษฎีมาสนับสนุนให้เห็นว่านักเรียนไม่เห็นด้วยเพราะเหตุใด

5. องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument)

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในการหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับโดยนักเรียนสามารถระบุหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือดังตารางที่ 11

ตาราง 11 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 5 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้รายบุคคล

นักเรียนคนที่	ระดับคะแนน		ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
	ก่อนการจัดการเรียนรู้	หลังการจัดการเรียนรู้	
1	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
2	ดี	ดี	คงที่
3	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
4	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
5	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
6	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
7	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น
8	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
9	ดี	ดีมาก	เพิ่มขึ้น
10	พอใช้	ดี	เพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 11 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้สามารถอธิบายได้ดังนี้ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามว่า “นักเรียนมีหลักฐานอะไรบ้างเพื่อโต้แย้งเพื่อนของนักเรียนในข้อที่ 4” พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 5 คน ระดับดี จำนวน 5 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น เมื่อหลอดขนานกับของเหลวผลกระทบที่เกิดจากแรงลอยตัวจะมีค่าน้อยลงเนื่องจากวัตถุไม่ได้จมในของเหลวแล้วซึ่งความยาวของหลอดจะส่งผลมากกว่าผลของโมเมนต์, จากสมการ $F_B = n\rho Vg$ จะเห็นได้ว่าแรงลอยตัวไม่ได้เกิดจากจำนวนฟองแก๊สเพียงอย่างเดียวแต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นด้วย, จากการทดลองมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลด้วยเช่น ความยาวหลอด น้ำหนักของหลอดและหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนสามารถให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี จำนวน 6 คน และ

ระดับดีมาก จำนวน 4 คน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น การต้มน้ำร้อนจนมีความร้อนสูง อากาศโดยรอบจะร้อนก่อนที่น้ำจะพุ่งออกมา, ถ้าสมมติฐานในข้อที่ 4 เป็นจริง หากเราน้ำอัดลมไปต้มก็ต้องสามารถพุ่งขึ้นสูงมาก แต่สังเกตว่าหากเราต้มน้ำอัดลมแก๊สจะออกมา ก่อนที่น้ำพุ่งออกมา, ถ้าความดันเกิดจากความเร็วของอนุภาคของแก๊สกระแทกกับปิเปต การที่อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจะทำให้ความดันภายในของน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดของปิเปตใหญ่มากทำให้ความถี่ของการชนของอนุภาคลดลงทำให้ความดันภายในต่ำส่งผลให้น้ำพุ่งได้ความสูงที่น้อยอยู่ดี และนักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นจำนวน 9 คน และมีการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์คงที่ จำนวน 1 คน เนื่องจากทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนนักเรียนมีการระบุหลักฐานที่ได้จากสถานการณ์เท่านั้นในการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวของตนเอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้รวบรวมผลของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบรวมกันเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตาราง 12 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบที่	**ก่อนการจัดการเรียนรู้**		**หลังการจัดการเรียนรู้**	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
1	1.9	0.31	3	0.00
2	2.7	0.48	3.0	0.0
3	1	0.00	2.2	0.42
4	1.9	0.73	2.3	0.48
5	1.5	0.52	2.4	0.51

จากตารางที่ 12 พบว่าผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้

และผลการวิเคราะห์การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนใน ทั้ง 5 องค์ประกอบ เป็นดังนี้

ตาราง 13 ผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

การทดสอบ	$\overline{X}$	S.D.
ก่อนการจัดการเรียนรู้	9	1.15
หลังการจัดการเรียนรู้	12.9	0.99

จากตารางที่ 13 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 องค์ประกอบของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที เมื่อผู้วิจัยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

โดยผู้วิจัยใช้การสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการโต้วาที ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน คือ นักเรียนกลุ่ม A และ นักเรียนกลุ่ม B เมื่อผู้วิจัยแบ่งคะแนนพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นวงจร มีผลคะแนนเฉลี่ยดังตารางที่ 14 - 18

ตาราง 14 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 1

กลุ่มผู้เรียน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
กลุ่ม A	3	2.67	2.75	2	2
กลุ่ม B	3	3	3.5	3	2.67
เฉลี่ยรวม	3	2.8	3.1	2.5	2.3

จากตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 1 ระดับคะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน 2 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง และองค์ประกอบที่ 3 การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าว

อ้าง เมื่อผู้วิจัยพิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 1 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปรับปรุง

ตาราง 15 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 2

กลุ่มผู้เรียน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
กลุ่ม A	4	3.3	3.5	3.5	3
กลุ่ม B	4	3.3	3.5	2.75	3
เฉลี่ยรวม	4	3.3	3.5	3.1	3

จากตารางที่ 15 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 2 ระดับคะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน 5 องค์ประกอบ เมื่อผู้วิจัยพิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 2 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ตาราง 16 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 3

กลุ่มผู้เรียน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
กลุ่ม A	4	4	3	3.25	3.67
กลุ่ม B	4	3.67	3.25	3	3.33
เฉลี่ยรวม	4	3.8	3.1	3.1	3.5

จากตารางที่ 16 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 3 ระดับคะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน 5 องค์ประกอบ เมื่อผู้วิจัย

พิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 3 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 4

กลุ่มผู้เรียน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
กลุ่ม A	4	3.67	3.25	3.75	3
กลุ่ม B	4	3.67	3.25	3	3.33
เฉลี่ยรวม	4	3.67	3.25	3.3	3.2

จากตารางที่ 17 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 4 ระดับคะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน 5 องค์ประกอบ เมื่อผู้วิจัยพิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 4 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

ตาราง 18 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจรที่ 5

กลุ่มผู้เรียน	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	องค์ประกอบที่ 4	องค์ประกอบที่ 5
กลุ่ม A	4	3.67	3.25	3.75	3
กลุ่ม B	4	3.67	3.25	3	3.33
เฉลี่ยรวม	4	3.67	3.25	3.3	3.2

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 5 ระดับคะแนนเฉลี่ยแยกตามองค์ประกอบของการโต้ แย้งทางวิทยาศาสตร์นักเรียนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน 5 องค์ประกอบ เมื่อผู้วิจัยพิจารณาระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในวงจรที่ 5 พบว่า ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1 – 5 ของนักเรียนใน ทั้ง 5 องค์ประกอบมาเปรียบเทียบระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียน

วงจรที่	คะแนนเฉลี่ยรวมพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
1	44	ระดับปรับปรุง
2	53.5	ระดับดีมาก
3	55	ระดับดีมาก
4	57	ระดับดีมาก
5	58	ระดับดีมาก

จากตารางที่ 19 พบว่า คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียน ในวงจรที่ 1 อยู่ในระดับปรับปรุง และในวงจรที่ 2-5 นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากแล

ตอนที่ 3 แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการเรียนรู้โดยใชh กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ผู้วิจัยได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที จากใบกิจกรรมในแผนการจัดกิจกรรม และแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีมีขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ 1. ระบุปัญหา (Problem Identification) 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการ

แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) 7. การพูดโต้วาที (Debating) ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นระบุปัญหาผู้วิจัยได้แนวทางในการระบุปัญหาคือ

1.การใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้จะช่วยเชื่อมโยงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่จะต้องแก้ปัญหาได้ โดยคำถามที่กระตุ้นแนวคิดของนักเรียนควรเป็นคำถามจากสถานการณ์ที่ครูยกตัวอย่างมาสาธิตที่คล้ายกันกับสถานการณ์ที่จะให้นักเรียนแก้ปัญหา

2. การสาธิต หรือการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเองจะเป็นการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนมากกว่าการบอกเล่าหรือการให้ผู้เรียนได้ดูวีดีโอ

3. ครูควรฝึกให้นักเรียนให้ความสำคัญกับคำสำคัญในสถานการณ์ที่โจทย์ต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติจากการขีดเส้นใต้เน้นคำสำคัญและการจำแนกประเภทของโจทย์จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจว่าโจทย์แต่ละสถานการณ์ต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติในด้านใดบ้าง เช่น โจทย์ลักษณะสืบเสาะ (investigate), อธิบาย (Explain), สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (invent), การหาค่าที่เหมาะสมหรือทำให้เกิดผลดีที่สุด (optimize) ในการจำแนกประเภทของสถานการณ์ โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นระบุปัญหา ทั้ง 5 วงจรในงานวิจัยนี้ เป็นดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในวงจรที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ ผู้วิจัยทำการสาธิตโดยการนำกระป๋องสเปรย์มาให้นักเรียนร่วมกันพิจารณา ถึงหลักการทำงานของกระป๋องสเปรย์เพื่อเชื่อมโยงไปสู่หลักของความดันในของไหล โดยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจนักเรียน เช่น นักเรียนเคยสังเกตไหมว่าท่อฉีดกระป๋องสเปรย์มีลักษณะอย่างไร คำตอบของนักเรียนคือ 1 ท่อ ครูจึงขอตัวแทนนักเรียนออกมาสาธิตหลักการทำงานของกระป๋องสเปรย์โดยการใช้ท่อแค่ 1 ท่อ เพื่อทำให้ของเหลวที่อยู่ในกระป๋องสามารถออกมาเป็นละอองฝอยในอากาศได้ ซึ่งนักเรียนไม่สามารถทำให้ของเหลวในกระป๋องออกมาสู่อากาศได้ด้วยท่อ 1 ท่อ จากการเป่า/การดูด อากาศผ่านท่อได้ ครูจึง ใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนว่านักเรียนคิดว่าของเหลวที่อยู่ในกระป๋องสามารถออกสู่อากาศได้อย่างไร นักเรียนสามารถบอกได้ว่า จะต้องทำให้ปากท่อ 2 ฝั่ง มีผลต่างความดันที่แตกต่างกัน แต่นักเรียนจะยังไม่สามารถตอบได้ทันทีว่า จะต้องทำอย่างไรเพื่อให้ของเหลวในกระป๋องสามารถเคลื่อนที่ออกสู่อากาศได้ ครูจึงทำการสาธิต การนำท่อ 2 ท่อ มาสาธิตให้เกิดผลต่างความดันที่ท่อฉีดของเปรย์ จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงหลักการทำงานของกระป๋องสเปรย์ พบว่านักเรียนสามารถบอกได้ว่าของเหลวในกระป๋องสามารถเคลื่อนที่ไปสู่อากาศได้อย่างไร และจะทำ

อย่างไรให้ของเหลวสามารถเคลื่อนที่ออกมาได้ง่ายขึ้น เพื่อเป็นการสรุปถึงหลักการเรื่องของความดันในของไหล เพื่อให้นักเรียนนำความรู้เรื่องความดันไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์เรื่องปืนสุญญากาศได้ เมื่อครูให้นักเรียนระบุถึงปัญหาของสถานการณ์นักเรียนกลุ่ม A สามารถบอกได้ว่าสถานการณ์ข้างต้นให้สร้างปืนสุญญากาศ, อธิบายถึงหลักการทำงานของปืนสุญญากาศ และปัจจัยที่ส่งผลให้ความเร็วของกระสุนปืนสุญญากาศมีค่ามากที่สุด ส่วนนักเรียนกลุ่ม B ไม่ได้กล่าวถึงการอธิบายถึงหลักการทำงานของปืนสุญญากาศ

จะพบว่าในการนำเข้าสู่บทเรียนถ้าครูให้นักเรียนหาสาเหตุของปรากฏการณ์ด้วยตนเองนักเรียนจะไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูผู้สอนจะต้องคอยกระตุ้นด้วยคำถามและนักเรียนได้ออกมาลงมือปฏิบัติลองผิดลองถูก เพื่อค้นหาสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์ข้างต้นจะทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและนำไปสู่สาเหตุได้ และถ้าหากให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เป็นกลุ่มนักเรียนจะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมาได้มากกว่าการปล่อยให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง

สำหรับการระบุปัญหาของสถานการณ์ปืนใหญ่สุญญากาศจะพบว่า นักเรียนจะตอบปัญหาของโจทย์ได้ไม่ครบทุกประเด็น ครูควรให้นักเรียนวิเคราะห์คำสำคัญที่สถานการณ์มักใช้มาพิจารณาและการให้นักเรียนจำแนกประเภทของโจทย์ว่าเป็นประเภท Build, Explain และ Investigate จะช่วยให้นักเรียนสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ครบถ้วน

ในวงจรที่ 2 เรื่อง ชาม saxon ผู้วิจัยจึงนำเข้าสู่บทเรียนโดยการให้นักเรียนดูวีดีโอเกี่ยวกับการจับเวลาด้วยกะลาของมวยคาดเชือก แล้วใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน พบว่านักเรียนไม่ค่อยให้ความสนใจในปรากฏการณ์ข้างต้นจากการดูคลิปวีดีโอ ครูจึงกระตุ้นความสนใจนักเรียนด้วยการตั้งคำถามว่ากะลาที่เจาะรูที่ก้นสามารถนำมาจับเวลาในมวยคาดเชือกได้นั้น นักเรียนคิดว่า กะลาที่เจาะรูนั้นสามารถจมลงไปในผิวน้ำได้อย่างไร ซึ่งนักเรียนร่วมกันให้เหตุผลว่าเนื่องจากปัจจัยของผลต่างความดัน 2 บริเวณทำให้กะลาจมลงไปใต้ผิวน้ำได้ โดยบริเวณด้านบนรูของกะลามีความดันมากกว่าบริเวณด้านล่างรูของกะลา และเมื่อครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกันระบุปัญหาของสถานการณ์ชาม saxon โดยครูให้นักเรียนขีดเส้นใต้คำสำคัญในสถานการณ์ ทำให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถระบุปัญหาของสถานการณ์ได้ครบทุกประเด็น และการจำแนกประเภทโจทย์ปัญหายังทำให้นักเรียนมีแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี

ในวงจรที่ 3 เรื่อง กรวยและบอล ผู้วิจัยได้สาธิตการเป่ากระดาษโดยใช้มือจับมุมกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้อยู่ในแนวระนาบและเป่าลมผ่านพื้นที่ของแผ่นกระดาษด้านบนจะพบว่า กระดาษสามารถยกตัวขึ้นได้ในแนวระนาบทั้งแผ่น แล้วใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของ

นักเรียนให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น นักเรียนเคยสังเกตเห็นปรากฏการณ์ที่คล้ายกับการเป่ากระดาษให้ยกตัวขึ้นได้ในชีวิตประจำวันหรือไม่ และปรากฏการณ์นั้นคือปรากฏการณ์อะไรบ้างกระดาษสามารถยกตัวขึ้นในแนวระนาบได้อย่างไร, ถ้าหากนักเรียนเป่าลมผ่านพื้นที่แผ่นกระดาษด้านล่าง กระดาษจะสามารถยกตัวได้เหมือนกับกรณีที่เป่าลมผ่านพื้นที่แผ่นกระดาษาด้านบนหรือไม่อย่างไร ซึ่งนักเรียนให้ความสนใจและอยากมีส่วนร่วมเป็นอย่างมาก เมื่อนักเรียนตอบคำถามที่ผู้วิจัยตั้งคำถามไปข้างต้นนักเรียนอยากขอทดสอบการเป่ากระดาษด้วยตนเองเพื่อหาคำตอบ ทำให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็นและ เกิดกระบวนการวิเคราะห์ขึ้น ซึ่งการเป่ากระดาษข้างต้นนำไปสู่การระบุปัญหาของสถานการณ์กรวยและบอลได้ เมื่อครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านสถานการณ์จะพบว่า นักเรียนจะขีดเส้นใต้คำสำคัญด้วยตนเองและจำแนกประเภทของโจทย์ได้ด้วยตนเองโดยครูไม่ต้องให้คำแนะนำทำให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้ครบถ้วน

ในวงจรที่ 4 เรื่อง ลายเส้นนำไฟฟ้า ผู้วิจัยทบทวนความรู้ในเรื่องของการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าถึงหลักการของการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยร่วมกันอภิปรายกับนักเรียน พบว่ามีเพียงนักเรียนแค่ไม่กี่คนที่สามารถอภิปรายถึงหลักการของการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าได้ ผู้วิจัยจึงสรุปหลักการการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าให้กับนักเรียนเพื่อที่จะเป็นความรู้เบื้องต้นที่ถูกต้องในการทำกิจกรรมเรื่องลายเส้นนำไฟฟ้าได้ โดยการให้ผู้เรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดมาให้ด้วยตนเองยังสามารถทำให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มและร่วมกันระบุถึงปัญหาได้ครบถ้วนจากการขีดเส้นใต้คำสำคัญและจำแนกประเภทของโจทย์เช่นเดียวกับวงจรที่ 2 และ 3

ในวงจรที่ 5 เรื่อง แกว่งท่อเสียง จากวงจรที่ 1-4 ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สัมผัสกับสถานการณ์จริงจะทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ผู้วิจัยจึงสาธิตการเป่าขลุ่ยและร่วมกันอภิปรายกับนักเรียนโดยใช้คำถามกระตุ้นความสนใจในการนำเข้าสู่บทเรียน พบว่า นักเรียนให้ความสนใจกับการสาธิตในกิจกรรมข้างต้นเป็นอย่างมากเนื่องจากผู้วิจัยให้นักเรียนลองปิดปากขลุ่ยไว้ 1 ด้าน เปรียบเทียบกับการเปิดปากขลุ่ยทั้งสองด้านให้อากาศไหลผ่านได้ แล้วกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย ซึ่งเป็นการนำความรู้ไปสู่การแก้สถานการณ์แกว่งท่อเสียงได้ จากการที่ผู้เรียนอ่านสถานการณ์แกว่งท่อเสียงพบว่า ผู้เรียนทั้งกลุ่ม A และ B สามารถระบุปัญหาของสถานการณ์นี้ได้ว่า การแกว่งท่อลูกฟูกจะทำให้เกิดเสียงลักษณะต่างๆ, ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดเสียงและจะต้องอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยผู้เรียนยังใช้วิธีการขีดเส้นใต้คำสำคัญในสถาณการณ์และจำแนกประเภทของโจทย์เช่นเดียวกับวงจรที่ 2-4 แต่ผู้เรียนสามารถระบุปัญหาได้รวดเร็วและรอบคอบมากขึ้น

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาผู้วิจัยได้แนวทางในการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา คือ

1. มอบหมายให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาแล้วจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยให้แต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม

2. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและค้นคว้าข้อมูลร่วมกันภายในกลุ่มจะสามารถทำให้ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหาผ่านการวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม

3. ผู้สอนควรมีการสาธิตสถานการณ์เป็นเบื้องต้นให้ผู้เรียนได้เห็นก็ยังมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ผู้สอนไม่ควรที่จะเสนอแนะแนวคิดให้กับผู้เรียน

4. ผู้สอนควรชี้แนะการพิจารณาสมการความสัมพันธ์และพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการทดลองของผู้เรียนรวมทั้งการอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในการเลือกใช้สมการทางวิทยาศาสตร์มารองรับผลการทดลองก็มีผลต่อการแก้ปัญหา

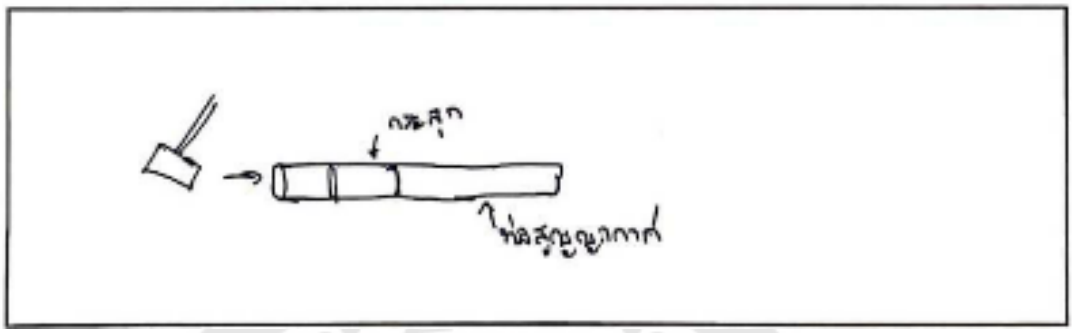
โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทั้ง 5 วงจรในงานวิจัยนี้ เป็นดังรายละเอียดต่อไปนี้

ในวงจรที่ 1 หลังจากที่ผู้เรียนได้ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำใบกิจกรรมในชั้นเรียนโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องพร้อม กับร่วมกันอภิปรายและบันทึกว่าเพราะเหตุใดลูกกระสุนจึงสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ให้หาเงื่อนไขที่ทำให้ลูกกระสุนเคลื่อนที่ พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกกระสุน และให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการค้นคว้ามาตอบคำถามว่า เมื่อเปิดและปิดต้นกระบอกปืนผลการทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร, ความเร็วปลายกระบอกปืนที่มีค่ามากที่สุดขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อะไรบ้าง มีสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างไร และให้นักเรียนสรุปเป็นสารสนเทศลงในใบกิจกรรมถึงทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ข้อนี้

พบว่า นักเรียนกลุ่ม A จะตอบคำถามได้ไม่ชัดเจนและไม่ครบทุกประเด็น เนื่องจากนักเรียนกลุ่ม A ได้แบ่งกันตอบคำถามคนละข้อคำถามโดยไม่ร่วมกันอภิปรายและนำมาซึ่งคำตอบ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่ม A

คำถาม 1 : เพราะเหตุใดลูกกระสุนจึงสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ จงหาเงื่อนไขที่ทำให้ลูกกระสุน เคลื่อนที่ พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกกระสุน

คำตอบ A : ต้องอาศัยแรงดันอากาศที่กระทำอย่างฉับพลันกระสุนจึงเกิดการเคลื่อนที่

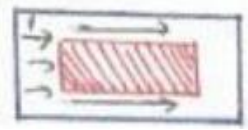


ภาพประกอบ 9 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของกระสุน ของนักเรียนกลุ่ม A

จากคำตอบของนักเรียนกลุ่ม A จะพบว่านักเรียนยังไม่ได้ตอบถึงเงื่อนไขที่ทำให้ลุกกระสุนเคลื่อนที่และการวาดรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกกระสุนยังไม่มีการแสดงถึงวิธีการที่ลูกกระสุนจะเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ของลูกกระสุนเป็นไปแนวทางใดเป็นเพียงการแสดงให้เห็นว่ามีวัสดุอะไรบ้างเท่านั้น

ส่วนนักเรียนกลุ่ม B สามารถตอบคำถามได้ชัดเจนและครบทุกประเด็น มีการเขียนสรุปข้อคำตอบโดยผ่านการร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่ม ทำให้นักเรียนกลุ่ม B ได้ข้อมูลและแนวคิดที่จะใช้ในการแก้ปัญหาได้ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนกลุ่ม B

คำตอบ B : ภายนอกท่อมีอากาศ แต่ภายในท่อไม่มีอากาศ เมื่อมีกระดาษมาปิดปลายท่อด้านหนึ่งทำให้เกิดผลต่างความดันอากาศภายในท่อ เงื่อนไขคือ ท่อมีขนาดที่เหมาะสมให้แรงส่งมีมากและท่อไม่ยาวเกินไป, ผลต่างความดันต้องมากพอให้มีแรงส่งลูกกระสุนไปข้างหน้า



ภาพประกอบ 10 ภาพจำลองการเคลื่อนที่ของกระสุน ของนักเรียนกลุ่ม B

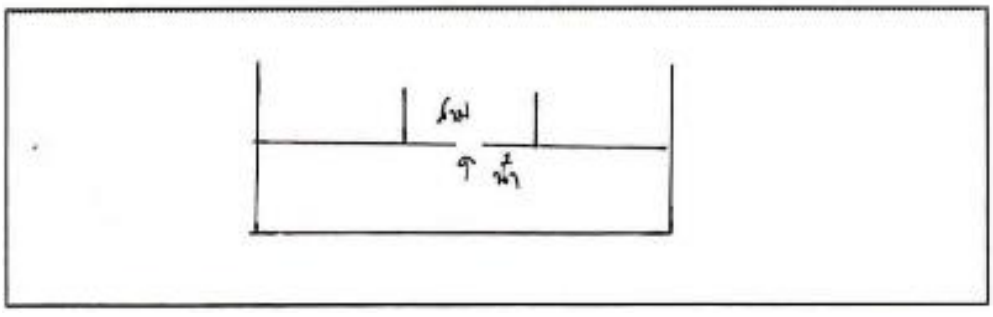
ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยค้นพบว่าการให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลและแนวคิดร่วมกันภายในชั้นเรียนด้วยเวลาที่จำกัดอาจจะทำให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลได้ไม่หลากหลายผู้วิจัยจึงมอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแยกย้ายกันไปค้นคว้าและรวบ รวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ชาม saxon โดยมีข้อคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้ เพราะเหตุใดชามที่เจาะรูที่ก้น

สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในจับเวลาได้และชามสามารถจมลงไปในผิวน้ำได้อย่างไร พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการจมของชาม saxon, ปัจจัยที่มีผลต่อการจมของชามขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อะไรบ้าง มีสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างไร, บันทึกถึงทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ข้อนี้ ซึ่งก่อนที่จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแยกย้ายกันไปรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้กล่าวถึงข้อบกพร่องของกิจกรรมในวงจรที่ 1 ให้ผู้เรียนทราบและพบว่าในวงจรที่ 2 ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มสามารถตอบคำถามได้ครบทุกประเด็นคำถามและคำตอบของผู้เรียนมีความเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถอภิปรายด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ดี ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

คำถาม 1 : เพราะเหตุใดชามที่เจาะรูที่ก้นสามารถนำมาเป็นเครื่องมือในจับเวลาได้ และชามสามารถจมลงไปในผิวน้ำได้อย่างไร พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการจมของชาม saxon

คำตอบ A : เพราะอัตราการไหลของน้ำในแต่ละจุดเวลานั้นคงที่ จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการจมลงของชามในแต่ละครั้งเท่ากัน , ชามสามารถจมได้โดยการที่น้ำไหลเข้าไปในชามทำให้มวลของชามเพิ่มขึ้นการที่ชามจมลงแสดงได้ว่ามวลของชามมีมากกว่าแรงพยุง แรงตึงผิวของน้ำ

คำตอบ B : ชามที่เจาะรู้สามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการจับเวลาได้เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำในแต่ละช่วงจุดเวลาคงที่ และชามสามารถจมลงไปในน้ำได้เนื่องจากมีน้ำไหลเข้าไปในชามทำให้ชามมีมวลเพิ่มขึ้นซึ่งมวลของชามที่มากขึ้นส่งผลให้มวลของชามมีค่ามากกว่าแรงพยุงของน้ำ



ภาพประกอบ 11 ภาพจำลองการจมของชาม SAXON ของนักเรียนกลุ่ม A

ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยได้พบว่าจากวงจรที่ 2 หากให้ผู้เรียนไปค้นคว้ารวบรวมข้อมูลด้วยตนเองเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ไปศึกษาแหล่งข้อมูลจะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการค้นคว้าที่หลากหลายและได้มีช่วงเวลาในการร่วมกันอภิปรายกับสมาชิกในกลุ่มมากขึ้น แต่ยังขาดการอภิปรายในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในวงจรที่ 3 หลังจากที่ผู้เรียนได้รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในสถานการณ์ผู้วิจัยจะเป็นผู้ตั้งคำถามเพื่อเป็นการตั้งข้อสงสัยเพิ่มเติมให้กับ

ผู้เรียน เช่นคำถามในใบกิจกรรมข้อที่ 1 การเป่าอากาศผ่านกรวยสามารถยกลูกบอลขนาดเล็กได้อย่างไร ผู้วิจัยจะตั้งคำถามไว้ให้กับผู้เรียนด้วยว่า น่าจะมีแรงที่ทำหน้าที่ยกลูกบอลให้ลอยขึ้นได้ แรงนั้นเป็นผลมาจากอะไร และนักเรียนคิดว่าอยู่บริเวณใดของลูกบอล พร้อมทั้งเน้นย้ำให้นักเรียนอภิปรายในเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่าคำตอบของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไปในทิศทางเดียวกันและสามารถอภิปรายด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

คำถาม 1 : การเป่าอากาศผ่านกรวยสามารถยกลูกบอลขนาดเล็กได้อย่างไร

คำตอบ A : ผลต่างความดันที่ไม่เท่ากันของบริเวณด้านข้าง ด้านล่างทำให้การไหลของอากาศในบริเวณเป็นแรงต้านลูกบอล

คำตอบ B : ลูกบอลสามารถยกตัวลอยได้เนื่องจาก ผลต่างความดันด้านข้างและด้านล่างของลูกบอลทำให้เกิดเป็นแรงต้าน

ส่วนคำตอบในข้อที่ 2 เป็นคำถามที่ไม่ได้เป็นเหตุการณ์ที่สถานการณ์บอกให้ทราบถึงผล พบว่าคำตอบของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่ถูกต้อง ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

คำถาม 2 : เมื่อเป่าอากาศและดูดอากาศผ่านปากกรวยจะส่งผลต่อการยกตัวของลูกบอลแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

คำตอบ A : ต่างกัน การไหลของอากาศจะไม่เหมือนกัน ทำให้ความดันแต่ละบริเวณไม่เหมือนกัน จึงเกิดการไหลของอากาศต่างกัน

คำตอบ B : ต่างกัน เพราะ การดูดอากาศจะทำให้ความดันด้านบนน้อยกว่าด้านทำให้อากาศด้านล่างดันลูกบอลขึ้น แต่การเป่าอากาศความดันด้านบนจะสูงกว่าด้านล่างทำให้อากาศไหลลงทำให้เกิดแรงต้านดันลูกบอลขึ้น

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องคือ ไม่แตกต่างกัน คือ การที่ลูกบอลขนาดเล็กจะสามารถยกตัวขึ้นในอากาศได้เนื่องจากมีผลต่างความดันอากาศสองบริเวณที่แตกต่างกัน โดยบริเวณที่ 2 ความดันต้องมากกว่าบริเวณที่ 1 ลูกบอลจึงสามารถยกตัวขึ้นได้ ซึ่งการเป่าอากาศผ่านปากกรวยจะทำให้ความเร็วอากาศที่ผ่านบริเวณที่ 1 มีค่ามากเมื่อเทียบกับอากาศที่ไหลผ่านบริเวณที่ 2 ส่งผลให้ความดันอากาศบริเวณที่ 1 น้อยกว่าบริเวณที่ 2 จึงเกิดแรงยกลูกบอลขึ้นจากผลต่างความดันสองบริเวณ และหากใช้วิธีการดูดอากาศผ่านปากกรวยก็จะทำให้อากาศที่ไหลผ่านบริเวณที่ 1 มีค่ามากกว่าบริเวณที่ 2 เพียงแต่ผู้ทำการทดลองอาจจะต้องใช้พลังงานในการดูดอากาศขึ้นเพื่อให้ลูกบอลยกตัวมากขึ้นกว่าการเป่าอากาศผ่านกรวย

จากปัญหาในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่า การให้ผู้เรียนได้จิตนาการถึงสถานการณ์ที่ไม่เคยพบเห็นด้วยตนเองอาจทำให้เกิดความเข้าใจที่ผิดพลาดดังคำตอบของนักเรียนข้างต้น

ดังนั้นในวงจรที่ 4 ผู้วิจัยจะนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปพัฒนาต่อโดย ในวงจรที่ 4 ผู้วิจัยได้สาธิตสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาอย่างคร่าวๆโดยไม่บอกเงื่อนไขและปัจจัยที่ส่งผลต่อการทดลอง แต่จะเป็นเพียงการสาธิตให้เห็นผลการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้นำไปต่อยอดการออกแบบการทดลองได้ซึ่งพบว่าหลังจากที่นักเรียนได้ไปค้นคว้า รวบรวมข้อมูลในการแก้ปัญหา ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มสามารถบอกถึงสาเหตุของปัญหาได้ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

คำถาม 1 : เพราะเหตุใดของลายเส้นดินสอจึงสามารถนำไฟฟ้าได้และเพราะเหตุใดลักษณะเฉพาะของลายเส้นดินสอที่แตกต่างกันจึงนำไฟฟ้าได้แตกต่างกัน

คำตอบ A: แกรไฟต์เป็นส่วนผสมในไส้ดินสอ มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนดังนั้นจึงขึ้นกับปริมาณแกรไฟต์

คำตอบ B: แกรไฟต์เป็นวัตถุดิบในการทำไส้ดินสอ มีอิเล็กตรอนอิสระที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ลักษณะลายเส้นที่แตกต่างกันส่งผลต่อความเข้มของปริมาณแกรไฟต์ส่งผลให้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนต่างกัน

ในวงจรที่ 5 ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลสำหรับแก้ปัญหารวมทั้งสาธิตการแกว่งท่อด้วยมือให้ผู้เรียนได้สังเกตปรากฏการณ์ข้างต้น จากการเขียนใบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มพบว่าผู้เรียนได้มีการค้นคว้าข้อมูลได้นำความรู้ที่นอกหลักสูตรแกนกลางการศึกษามาร่วมพิจารณาด้วยซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและอภิปรายผลในการทดลอง ผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนมักกำหนดปัจจัยที่ มีผลต่อสถานการณ์จากพารามิเตอร์ในสมการซึ่งเป็นการทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดทิศทางในการทำการทดลองได้ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

คำถาม 1 : เพราะเหตุใดเมื่อแกว่งท่อลูกฟูกในลักษณะเหวี่ยงหมุนจึงทำให้เกิดเสียงขึ้น

คำตอบ A : การสั่นของอนุภาคอากาศภายในท่อทำให้เกิดเสียงขึ้น

คำตอบ B : เมื่อลมเข้าไปในท่อลูกฟูกและเกิดการสั่นของโมเลกุลอากาศทำให้เกิดการสั่นพ้องและเกิดเสียงขึ้น

คำถาม 2 : เสียงที่ได้ยินจากการเหวี่ยงหมุนท่อลูกฟูกนั้นเป็นเสียงที่ดังออกมาจากปลายท่อฝั่งใด เพราะเหตุใด

คำตอบ A : เสียงออกมาจากทั้งสองฝั่ง เพราะอนุภาคที่สั่นสั่นตั้งแต่เข้าไปในท่อ

คำตอบ B : เสียงจะออกจากปลายท่อด้านบน เนื่องจากอากาศเข้าทางปลายท่อด้านล่าง

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหาผู้วิจัยได้แนวทางในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา คือ

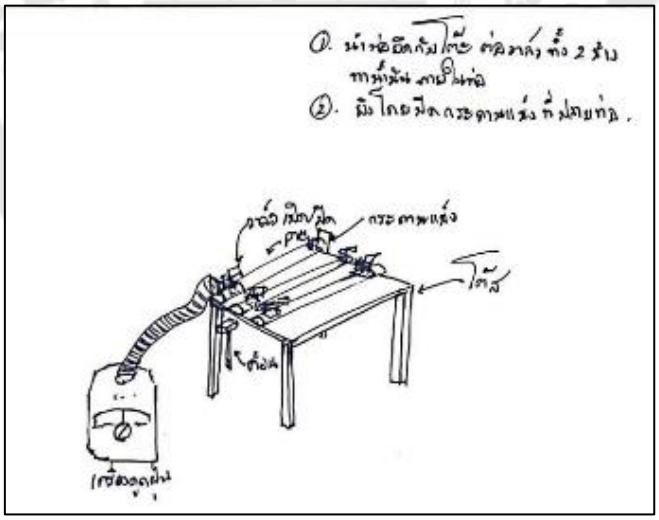
1. ให้นักเรียนวาดภาพร่างก่อนการสร้างชิ้นงานจริง โดยมีการวาดภาพร่างนั้นจะต้องแสดงรายละเอียดของวิธีการสร้างชิ้นงาน การเตรียมอุปกรณ์

2. ให้นักเรียนระบุวิธีการวัดผลการทดลอง

โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ทั้ง 5 วงจรในงานวิจัยนี้ เป็นดังรายละเอียดต่อไปนี้

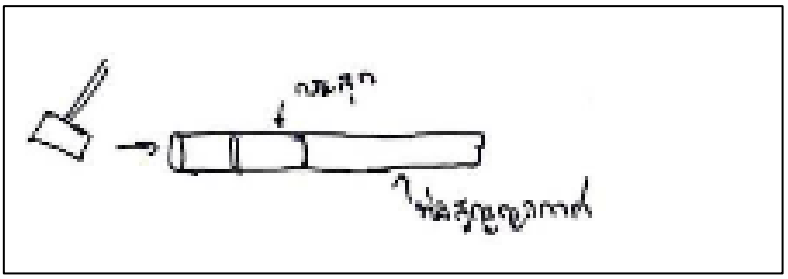
ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนทั้งแต่ละกลุ่มออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนวาดภาพร่างและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานลงในใบกิจกรรม

ในวงจรที่ 1 เรื่อง ปืนสุญญากาศ ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม A

จากข้อมูลดังตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม A แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถออกแบบการสร้างชิ้นงาน ที่ระบุวัสดุอุปกรณ์ วิธีการสร้างชิ้นงาน รวมถึงการวัดผลการทดลองเพื่อนำไปใช้สร้างชิ้นงานในการแก้ปัญหาจริงและเป็นการสื่อความให้ผู้อื่นได้เข้าใจในสิ่งที่นักเรียนต้องการจะใช้เป็นวิธีการแก้ปัญหา



ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม B

จากข้อมูลตัวอย่างการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่ม B แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการแสดงให้เห็นว่าปืนสุญญากาศประกอบไปด้วยชิ้นส่วนใดบ้าง แต่นักเรียนไม่ได้มีการระบุวิธีการสร้างชิ้นงาน และการสื่อความให้ผู้อื่นเข้าใจในชิ้นงานของนักเรียนค่อนข้างที่จะเข้าใจได้ยากเนื่องจากไม่มีการแสดงรายละเอียดของการสร้างชิ้นงาน

ซึ่งในวงจรที่ 2-5 ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มร่วมกันออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ภาพร่างก่อนสร้างชิ้นงานจริงเพื่อให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานตามที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งการได้ให้ผู้เรียนได้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยการวาดภาพร่างถึงวิธีการเตรียมอุปกรณ์ จัดตั้งอุปกรณ์ การวัด จะลดปัญหาในการลองผิดลองถูกของนักเรียน

4.ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้แนวทางในการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา คือ

1. มอบหมายให้ผู้เรียนกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมขึ้นในแต่ละการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ก่อนการสร้างชิ้นงานและแก้ปัญหา

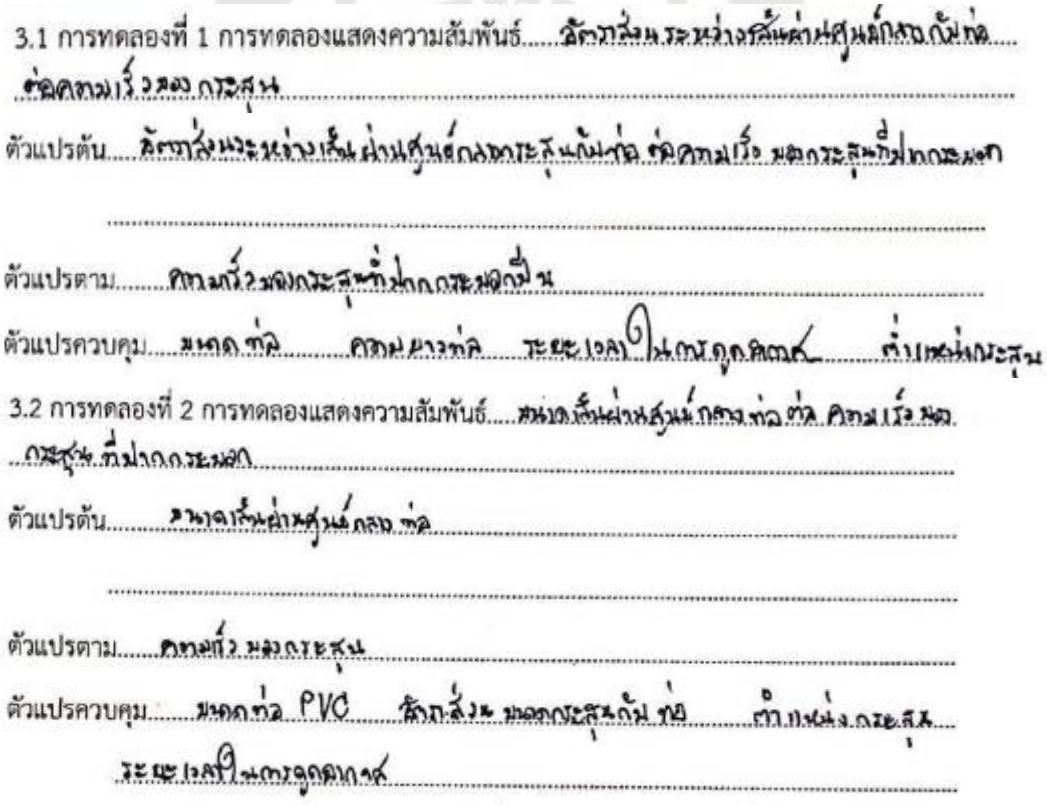
2. การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการกำหนดตัวแปร ให้สอดคล้องกับสมการความสัมพันธ์ที่นำมาใช้ในสนับสนุนผลการทดลองของผู้เรียน

3. การกำหนดตัวแปรต้นในการพิจารณาความสัมพันธ์ ควรมีตัวแปรต้นในการทำการทดลองอย่างน้อย 3 ตัวแปร เพื่อให้ผลการทดลองมีความครอบคลุม

4. ผู้สอนควรแนะนำถึงการกำหนดตัวแปรต้นที่นำมาใช้ในการพิจารณา โดยตัวแปรต้นแต่ละชนิดควรมีจำนวน/ขนาด 4-5 หน่วย เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มาสามารถนำไปคาดการณ์หรือบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ของตัวแปรได้

5. ให้ผู้เรียนลองสร้างชิ้นงานเป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบว่าชิ้นงานที่ผู้เรียนออกแบบไว้นั้นสามารถแก้ปัญหาที่สถานการณ์กำหนดมาได้จริงเพื่อเป็นการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วจึงลงมือสร้างชิ้นงานตามการวางแผนที่ได้วางแผนไว้

โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา พบว่าทั้ง 5 วงจร ผู้เรียนสามารถกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ โดยมีตัวแปรต้นอย่างน้อยคือ 3 ตัวแปรทุกวงจร ซึ่งเป็นการกำหนดตัวแปรต้นถึงปัจจัยที่จะส่งผลต่อตัวแปรตามหลากหลาย และผู้วิจัยให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม ได้ดำเนินการสร้างชิ้นงานเพื่อทดสอบเบื้องต้นว่า การออกแบบการทดลองของผู้เรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามที่สถานการณ์กำหนดมาได้หรือไม่ หากไม่ได้ผู้วิจัยจะให้ผู้เรียนดำเนินการแก้ไขในคาบถัดไป เป็นดังรายละเอียดต่อไปนี้


3.1 การทดลองที่ 1 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ ระยะทางระหว่างปั้นผ่านศูนย์กลางถังท่อต่อความเร็วลมกระสุน

ตัวแปรต้น ระยะทางระหว่างปั้นผ่านศูนย์กลางกระสุนถังท่อ ต่อความเร็วลมกระสุนที่ปากกระบอก

ตัวแปรตาม ความเร็วลมกระสุนที่ปากกระบอก

ตัวแปรควบคุม ขนาดท่อ ความยาวท่อ ระยะเวลาในการดูดอากาศ ที่ปากกระสุน

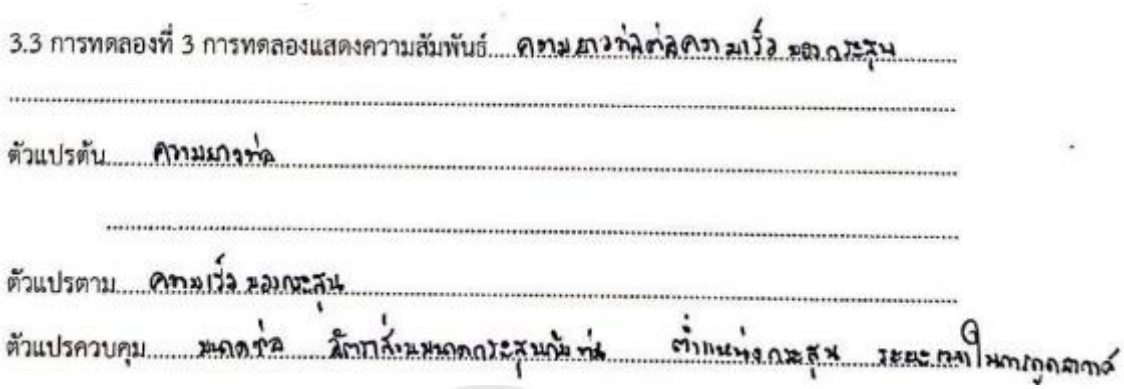
3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ ขนาดปั้นผ่านศูนย์กลางท่อต่อ ความเร็วลมกระสุนที่ปากกระบอก

ตัวแปรต้น ขนาดปั้นผ่านศูนย์กลางท่อ

ตัวแปรตาม ความเร็วลมกระสุน

ตัวแปรควบคุม ขนาดท่อ PVC ระยะทางระหว่างกระสุนถังท่อ ที่ปากกระบอกกระสุน ระยะเวลาในการดูดอากาศ

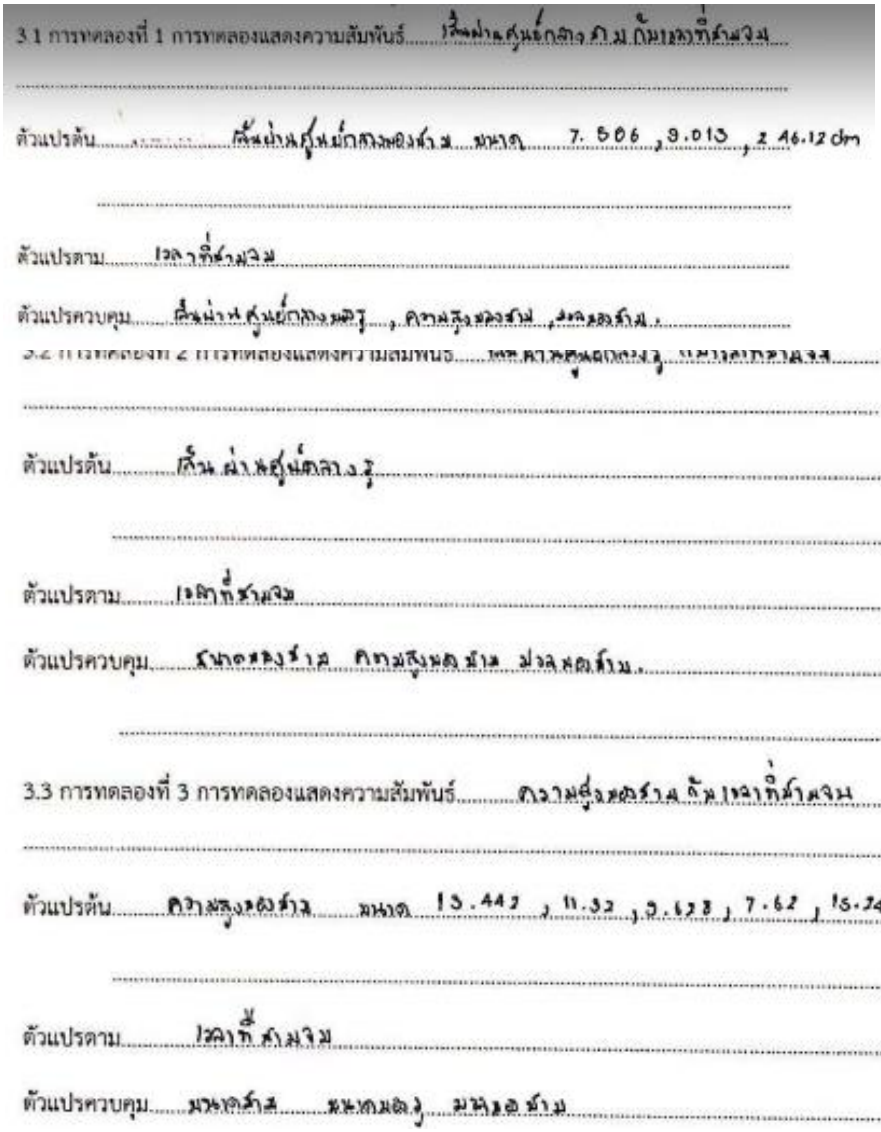
ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 1



ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 1 (ต่อ)

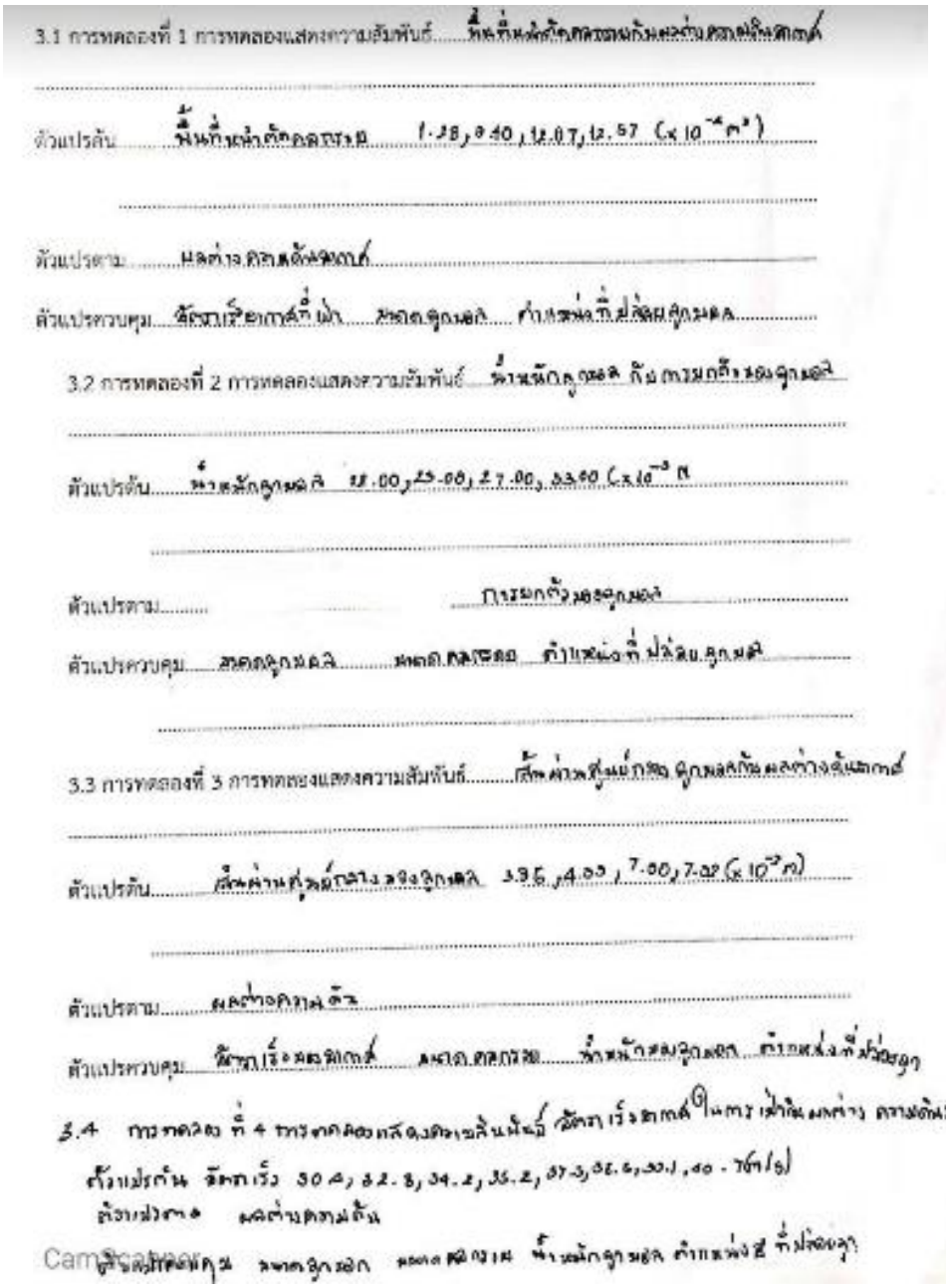
ในวงจรที่ 1 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรของนักเรียนกลุ่ม A ดังภาพประกอบ 13 จะพบว่านักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม, และตัวแปรควบคุมได้ แต่ในบางการทดลองนักเรียนไม่ได้มีการวางแผนว่าจะใช้ตัวแปรต้นในรูปแบบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าใดบ้างจะส่งผลให้เมื่อนักเรียนลงมือแก้ปัญหานักเรียนจะเกิดการสุ่ม/เลือกขนาดตัวแปรแบบไม่มีความสอดคล้องกันซึ่งจะมีผลต่อการพิจารณาความสัมพันธ์ต่อไป

ในวงจรที่ 2 ผู้วิจัยได้แนะนำถึงการกำหนดตัวแปรต้นของนักเรียนว่านักเรียนควรมีการกำหนดขนาดของตัวแปรต้นที่นักเรียนต้องการใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์เพื่อแก้ปัญหาและพิจารณาแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้พบว่า นักเรียนมีการระบุถึงขนาดของตัวแปรต้นที่ต้องการพิจารณาแต่ผู้วิจัยได้แนะนำเพิ่มเติมว่าการพิจารณาตัวแปรต้นเพียง 3 ขนาด อาจจะทำให้นักเรียนไม่สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้ชัดเจนนักเรียนควรมีจุดแนวโน้มของความสัมพันธ์อย่างน้อย 4-5 จุดความสัมพันธ์ซึ่งให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขต่อไปในวงจรที่ 3 โดยตัวอย่างการวางแผนการแก้ปัญหาของนักเรียนในวงจรที่ 2 ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 2

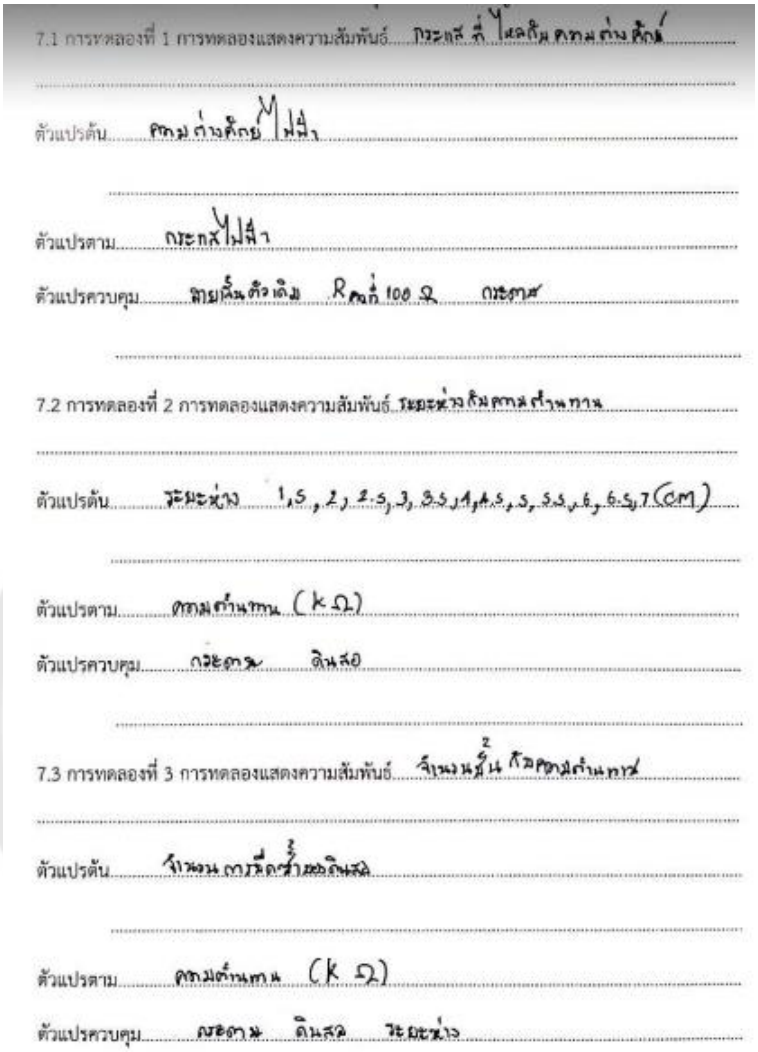
ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถกำหนดตัวแปรต้นในการพิจารณาแนวโน้มความสัมพันธ์ได้ 4 ขนาดซึ่งทำให้ผลการแก้ปัญหาของนักเรียนสามารถบอกขีดความสามารถที่ตัวแปรต้นจะส่งผลต่อตัวแปรตามได้ เช่น การกำหนดตัวแปรต้นด้วยจำนวนของขนาดที่น้อยไปจะไม่สามารถบอกได้ว่าการทดลองนี้ตัวแปรต้นมีผลต่อตัวแปรตามมากที่สุด/น้อยที่สุดที่ขนาดเท่าใด



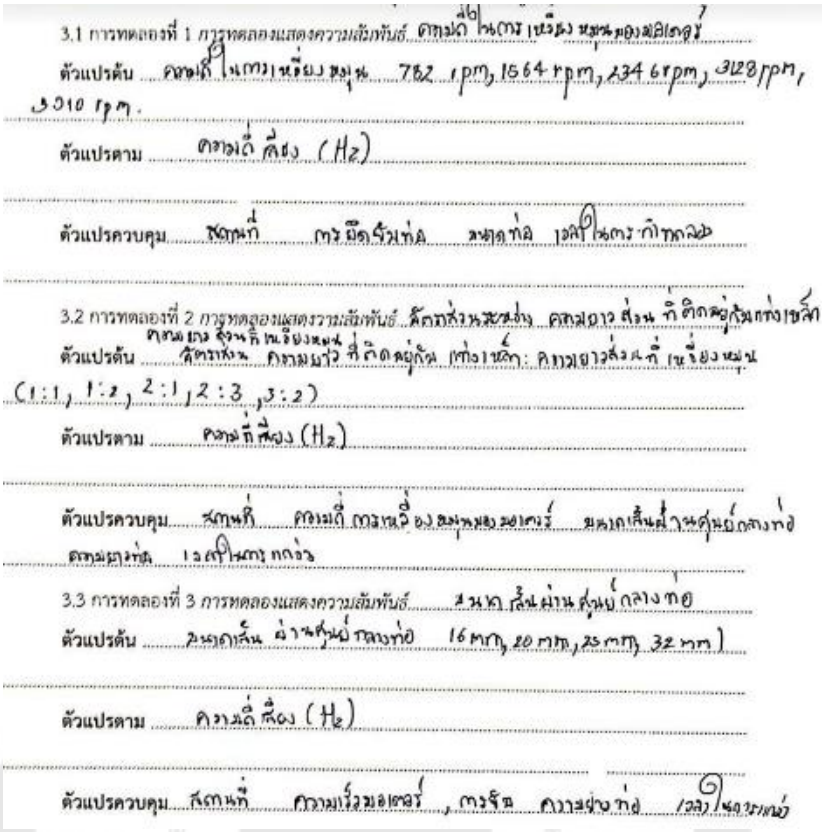
ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 3

ในวงจรที่ 4 และ วงจรที่ 5 พบว่าผู้เรียนสามารถระบุถึงขนาดของตัวแปรต้นเพื่อบอกถึงแนวโน้มของความสัมพันธ์กับตัวแปรตามได้โดยการกำหนดขนาดของตัวแปรต้นแต่ละขนาดมีการเพิ่มขึ้นอย่างเป็นสัดส่วนจากการสอบถามนักเรียนกลุ่ม A ว่านักเรียนค้นพบอะไรจากการกำหนดตัวแปรต้นที่หลากหลายบ้าง คำตอบของนักเรียนคือ “เมื่อนำผลการทดลองไปสร้างเส้นแนวโน้มเป็นกราฟความสัมพันธ์หากขนาดของตัวแปรต้นไม่มีการเพิ่มหรือลดอย่างเป็นสัดส่วนจะทำให้ช่วงจุดบนกราฟความสัมพันธ์ไม่มีความครอบคลุมและทำให้ข้อมูลบางช่วงจุดขาดหาย

โดยเฉพาะในการทดลองที่กราฟเป็นเส้นโค้งจะคาดเดาได้ยากครับ” ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในวงจรที่ 4 และ 5



ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 4



ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรวงจรที่ 5

จะพบว่าในขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาการให้นักเรียนได้ฝึกวางแผนถึงตัวแปรต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการแก้ปัญหามีความสำคัญต่อการพิจารณาถึงคำตอบของปัญหาซึ่งการกำหนดตัวแปรทุกตัวแปรมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาทั้งสิ้น ครูผู้สอนควรแนะนำถึงการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมให้กับผู้เรียน และอาจจะใช้วิธีการตรวจคำตอบของนักเรียนก่อนที่นักเรียนจะแก้ปัญหาเพื่อจะได้พิจารณาถึงพารามิเตอร์ที่นักเรียนขาดไป อีกทั้งการพิจารณาถึงตัวแปรควบคุมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทดลองเนื่องจากไม่ควรมีพารามิเตอร์อื่นมาเกี่ยวข้องในการพิจารณาผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานผู้วิจัยได้แนวทางในการทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานคือ

1. การกำหนดขนาด/ปริมาณของตัวแปรต้นน้อยกว่า 4 หน่วย จะส่งผลต่อการนำผลการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถบอกแนวโน้มความสัมพันธ์ของกราฟได้แน่ชัด ควรให้นักเรียนกำหนดขนาดของตัวแปรต้นแต่ละตัวอย่างน้อย 4-5 หน่วย

2. ผู้สอนควรกำชับนักเรียนให้มีการให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ/การทดลองเนื่องจากการไม่ใส่ความคลาดเคลื่อนในการทดลองจะทำให้ผลการทดลองเกินความคลาดเคลื่อนและทำให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือน้อยลง

3. ควรมีการนำสมการความสัมพันธ์มาพิจารณาร่วมกับผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์ เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการแก้ปัญหาของนักเรียนมีแนวโน้มเป็นไปตามรูปแบบความสัมพันธ์ใด

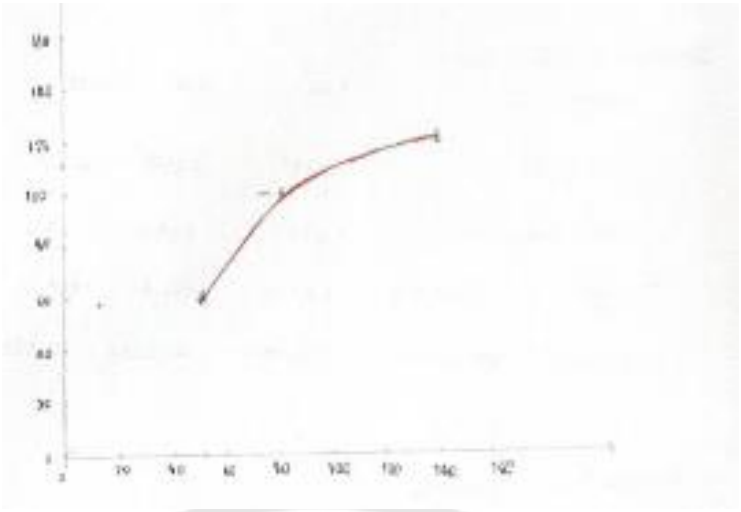
โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ทั้ง 5 วงจร เป็นดังนี้

วงจรที่ 1 ปืนสุญญากาศ นักเรียนกลุ่ม A และกลุ่ม B มีการปรับปรุงชิ้นงานซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ กระดาษที่นำมาปิดปากกระบอกปืนไม่สามารถทนต่อแรงดูดของเครื่องดูดฝุ่นได้ทำให้กระดาษโดนดึงเข้าไปภายในท่อ การแก้ปัญหาของนักเรียน กลุ่ม A ใช้วิธีการเปลี่ยนกระดาษให้มีความแข็งแรงมากขึ้น กลุ่ม B ใช้วิธีการปิดกระดาษและในเทปกาวติดกระดาษกับปากท่อไว้ เมื่อปรับปรุงแก้ไขจนได้ประสิทธิภาพ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทำการทดสอบ บันทึกผลการทดลอง ดังตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียน

	1 : 2	1 : 4	1 : 1
	0.1841	0.1815	0.0169
	1.2139	2.1502	6.1572
	175.20	180.40	189.30
	33.1576	61.2264	66.1205

ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองของนักเรียน วงจรที่ 1

จากภาพประกอบ 19 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถทำการทดสอบและประเมินผลชิ้นงานของนักเรียนได้ โดยผู้เรียนได้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเองแต่การบันทึกผลการทดลองยังไม่มีการแสดงความคลาดเคลื่อนของการวัดและผลของการกำหนดตัวแปรต้นด้วยจำนวนที่น้อยไปส่งผลต่อการเขียนกราฟความสัมพันธ์ดังตัวอย่างการวิเคราะห์และเขียนกราฟความสัมพันธ์

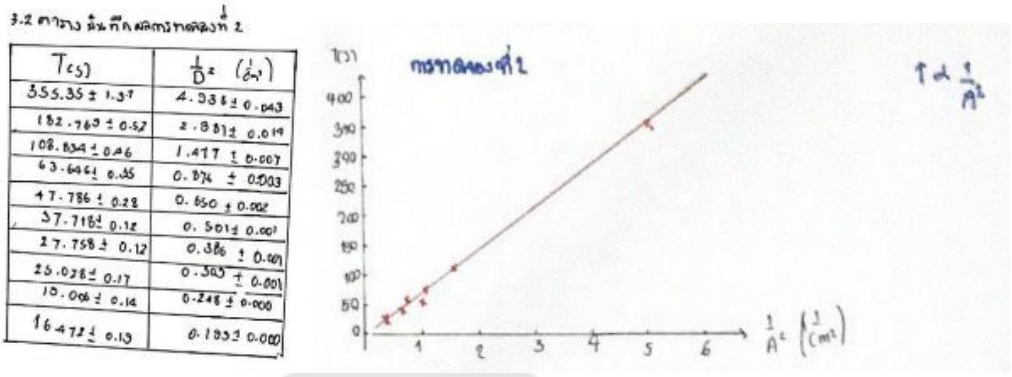


ภาพประกอบ 20 ตัวอย่างการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของนักเรียน วงจรที่ 1

ซึ่งจะพบว่าจากการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของผู้เรียนมีจุดความสัมพันธ์เพียง 3 จุดความสัมพันธ์ และไม่มีการเขียนจุดความเคลื่อนเคลื่อนลงในกราฟความสัมพันธ์ทำให้การเขียนเส้นแนวโน้มของกราฟอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนและขาดความเชื่อถือและผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนมีการนำผลการทดลองมาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับทฤษฎีเป็นการตรวจสอบแนวโน้มผลการทดลองของนักเรียนและแนะนำให้นักเรียนพิจารณาตัวแปรต้นในแต่ละตัวแปรอย่างน้อย 4-5 ขนาด เพื่อจะได้พิจารณาแนวโน้มความสัมพันธ์ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนจากการวัดควรพิจารณาด้วย

ในวงจรที่ 2 ชาม saxon ผู้วิจัยใช้วิธีการเช่นเดียวกับวงจรที่ 1 แต่มีการเน้นย้ำถึงการกำหนดปริมาณของตัวแปรต้นแต่ละตัวแปรให้มีจำนวนขนาดตัวแปรต้น 4-5 ตัวแปร การแสดงความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือและการวัดในการบันทึกผลการทดลอง โดยการทดสอบชิ้นงานในกลุ่ม B พบปัญหาคือ เมื่อปล่อยภาชนะลงไปในน้ำภาชนะจะไม่จมลงไป ผู้วิจัยได้สอบถามถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนว่า นักเรียนคิดว่าปัจจัยใดที่ส่งผลให้ภาชนะไม่จมลงไปในน้ำ คำตอบของนักเรียนคือ “อาจเนื่องมาจากน้ำหนักของภาชนะไม่สามารถเอาชนะแรงลอยตัว และแรงตึงผิวของน้ำในช่วงแรกได้” นักเรียนจึงแก้ปัญหาโดยการน้ำดินน้ำมันไปติดที่ปากภาชนะเพื่อเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับภาชนะ สำหรับนักเรียนกลุ่ม A ไม่มีการแก้ไขชิ้นงานเนื่องจากนักเรียนได้วางแผนและคาดการณ์ถึงปัจจัยเบื้องต้นที่ทำให้ชามเริ่มจมลงไปในน้ำได้เมื่อน้ำหนักของภาชนะมีค่ามากกว่าแรงลอยตัว จึงได้ทำการนำวัตถุมาถ่วงที่ชามเพื่อเป็นการเพิ่มน้ำหนักของชามซึ่งทั้งสองกลุ่มได้บันทึกผลการทดลองพร้อมแสดงความคลาดเคลื่อนซึ่งผู้เรียนทั้งสองกลุ่มได้มีการทดสอบ

ชิ้นงานและปัญหาตามความสัมพันธ์ที่ได้วางแผนการแก้ปัญหาไว้ครบทุกความสัมพันธ์ดังภาพประกอบ 20



T(s)	$\frac{1}{D^2}$ ($\frac{1}{cm^2}$)
355.35 ± 1.37	4.938 ± 0.043
182.769 ± 0.52	2.381 ± 0.019
108.834 ± 0.46	1.477 ± 0.007
63.6461 ± 0.35	0.874 ± 0.003
47.786 ± 0.28	0.650 ± 0.002
37.7184 ± 0.18	0.501 ± 0.002
27.758 ± 0.12	0.386 ± 0.001
25.038 ± 0.17	0.345 ± 0.001
18.006 ± 0.16	0.248 ± 0.000
16.472 ± 0.13	0.1833 ± 0.000

ภาพประกอบ 21 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์ของนักเรียน วงจรที่ 2

ในวงจรที่ 3 กรวยและบอล วงจรที่ 4 ลายเส้นนำไฟฟ้า และ วงจรที่ 5 แกว่งท่อเสียง ผู้วิจัยใช้วิธีการเดียวกับวงจรที่ 2 โดยผู้เรียนสามารถทดสอบชิ้นงานได้อย่างคล่องแคล่วโดยผู้วิจัยเข้าไปมีบทบาทในขั้นตอนนี้น้อยที่สุด และผู้เรียนได้มีการบันทึกผลการทดลองและแสดงกราฟความสัมพันธ์และสามารถพิจารณาแนวโน้มของความสัมพันธ์ในแต่ละการทดลองได้ซึ่งในขั้นตอนนี้จะพบว่านักเรียนสามารถทำการทดสอบให้ผลการทดลองสามารถนำไปใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและเป็นหลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้มากขึ้นเนื่องจากการทดลองของนักเรียนมีความครอบคลุม กราฟความสัมพันธ์สามารถบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้จากการที่นักเรียนมีการกำหนดค่าของตัวแปรต้นแต่ละชนิดจำนวน 4-5 ค่า ทำให้แนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ที่ได้มามีความชัดเจน และมีการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานได้ คือ ในวงจรที่ 3 กรวยและบอลในการจัดอุปกรณ์ในการทดลองของนักเรียนไม่มีการคำนึงถึงผลของความดันอากาศด้านล่างกรวยซึ่งนักเรียนทั้งสองกลุ่มทำให้ปากกรวยมีช่องว่างของปากกรวยและพื้นระนาบในระยะห่างที่มากเกินไป ทำให้ลูกบอลสามารถยกตัวได้ยาก จากนั้นนักเรียนจึงใช้วิธีการจัดอุปกรณ์ให้ปากกรวยมีระยะห่างกับพื้นระนาบให้น้อยที่สุดเพื่อให้เกิดผลต่างของความดันอากาศมากที่สุดจึงทำให้ลูกบอลสามารถยกตัวได้ง่ายขึ้น, ในวงจรที่ 4 เรื่องลายเส้นนำไฟฟ้า ในการทดลองของนักเรียนมีการลากเส้นดินสอด้วยมือทำให้แรงกดที่นักเรียนลากส่งผลต่อความเข้มของแกรไฟต์ซึ่งจะส่งผลต่อการนำไฟฟ้าของลายเส้นดินสอ นักเรียนจึงปรับเปลี่ยนวิธีการลากดินสอโดยการเขียนรหัสคำสั่งด้วยโปรแกรม Aduno ในการควบคุมการลากเส้นดินสอ และในวงจรที่ 5 แกว่งท่อเสียงสำหรับนักเรียนทั้งกลุ่ม A และ B มีการใช้มอเตอร์ในการแกว่งท่อลูกฟูกเพื่อเป็นการควบคุมความเร็วในการแกว่งท่อลูกฟูกในแต่ละรอบโดยการวัดความเร็วรอบในการหมุนจากการใช้สายตาในการนับรอบการแกว่งทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน นักเรียนกลุ่ม A แก้ปัญหา

โดยการใช้การวัดความเร็วรอบในการหมุนจากการใช้โปรแกรม tracker และนักเรียนกลุ่ม B ในการเขียนรหัสคำสั่งด้วยโปรแกรม Aduno จากการใช้ sensor ของแสงในการตกกระทบกับท่อลูกฟูกในการวัดความเร็วรอบในการหมุนของท่อลูกฟูก ซึ่งในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานทำให้ผู้เรียนได้เกิดการคิดแก้ปัญหาจนมีประสิทธิภาพที่ดี และสามารถประเมินผลชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นได้

6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยใช้วิธีการจับฉลากกลุ่มที่จะได้ออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียนให้เพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่นได้เข้าใจในวิธีการแก้ปัญหา และผลของการแก้ปัญหา/ชิ้นงานของกลุ่มตัวเอง จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ผู้วิจัยได้แนวทางในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานคือ

1. ผู้สอนควรกำหนดประเด็นสำคัญที่ควรมีในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เช่น วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง, วิธีการเตรียมการทดลอง, การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม, ตารางบันทึกผลการทดลอง, กราฟแสดงความสัมพันธ์ และ สรุปผลการทดลอง จะทำให้ผู้เรียนสามารถลำดับการนำเสนองานให้ผู้อื่นได้เข้าใจและครอบคลุมมากขึ้นด้วย

2. หากมีเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น ควรให้นักเรียนได้มีการฝึกซ้อมการนำเสนอให้สมาชิกภายในกลุ่มฟังและร่วมกันเสนอแนะถึงการนำเสนอ และอภิปรายกันภายในกลุ่มถึงวิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง ก่อนไปสู่ขั้นที่ 7 ขั้นโต้วาที

โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานทั้ง 5 วงจร เป็นดังนี้

วงจรที่ 1 ปืนสุญญากาศ กลุ่ม B ได้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ นักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงาน วิธีการสร้างชิ้นงาน ปัจจัยที่ต้องการจะศึกษา และนำเสนอผลการทดสอบในรูปแบบตารางบันทึกผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ที่มีการแสดงแนวโน้มของผลการทดลอง และมีการสรุปผลการทดลองได้ว่า อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อและลูกกระสุนที่มีค่าเข้าใกล้ 1จะส่งผลให้ความเร็วของลูกกระสุนมีค่ามาก และท่อยิ่งมีความยาวมากก็จะยิ่งส่งผลให้ความเร็วของลูกกระสุนมีค่ามากพร้อมทั้งนำสมการความสัมพันธ์มาแสดงความสัมพันธ์เพื่อยืนยันผลการทดลองของตนเอง แต่ในการนำเสนอนักเรียนยังขาดความมั่นใจในการนำเสนอและยังต้องคอยมองดูกระดาษที่จดมาอยู่เสมอ ในวงจรที่ 1 มาแก้ปัญหาโดยการให้ตัวแทนที่จะนำเสนอในแต่ละกลุ่มฝึกซ้อมการนำเสนอหน้าชั้นเรียนกับเพื่อนในกลุ่มของตนเองก่อนและให้เพื่อนในกลุ่มเสนอแนะถึงบุคคลิกในการนำเสนอของผู้นำเสนอ

วงจรที่ 2 ชาม saxon ในวงจรที่ 2 นี้ผู้วิจัยได้นำปัญหาในวงจรที่ 1 มาปรับปรุง โดยนักเรียนกลุ่ม A ได้ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ พบว่านักเรียนกลุ่ม B สามารถนำเสนอด้วยความมั่นใจในผลการทดลองของกลุ่มตนเอง สามารถบอกได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการจมของชามขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของชามและความสูงของชามหากมีปริมาณมากก็จะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการจมมาก, ขนาดรูที่ก้นชามและน้ำหนักของชามยิ่งมากจะใช้เวลาในการจมน้อยซึ่งนักเรียนได้นำปัจจัยข้างต้นและผลการทดลองไปเชื่อมโยงให้เห็นว่าสอดคล้องกับสมการความสัมพันธ์ แต่ในการนำเสนอยังมีการขาดหายไปในส่วนของ วิธีการเตรียมการทดลอง ทำให้ยังขาดความน่าเชื่อถือเมื่อจบการนำเสนอแล้ว ผู้วิจัยจึงชี้แนะแนวในการนำเสนอถึงประเด็นที่ควรมี ได้แก่ วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง, วิธีการเตรียมการทดลอง, การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม, ตารางบันทึกผลการทดลอง, กราฟแสดงความสัมพันธ์ และ สรุปผลการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนได้นำไปปรับปรุงใช้ในวงจรต่อไป

วงจรที่ 3 กรวยและบอล กลุ่ม B ทำหน้าที่เป็นผู้นำเสนอโดยนักเรียนสามารถนำเสนอถึงประเด็นที่ควรมีได้ครบถ้วนจากคำแนะนำของผู้วิจัยและสามารถตอบ คำถามได้ว่า การเป่าอากาศผ่านกรวยสามารถยกลูกบอลขนาดเล็กได้เกิดจากผลต่างของความดันบริเวณด้านข้างและด้านล่างของลูกบอลทำให้เกิดเป็นแรงต้านโดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอล, ขนาดคอกรวยและอัตราเร็วลมที่มีค่ามากจะส่งผลให้ผลต่างความดันอากาศมีค่ามาก ทำให้เกิดแรงต้านที่มีค่ามากตาม ลูกบอลจึงยกตังขึ้นได้ พร้อมทั้งนำสมการแสดงความสัมพันธ์มาสนับสนุนผลการทดลองของตนเอง

วงจรที่ 4 ลายเส้นนำไฟฟ้า กลุ่ม B ทำหน้าที่เป็นผู้นำเสนอโดยการนำเสนอของนักเรียนมีความคล่องแคล่วขึ้นและสามารถอธิบายถึงลักษณะเฉพาะของลายเส้นดินสอที่มีผลต่อการนำไฟฟ้าได้ว่าระยะห่างของปลายลายเส้นดินสอน้อยจะทำให้การนำไฟฟ้าได้ดีเนื่องจากความต้านทานน้อย พื้นที่หน้าตัดของลายเส้นนำไฟฟ้ามาก ส่งผลให้ความต้านทานน้อย และจำนวนชั้นของลายเส้นดินสอมากจะส่งผลให้ความต้านทานน้อย การนำไฟฟ้าได้ดี โดยนักเรียนได้มีการนำสมการความสัมพันธ์ของความต้านทานมาสนับสนุนผลการทดลองอีกด้วย รวมถึงในการทดลองนี้ผู้เรียนได้มีการนำเสนอถึงการตรวจสอบว่า การสร้างชิ้นงานของกลุ่มตนเองเป็นไปตามกฎของโอห์มหรือไม่ เพื่อที่จะได้นำสมการความสัมพันธ์ของความต้านทานไฟฟ้ามาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นี้

วงจรที่ 5 แกว่งท่อเสียง กลุ่ม A ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอนักเรียนสามารถนำเสนอได้ว่า เมื่อแกว่งท่อลูกฟูกในลักษณะเหวี่ยงหมุนจะทำให้เกิดเสียงขึ้นได้ “เพราะอนุภาคของ

อากาศในท่อมีการสั่นเนื่องจากท่อ 2 ฝั่งมีการหมุนด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันทำให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านท่อได้"และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเสียงที่แตกต่างกัน ได้แก่ ความเร็วของมอเตอร์ที่เหวี่ยงหมุนท่อลูกฟูก เมื่อความเร็วมอเตอร์มากจะทำให้ความถี่เสียงมีค่ามาก อัตราส่วนของท่อที่ยืดและความยาวท่อที่ปล่อยทำให้ความถี่สูงสุดเมื่อท่อที่ปล่อยสั้นกว่า

ในขั้นที่ 6 ขั้นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานทั้ง 5 วงจร ผู้วิจัยพบว่าการได้ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้นำเสนองานหน้าชั้นเรียนบ่อย ๆ จะทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยการการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนและทำให้มีความมั่นใจในการนำเสนอ อีกทั้งการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา/ชิ้นงาน จะทำให้ผู้เรียนพบจุดบกพร่องในชิ้นงานของตนเองและของเพื่อนในกลุ่มเพื่อที่จะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขครั้งต่อไป

7. ขั้นการพูดโต้วาที (Debating)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการพูดโต้วาที ผู้วิจัยได้แนวทางในขั้นการพูดโต้วาที คือ

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนเพื่อที่จะโต้วาทีโดยญัตติที่ใช้ในการโต้วาทีนั้นเป็นลักษณะคำถามในสถานการณ์ที่ครูมอบหมายให้นักเรียนได้แก้ปัญหา โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีเวลาในการร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อหาข้อมูล ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเพื่อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ถึงประเด็นต่างๆ ของฝ่ายตรงข้ามเพื่อให้เหตุผลของฝ่ายตรงข้ามตกไปโดยให้เวลาในการเตรียมพร้อมและรวบรวมประเด็นที่จะโต้แย้งหลังจากมีการนำเสนอผลของการแก้ปัญหาในขั้นที่ 5

2. ควรมีเวลาเพื่อให้ผู้เรียนได้เตรียมตัวเพื่อรวบรวมประเด็นที่จะโต้แย้งระหว่างการเปลี่ยนบทบาทผู้พูด

3. ผู้สอนควรแนะแนวทางในการโต้วาทีถึงการโต้วาทีอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างของตนมีความน่าเชื่อถือ และให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป

4. หลังจากเสร็จสิ้นการโต้วาที ผู้สอนและนักเรียนควรมีการอภิปรายร่วมกันถึงประเด็นที่โต้แย้งกันเพื่อหาข้อยุติที่สามารถยอมรับร่วมกันได้

โดยผลการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในขั้นการพูดโต้วาทีทั้ง 5 วงจร เป็นดังนี้

วงจรที่ 1 มีญัตติในการโต้วาทีคือ ในช่วงสถานการณ์ที่บ้านเมืองมีความไม่สงบเกิดขึ้น ทำให้ต้องรู้จักการป้องกันตัว มาริโอคิดจะประดิษฐ์เครื่องมือในการป้องกันตัว ชื่อว่า ปืนสุญญากาศ โดยปืนชนิดนี้ จะสามารถทำงานได้เมื่อนำท่อพลาสติกมาทำเป็นกระบอกปืน และใช้เครื่องดูดฝุ่นมาดูดอากาศภายในท่อพลาสติกออกโดยขณะที่ดูดอากาศออก จะต้องมีการปิดปลาย

ปากท่อพลาสติกทั้งสองด้านไว้ เมื่อใส่กระสุนเข้าไปในท่อจะทำให้กระสุนสามารถพุ่งออกจากปากกระบอกท่อพลาสติกด้วยความเร็วค่าหนึ่งได้ขอให้นักเรียนช่วยกันสร้างปืนสุญญากาศขึ้นและทำให้กระสุนที่ออกจากปืนสุญญากาศมีความเร็วมากที่สุดพร้อมทั้งอธิบายถึงกลไกการทำงานของปืนสุญญากาศ โดยกลุ่ม B ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ผู้วิจัยให้นักเรียน รหัส B1 ทำหน้าที่เป็นประธาน B2 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 1, B3 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 2, B4 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 3, B5 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 4 และสำหรับกลุ่ม A ทำหน้าที่เป็นฝ่ายค้านและกำหนดรหัสเช่นเดียวกันกับกลุ่ม B ผู้วิจัยพบว่าในวงจรที่ 1 นักเรียนทั้งสองกลุ่มต่างก็ให้ความสำคัญกับบทบาทของตนเองมากจนเกินไปโดยไม่ได้สนใจฟังประเด็นที่เพื่อนคนอื่นๆพูด ทำให้นักเรียนยังขาดการจับใจความและโต้แย้งได้ไม่ตรงประเด็นทำให้พฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกส่วนใหญ่ไม่เป็นเหตุเป็นผล เป็นการแสดงความคิดเห็นด้วยอารมณ์ความรู้สึกเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และในวงจรนี้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลในการทำการทดลองจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การระบุข้อกล่าวอ้าง เช่น ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเร็วของลูกกระสุนได้แก่ ความยาวท่อ, พื้นที่หน้าตัดท่อ, สัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดท่อต่อพื้นที่หน้าตัดลูกกระสุน, ผลต่างความดัน และเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนักเรียนได้นำเสนอโดยใช้หลักของแบร์นูลลีและผลของความดันมาเป็นเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น แต่การให้หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวจะยังไม่มีความน่าเชื่อถือเนื่องจากหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนเป็นผลการทดลองในแต่ละความสัมพันธ์ ซึ่งหลักฐานเหล่านั้นขาดความเชื่อถือโดยยังไม่มีการแสดงความคลาดเคลื่อนของข้อมูล แต่ในการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามและการให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับนักเรียนยังไม่สามารถโน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามเชื่อในสิ่งที่ฝ่ายตนเองกล่าวได้เนื่องจากนักเรียนยังยึดติดกับผลการทดลองของกลุ่มตนเองเช่น นักเรียนกลุ่ม A กล่าวว่าการที่นำลูกกระสุนใส่เข้าไปในท่ออย่างฉับพลันจะให้ผลการทดลองที่แม่นยำกว่า การใส่ลูกกระสุนไว้ในท่อก่อนที่จะทำการดูดอากาศเนื่องจากการใส่กระสุนไว้ในท่อเมื่อทำการก่อนดูดอากาศภายในท่อจะทำให้ลูกกระสุนมีการเคลื่อนที่ก่อนจะเปิดปากท่อ ซึ่งนักเรียนกลุ่ม B ไม่สามารถให้เหตุผลโต้แย้งฝ่ายค้านได้ว่าเพราะเหตุใดกระสุนจึงไม่มีการเคลื่อนที่อันเนื่องมาจากการปิดปากท่อไว้ทั้งสองฝั่งเมื่อทำการดูดอากาศภายในท่อ ณ ขระนั้นจะยังไม่เกิดผลต่างความดันอากาศระหว่างภายในท่อและภายนอกท่อกระสุนจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

วงจรที่ 2 มีญัตติในการโต้วาทีคือ ในการแข่งขันไก่ชนกรรมการนำวิธีการจับเวลาของชาว Saxon มาใช้ในการจับเวลาการแข่งขัน โดยใช้กะลามีรูจับเวลาการแข่งขัน แต่พบว่าเมื่อ

มาแข่งในนัดชิงวันถัดไปกะลาใบเดิมก็ได้หายไป จึงได้นำกะลาใบใหม่มาแทนแต่ทำให้เวลาที่จับในแต่ละรอบการแข่งขันไม่เท่ากัน หนูดีสังเกตเห็นว่าหากเรานำชามที่มีรูไปวางบนผิวน้ำชามก็จะสามารถจมลงในน้ำได้หนูดีจึงได้ทำการทดลองเพื่อสืบเสาะหาปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาในการจมของชามที่ใช้จับเวลาโดยหนูดีตั้งชื่อชามชนิดว่า ชาม saxon เมื่อหนูดีทำการทดลองดังกล่าวจึงได้นำความรู้ไปเผยแพร่ให้กรรมการในการเลือกใช้วัสดุในการจับเวลาโดยยังคงเลือกใช้วิธีการจับเวลาของชาว saxon กลุ่ม A ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ผู้วิจัยให้นักเรียน รหัส A2 ทำหน้าที่เป็นประธาน A3 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 1, A4 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 2, A5 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 3, A1 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 4 และสำหรับกลุ่ม B ทำหน้าที่เป็นฝ่ายค้าน และกำหนดรหัสเช่นเดียวกันกับกลุ่ม A ก่อนเริ่มการโต้วาทีผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะกับผู้เรียนว่า นักเรียนควรร่วมกันแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มและร่วมกันฟังในสิ่งที่เพื่อนคนอื่นๆ ได้พูด จะทำให้ประเด็นที่นำมาโต้แย้งไม่ตกหล่นไป ผู้วิจัยพบว่าในวงจรที่ 2 นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้ เช่น นักเรียนกล่าวว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาในการจมของชามได้แก่ น้ำหนักของชาม ขนาดของรู ขนาดพื้นที่ของปากชาม อีกทั้งยังสามารถเชื่อมโยงตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้ มีการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองแต่การให้เหตุผลโดยการใช้ทฤษฎีหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนยังไม่ครอบคลุมทุกประเด็น มีการแสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุนเป็นหลักฐานที่ได้จากกทดลองในรูปแบบของตารางผลการทดลอง/กราฟแสดงความสัมพันธ์และนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้สืบค้นมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนเหตุผลของกลุ่มตนเอง การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามในวงจรที่ 2 นี้นักเรียนเริ่มมีการใช้ข้อคำถามในการตรวจสอบข้อเท็จจริงของฝ่ายตรงข้ามและมีการแสดงเหตุผลถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นในมุมมองของตนเองแต่การแสดงเหตุผลยังไม่ค่อยเป็นเหตุเป็นผลมากนัก และนักเรียนสามารถนำทฤษฎี/ข้อมูลที่นักเรียนได้สืบค้นมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นได้ และในการหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการระบุเหตุผลโดยใช้หลักฐานจากการทดลอง นำทฤษฎีมายืนยันสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองแต่ยังไม่มีการโน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามเชื่อได้ทุกประเด็น

ในวงจรที่ 3 หนูดีได้ไปดูมายากลที่นักมายากลโชว์การทำให้ลูกบอลขนาดเล็กที่อยู่ในกรวยลักษณะคว่ำปากกรวยลงสู่พื้นเมื่อเป่าอากาศผ่านกรวย ลูกบอลจะยกตัวลอยขึ้นได้และไม่ตกลงสู่พื้น หนูดีมีความสนใจในการโชว์มายากลชุดนี้ว่าเหตุใดทำให้ลูกบอลไม่ตกลงสู่พื้นตามแรงโน้มถ่วงของโลก หนูดีจึงทำการทดลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์นี้และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ขึ้น ผู้วิจัยพบว่า ในองค์ประกอบที่ 4 และ 5 นักเรียนยังแสดงความสามารถออกมา

ได้ไม่ดีเท่าที่ควรผู้วิจัยให้คำแนะนำการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามว่า นักเรียนควรเริ่มสังเกต/สงสัยในผลการทดลอง ทฤษฎี สมการที่กลุ่มอื่นได้นับมาเป็นเหตุผลและหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และเมื่อถึงเวลาที่จะทำหน้าที่ของแต่ละบุคคล นักเรียนควรรับฟังและบันทึกในประเด็นสำคัญที่ผู้พูดก่อนหน้าได้โต้แย้งกัน เพื่อที่จะนำมาให้เหตุผล/หลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามต่อโดยที่นักเรียนไม่ควรเปลี่ยนประเด็นในการโต้แย้งหากข้อกล่าวอ้างนั้นยังไม่ได้ยุติ, นักเรียนสามารถโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้จากข้อมูลตารางการทดลอง/กราฟความสัมพันธ์โดยการนำเหตุผล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนว่าข้อกล่าวอ้างที่ตนเองได้กล่าวไปถูกต้องหรือแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไป

ในวงจรที่ 4 และ 5 ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนสามารถกลุ่ม B ทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ ผู้วิจัยให้นักเรียน รหัส B3 ทำหน้าที่เป็นประธาน B4 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 1, B5 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 2, B1 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 3, B2 เป็นผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอคนที่ 4 และสำหรับกลุ่ม A ทำหน้าที่เป็นฝ่ายค้านและกำหนดรหัสเช่นเดียวกันกับกลุ่ม B ก่อนการโต้วาที ผู้วิจัยได้ชี้แจงการปรับเวลาในการเตรียมตัวก่อนการพูดใหม่ จากเดิมที่ผู้วิจัยให้เวลาเตรียมตัวในการพูดโต้วาทีหลังจากการนำเสนอของฝ่ายนำเสนอ 5 นาที ผู้วิจัยได้เพิ่มเวลาในการเตรียมตัวก่อนการนำเสนอทุกลำดับการพูดเป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาไตร่ตรองและลำดับประเด็นในการโต้วาที โดยผู้วิจัยพบว่านักเรียนสามารถแสดงความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทั้ง 5 องค์ประกอบ โดยการแสดงความคิดเห็นการให้เหตุผลของนักเรียนจะเป็นการให้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวของตนเองในแต่ละประเด็นได้ หลักฐานที่นำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างมีความหลากหลายมากขึ้นดังคำกล่าวของนักเรียน เช่น ผลการทดลองที่ทำการแกว่งท่อลูกฟูกเปรียบเทียบกับท่อเรียบมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแกว่งท่อแบบลูกฟูกจะทำให้เกิดเสียงแต่การแกว่งท่อผิวเรียบจะไม่ได้ยินเสียงที่ความถี่ต่างๆ และยังมีการเน้นหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ในองค์ประกอบของการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามนักเรียนสามารถตั้งคำถามในการสืบสวนถึงข้อเท็จจริงในข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นได้ดี โดยประเด็นที่นักเรียนมักนำมาเป็นคำถามคือ ตัวแปรที่พิจารณา, การเตรียมและสร้างอุปกรณ์, ตารางผลการทดลอง, แนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์, สมการที่มารองรับผลการทดลอง และผลการทดลองมีความสอดคล้องกับสมการทางวิทยาศาสตร์/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาสนับสนุนมีความสอดคล้องกันหรือไม่ และในการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับฝ่ายตรง

ข้ามผู้วิจัยพบว่านักเรียนยังยืนยันในจุดยืนและข้อกล่าวอ้างของตนเองอย่างมากถึงแม้ว่า การให้เหตุผลหรือหลักฐานในการโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามจะน่าเชื่อถือ

อย่างไรก็ตามการให้ผู้เรียนได้ฝึกการโต้วาทีผู้วิจัยพบว่า หากผู้เรียนได้ฝึกการโต้วาทีบ่อยๆ จะทำให้ผู้เรียนมีไหวพริบและการตัดสินใจที่รอบคอบ และรวดเร็วมากขึ้น และการจัดการโต้วาทีจะเป็นการทำให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิด/ข้อมูล/หลักฐานทำให้ผู้เรียนได้ความรู้ที่หลากหลายและแตกต่างจากมุมมองของตนเอง และเป็นการได้หาข้อยุติที่สมเหตุสมผล ระหว่างกลุ่มกัน แต่ในการจัดกิจกรรมการโต้วาทีผู้สอนควรชี้แนะให้ผู้เรียนโต้แย้งด้วยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการใช้อารมณ์เพื่อเอาชนะฝ่ายตรงข้าม หากผู้เรียนได้เบี่ยงเบนความคิดและมุ่งเน้นในการให้เห็นผลอย่างเป็นเหตุเป็นผล และนำหลักฐานที่ได้จากการทดลองมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองจะทำให้ข้อกล่าวอ้างนั้นน่าเชื่อได้มากกว่าการโต้แย้งโดยใช้อารมณ์และความรู้สึกในการแสดงความคิดเห็น หากในการจัดการเรียนรู้ผู้สอนมีเวลาในการจัดกิจกรรมมากขึ้น อาจมีการปรับเปลี่ยนเวลาในการเตรียมตัวเพื่อที่จะโต้วาทีในแต่ละลำดับการพูดเพื่อให้ผู้เรียนได้มีเวลาในการตรวจสอบและลำดับประเด็นสำคัญที่ควรนำมาโต้แย้ง สำหรับบทบาทของครูผู้สอนควรมีการชี้แนะถึงประเด็นที่จะสามารถนำมาเป็นข้อคำถามในการเริ่มการโต้แย้งให้กับผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนสามารถจับประเด็นในการนำมาโต้แย้งได้ง่ายขึ้น

ตอนที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ผู้วิจัยได้ทำการวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้, ด้านบรรยากาศการเรียนรู้, ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 26 ข้อ โดยทำการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดได้ผลแสดงดังตารางที่ 20

ตาราง 20 ตารางแสดงความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
1. ผู้สอนมีการชี้แจงขอบเขตของเนื้อหา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ชัดเจน	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
2. มีการลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	4.7	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำหลักฐานไปสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการนำหลักฐานไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีข้อมูลไปสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นทำให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป	4.4	0.52	พึงพอใจมากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักฐานจากผลการทดลองมาระบุเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้าม	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
8. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีหลักฐานเพื่อไปสนับสนุนการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามว่าไม่ถูกต้อง	4.6	0.51	พึงพอใจมากที่สุด
9. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุและผล	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
10. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
11. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
12. สื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
13. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.85	0.35	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้			
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
2. สภาพห้องเรียนเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้	3.9	0.57	พึงพอใจมากที่สุด
3. ครูผู้สอนสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
5. มีการสรุปและอภิปรายหลังการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้	4.7	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.68	0.55	พึงพอใจมากที่สุด
ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้			
1. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีหลากหลาย	4.9	0.32	พึงพอใจมากที่สุด
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
3. ครูผู้สอนมีการใช้สื่อ และเอกสารสอดคล้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน	4.4	0.52	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.77	0.43	พึงพอใจมากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการวัดและประเมินผล			
1.ครูแจ้งให้นักเรียนทราบแนวทางการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน	4.9	0.32	พึงพอใจมากที่สุด
2.ครูกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลที่สอดคล้องวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
3.นักเรียนสามารถตรวจสอบผลคะแนนจากการประเมินผลได้ตามเวลาที่เหมาะสม	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
4.ครูมีการวัดและประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ และสมเหตุสมผล	4.8	0.42	พึงพอใจมากที่สุด
5.ครูแจ้งผลการประเมินเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้	5.0	0	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.9	0.30	**พึงพอใจมากที่สุด**
รวมทั้งหมด	4.82	0.41	**พึงพอใจมากที่สุด**

จากตารางที่ 20 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 และมีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 เมื่อผู้วิจัยได้พิจารณาความพึงพอใจเป็นรายด้านเป็นดังนี้

ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมากที่สุด ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ผู้สอนมีการชี้แจงขอบเขตของเนื้อหา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ชัดเจน, มีการลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำหลักฐานไปสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์, กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการนำหลักฐานไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง, กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักฐานจากผลการทดลองมาระบุเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้าม, กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น, กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียน

ได้ฝึกกระบวนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน แต่ละประเด็นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5 มีความพึงพอใจมากที่สุด และประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีข้อมูลไปสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นทำให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 มีความพึงพอใจมากที่สุด

ด้านบรรยากาศการเรียนรู้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมากที่สุด ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้, ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีการสรุปและอภิปรายหลังการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมากที่สุด ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ครูผู้สอนมีการใช้สื่อ และเอกสารสอดคล้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

ด้านการวัดและประเมินผลพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 มีค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 ซึ่งมีความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมากที่สุด ประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ นักเรียนสามารถตรวจสอบผลคะแนนจากการประเมินผลได้ตามเวลาที่เหมาะสม, ครูแจ้งผลการประเมินเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.0 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด และประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ครูกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลที่สอดคล้องวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้, ครูมีการวัดและประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ และสมเหตุสมผลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.42 มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์และพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีได้, มีแนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ร่วมกับการโต้วาที และความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีมีระดับความพึงพอใจมากที่สุด

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้นำเสนอกระบวนการวิจัย สรุปผล อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนา

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

2. เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์

3. เพื่อให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีมีคะแนนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีอยู่ในระดับมาก

ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ –คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2562 โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ จำนวน 10 คน โดยเป็นนักเรียนที่สังกัดชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นกลุ่มนักเรียนที่ผู้วิจัยฝึกซ้อมนักเรียนเพื่อเตรียมตัวไปเข้าร่วมการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

การจัดการเรียนรู้โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตัวแปรตาม

1.ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์แบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที จำนวน 5 แผน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้แผนละ 4 คาบ เวลารวม 20 คาบ

2. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่แยกตามองค์ประกอบเป็นรายข้อและเป็นข้อคำถามที่เป็นลักษณะปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดได้อย่างอิสระ โดยผู้วิจัยได้ใช้เป็นข้อคำถามปลายเปิด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของสถานการณ์ ตอนที่ 2 ข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยข้อที่ 1 วัดองค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims), ข้อที่ 2 วัดองค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant), ข้อที่ 3 วัดองค์ประกอบที่ 3 การให้หลักฐานสนับ สนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence), ข้อที่ 4 วัดองค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument), ข้อที่ 5 วัดองค์ประกอบที่ 5 การให้หลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) จำนวน 2 สถานการณ์ คือ 1. หลอดดูดน้ำอัดลม 2. สถานการ์น้ำพุร้อน สถานการณ์ละ 5 ข้อ รวม 10 ข้อ

3. แบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แบบตรวจสอบพฤติกรรมรายข้อของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยแยกพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงตามองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

4. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้, ด้านบรรยากาศการเรียนรู้, ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ 1 หลอดดูดน้ำ

2. ดำเนินการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3. ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตรวจสอบความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการโต้วาทีของนักเรียนจากพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่แสดงออก

4. ทดสอบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สถานการณ์ที่ 2 น้ำพุร้อน

5. ประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาแนวทางการจัดกิจกรรมสำหรับชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมายของการวิจัยได้ดังนี้

1. การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

การจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีโดยใช้แบบแผนในการวิจัยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนทั้งหมด 5 วงจร ในแต่ละวงจรผู้วิจัยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่ประกอบด้วย 7 ขั้น ได้แก่ 1. ระบุปัญหา (Problem Identification) 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) 7. การพูดโต้วาที (Debating) ซึ่งผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีกระบวนการเรียนรู้ และแก้ปัญหาที่เป็นลำดับขั้นตอน

นอกจากนี้ผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์จำนวน 5 แผน โดยใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีจำนวน 7 ขั้นตามลำดับ และได้มีกใบกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบวนการในการแก้ปัญหาได้ก่อนนำไปแก้ปัญหาและโต้วาทีได้

2. ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังจัดการเรียนรู้มีรายละเอียดดังนี้

2.1 องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims) ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลหลังเรียนเพิ่มขึ้นจำนวน 10 คน และระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก

2.2 องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจำนวน 2 คน และคงที่จำนวน 8 คน

2.3 องค์ประกอบที่ 3 การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลหลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจำนวน 10 คน

2.4 องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจำนวน 7 คน และคงที่จำนวน 3 คน

2.5 องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) วิจัยพบว่านักเรียนมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจำนวน 9 คน และคงที่จำนวน 1 คน

ผลการพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมทุกองค์ประกอบหลังจัดการเรียนรู้รายบุคคลพบว่า มีนักเรียนที่มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 10 คน

และผลการสังเกตพฤติกรรมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีระดับความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์ ในวงจรที่ 1 อยู่ในระดับปรับปรุง และ

ในวงจรที่ 2-5 นักเรียนมีระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมากและจะพบว่าคะแนนเฉลี่ยรวมพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนสูงขึ้นทุกวงจร

3. แนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที มีขั้นตอนการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification)

1.1 ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้ที่ช่วยเชื่อมโยงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

1.2 การสาธิตหรือให้นักเรียนลองลงมือทดสอบ จะทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในสถานการณ์ปัญหานั้น

1.3 การฝึกให้นักเรียนคุ้นเคยกับคำสำคัญในโจทย์ปัญหาจะทำให้นักเรียนระบุถึงปัญหาได้ถูกต้องและครอบคลุม รวมทั้งการฝึกจำแนกประเภทของโจทย์ในแต่ละสถานการณ์ก็จะเป็นการบอกผู้เรียนได้ว่าแต่ละสถานการณ์ต้องการให้ผู้เรียนแก้ปัญหาใดบ้าง เช่น โจทย์ลักษณะสืบเสาะ (investigate), อธิบาย (Explain), สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (invent), การหาค่าที่เหมาะสมหรือทำให้เกิดผลดีที่สุด (optimize) ในการจำแนกประเภทของสถานการณ์

2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

2.1 มอบหมายให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศและวิธีการแก้ปัญหาแล้วจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาโดยให้แต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรม

2.2 ผู้สอนควรให้เวลาไปค้นคว้ารวบรวมข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและค้นคว้าข้อมูลร่วมกันภายในกลุ่มจะสามารถทำให้ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหาผ่านการวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม

2.3 ผู้สอนควรมีการสาธิตสถานการณ์ที่ผู้เรียนจะต้องแก้ปัญหาเป็นเบื้องต้นโดยไม่บอกเงื่อนไขปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองของผู้เรียนและ

2.4 ครูผู้สอนคอยชี้แนะการพิจารณาสมการความสัมพันธ์และพารามิเตอร์ที่จะมีผลต่อการทดลองของผู้เรียน รวมทั้งการอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปในการเลือกใช้สมการทางวิทยาศาสตร์มารองรับผลการทดลองก็มีผลต่อการแก้ปัญหา

3. ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

3.1 ให้นักเรียนวาดภาพร่างก่อนการสร้างชิ้นงานจริง โดยมีการวาดภาพร่างนั้นจะต้องแสดงรายละเอียดของวิธีการสร้างชิ้นงาน การเตรียมอุปกรณ์

3.2 ให้นักเรียนระบุวิธีการวัดผลการทดลอง

4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

4.1 มอบหมายให้ผู้เรียนกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมขึ้นในแต่ละการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ก่อนการสร้างชิ้นงานและแก้ปัญหา

4.2 การพิจารณาเลือกพารามิเตอร์ในการกำหนดตัวแปร ให้สอดคล้องกับสมการความสัมพันธ์ที่นำมาใช้ในสนับสนุนผลการทดลองของผู้เรียน

4.3 การกำหนดตัวแปรต้นในการพิจารณาความสัมพันธ์ ควรมีตัวแปรต้นในการทำการทดลองอย่างน้อย 3 ตัวแปร เพื่อให้ผลการทดลองมีความครอบคลุม

4.4 ผู้สอนควรแนะนำถึงการกำหนดตัวแปรต้นที่นำมาใช้ในการพิจารณาโดยตัวแปรต้นแต่ละชนิดควรมีจำนวน/ขนาด 4-5 หน่วย เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้มาสามารถนำไปคาดการณ์หรือบอกแนวโน้มของความสัมพันธ์ของตัวแปรได้

4.5 ให้ผู้เรียนลองสร้างชิ้นงานเป็นการทดลองเบื้องต้นเพื่อทดสอบว่าชิ้นงานที่ผู้เรียนออกแบบไว้นั้นสามารถแก้ปัญหาที่สถานการณ์กำหนดมาได้จริงเพื่อเป็นการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แล้วจึงลงมือสร้างชิ้นงานตามการวางแผนที่ได้วางแผนไว้

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

5.1 การกำหนดขนาด/ปริมาณของตัวแปรต้นน้อยกว่า 4 หน่วย จะส่งผลต่อการนำผลการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถบอกแนวโน้มความสัมพันธ์ของกราฟได้แน่ชัด ควรให้นักเรียนกำหนดขนาดของตัวแปรต้นแต่ละตัวอย่างน้อย 4-5 หน่วย

5.2 ผู้สอนควรกำชับนักเรียนให้มีการให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ/การทดลองเนื่องจากการไม่ใส่ความคลาดเคลื่อนในการทดลองจะทำให้ผลการทดลองเกินความคลาดเคลื่อนและทำให้ผลการทดลองน่าเชื่อถือน้อยลง

5.3 ควรมีการนำสมการความสัมพันธ์มาพิจารณาร่วมกับผลการทดลองและกราฟความสัมพันธ์ เพื่อเป็นการยืนยันว่าผลการแก้ปัญหาของนักเรียนมีแนวโน้มเป็นไปตามรูปแบบความสัมพันธ์ใด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

6.1 ผู้สอนควรกำหนดประเด็นสำคัญที่ควรมีในการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา เช่น วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง, วิธีการเตรียมการทดลอง, การทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม, ตารางบันทึกผลการทดลอง, กราฟแสดงความสัมพันธ์ และ สรุปผลการทดลอง จะทำให้ผู้เรียนสามารถลำดับการนำเสนองานให้ผู้อื่นได้เข้าใจและครอบคลุมมากขึ้นด้วย

6.2 หากมีเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น ควรให้นักเรียนได้มีการฝึกซ้อมการนำเสนอให้สมาชิกภายในกลุ่มฟังและร่วมกันเสนอแนะถึงการนำเสนอ และอภิปรายกันภายในกลุ่มถึงวิธีการแก้ปัญหา และผลการแก้ปัญหาของกลุ่มตนเอง ก่อนไปสู่ขั้นที่ 7 ขั้นโต้วาที

7. การพูดโต้วาที (Debating)

7.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนเพื่อที่จะโต้วาทีโดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมีเวลาในการร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อหาข้อมูล ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเพื่อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ถึงประเด็นต่างๆ ของฝ่ายตรงข้ามเพื่อให้เหตุผลของฝ่ายตรงข้ามตกไปโดยให้เวลาในการเตรียมพร้อมและรวบรวมประเด็นที่จะโต้แย้งหลังจากมีการนำเสนอผลของการแก้ปัญหาในขั้นที่ 5 จบ

7.2 ควรมีเวลาเพื่อให้ผู้เรียนได้เตรียมตัวเพื่อรวบรวมประเด็นที่จะโต้แย้งระหว่างการเปลี่ยนบทบาทผู้พูด

7.3 ผู้สอนควรแนะแนวทางในการโต้วาทีถึงการโต้วาทีอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างของตนมีความน่าเชื่อถือ และให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป

7.4 หลังจากเสร็จสิ้นการโต้วาที ผู้สอนและนักเรียนควรมีการอภิปรายร่วมกันถึงประเด็นที่โต้แย้งกันเพื่อหาข้อยุติที่สามารถยอมรับร่วมกันได้

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเพื่อพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์โดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนากิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออก แบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ได้เป็นอย่างดีอาจเป็นเพราะ 1) การ

จัดการเรียนรู้นั้นได้ดำเนินการอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งผู้วิจัยได้เริ่มพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ด้วยรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการจำนวน 5 วงจร แล้วดูพัฒนาการของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการโต้วาทีของนักเรียน ซึ่งได้นำประกอบด้วย 7 ขั้น ได้แก่ 1. ระบุปัญหา (Problem Identification) 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) 5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) 7. การพูดโต้วาที (Debating) ซึ่งสอดคล้องกับ Museum of science (2007) กล่าวว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญที่นำความรู้ในชั้นเรียนมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยการลงมือปฏิบัติจากกิจกรรม (Museum of science, 2007) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ได้คำตอบของปัญหาซึ่งเป็นการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้แก่ การระบุปัญหา วิธีการแก้ปัญหา การประเมินผลเพื่อตัดสินใจ ซึ่งการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานที่เป็นเชิงประจักษ์และเหตุผลมาสนับสนุนความคิด(Means และ Voss, 1996)สอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมจากมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (The Next Generation Science Standards, 2013) ที่ได้กล่าวว่าหลักฐานที่หามาได้จะไปส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะทำให้ผู้เรียนในวิธีการในการสร้างองค์ความรู้ที่จะได้มาซึ่งหลักฐาน และเหตุผลในการไปสนับสนุนความคิดของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา และการจัดการเรียนรู้ด้วยการโต้วาทีเพื่อส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการแสดงความคิดของผู้เรียนจากการสื่อสาร ซึ่งการจัดกิจกรรมการโต้วาทีสามารถฝึกให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งได้ดี (Zeidler et al., 2005) โดยในขณะที่มีการพูดการโต้แย้งเป็นการฝึกให้ผู้พูดมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและพูดให้โน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของผู้พูด (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552) 2) การจัดกิจกรรวมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ฝึกให้ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายกันภายในกลุ่ม ให้ผู้เรียนเกิดการตั้งคำถาม การวิเคราะห์ การอภิปราย ฝึกการคิดและตัดสินใจ โดยใช้วิธีการสอนด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีจำนวน 7 ขั้น และมีการใช้ใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเป็น

การวางแผนการทำงานและเป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่องค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้ง 5 องค์ประกอบ เพราะการออกแบบกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนได้มีการฝึกการคิด และตัดสินใจทั้งรายบุคคลและอภิปรายและตัดสินใจร่วมกันจะสามารถช่วยพัฒนาการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น (ณัฏฐ์พฐู เสริมสุข,2558)

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์จากผลการวิจัยพบว่า หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีนักเรียนสามารถพัฒนาองค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ทุกองค์ประกอบ เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบพบว่า

องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง พบว่า นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ซึ่งมีผลการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มขึ้น คือ นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์และจากประสบการณ์ของนักเรียน จากการวิเคราะห์คำสำคัญของสถานการณ์ที่ใช้ในการการระบุข้อกล่าวอ้าง และในการจัดการโต้วาทีจะพบว่าการระบุข้อกล่าวของนักเรียนจะเป็นการระบุข้อกล่าวที่ได้จากการศึกษาข้อมูลจากการทดลองในแต่ละสถานการณ์มาล่วงหน้า อีกทั้งการได้ลงมือทำการได้ทำการทดลองร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่มที่ผ่านการอภิปรายหาสาเหตุของปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวกับสถานการณ์นั้นๆ ได้ดีและสามารถแสดงจุดยืนของตนเองได้ชัดเจน สอดคล้องกับ Sadler and Donnelly (2006) ที่กล่าวว่า การทำกิจกรรมกลุ่มที่เน้นให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายเพื่อระบุที่มาของปัญหา จะทำให้ผู้เรียนสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว คนหลังกล่าวว่า และการใช้ประสบการณ์จากการเรียนประกอบกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาใช้สร้างข้อกล่าวอ้าง (Sadler and Zeidler, 2009)

องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ซึ่งมีผลการพัฒนาการระดับสูงมาก ซึ่งนักเรียนสามารถแสดงเหตุผลที่ได้จากกลุ่มของตนเองมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ได้ผ่านการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม โดยผ่านการตัดสินใจและเลือกเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ ซึงสอดคล้องกับ Lin and Mintzes. (2010) กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน จะทำให้นักเรียนได้เปิดมุมมองความคิดที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความคิดกันแล้วนำมาสู่การคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจได้ และเนื่องจากนักเรียนในชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์เป็นนักเรียนที่อยู่ในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะมีความรู้เดิมทางวิทยาศาสตร์ที่ดีอยู่แล้ว ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sampson and Clark (2008) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะคัดเลือกเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้เนื่องจากมีความเชื่อว่าเหตุผลนั้นมีความน่าเชื่อถืออยู่แล้ว และการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รวบรวมข้อมูล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การใช้ทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างทำให้เหตุผลนั้นน่าเชื่อถือขึ้น อีกทั้งการที่นักเรียนได้ลงมือทำการทดลองจะทำให้สามารถให้เหตุผลที่หลากหลายและประสบการณ์จากการทำการทดลอง วิเคราะห์ และการนำทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์มาให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือได้

องค์ประกอบที่ 3 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ผลของพัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการระดับสูง คือนักเรียนมีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างโดยหลักฐานส่วนใหญ่นั้นได้จากผลการทดลอง ที่มีการวัดผลอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และหลักฐานของนักเรียนอยู่ในรูปของตารางบันทึกผลการทดลอง กราฟความสัมพันธ์ที่สามารถพิจารณาถึงแนวโน้มของความสัมพันธ์ได้ และมีการนำสมการความสัมพันธ์มายืนยันเปรียบเทียบกับแนวโน้มที่ได้จากการทดลองของนักเรียนว่ามีความน่าเชื่อถือและถูกต้องซึ่งสอดคล้องกับ Simonneaux (2006) ที่กล่าวว่า หลักฐานที่ดีคือข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว และหลักฐานนั้นมีแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่าพัฒนาการอยู่ในระดับกลางซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในขั้นการโต้วาทีของนักเรียน ซึ่งการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามของนักเรียนเป็นเป็นการแสดงข้อมูล และทฤษฎีที่นำมาสนับสนุนว่าข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นผิด แต่การให้เหตุผลของนักเรียนยังไม่เป็นเหตุเป็นผลทุกประเด็น ซึ่งการให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามนักเรียนจะต้องอาศัยไหวพริบและการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดขึ้นจากการโต้วาที ซึ่งการแสดงอารมณ์ความรู้สึกและเหตุผลนั้นไม่ทำให้ข้อโต้แย้งนั้นมีความเชื่อถือลดลงได้ สอดคล้องกับ อัศวิน ธะนะปัด (2558) ที่กล่าวว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้นักเรียนแสดงเหตุผลการโต้แย้งกลับโดยเหตุผลนั้นมักจะขึ้นกับอารมณ์และความรู้สึกทำให้การให้เหตุผลมีความน่าเชื่อถือน้อยลง และนักเรียนยังขาดการโน้มน้าวให้ฝ่ายตรงข้ามเชื่อว่าเหตุผลของฝ่ายตรงข้ามแตกต่างจากกลุ่มตนเองและไม่ถูกต้อง ซึ่งการพูดการโต้แย้งเป็นการฝึกให้ผู้พูดมีไหวพริบในการ

แก้ปัญหาเฉพาะหน้าและพูดให้โน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของผู้พูด (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552)

องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ จากการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์พัฒนาการความสา มารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่าพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนพบว่า การระบุหลักฐานเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองให้น่าเชื่อถือนั้นนักเรียนจะใช้หลักฐานที่ได้จากผลการทดลองและการทำการทดลองที่หลากหลายทำให้นักเรียนสามารถนำหลักฐานจากการทดลองนั้นและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาโต้แย้งข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และ หลักฐานของฝ่ายตรงข้ามให้ไม่ถูกต้องและไม่น่าเชื่อถือได้ แต่นักเรียนจะยังยึดติดในหลักฐานของตนเองที่ได้จากการทดลองและทฤษฎี/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาสนับสนุนผลการทดลองของตนเองว่าถูกต้องซึ่งทำให้นักเรียนแสดงความสามารถในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามด้วยการแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นเหตุเป็นผลและโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อว่าข้อโต้แย้งของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องได้ทุกประเด็น ซึ่งสอดคล้องกับอัศวิน ธะนะปัด (2558) ที่กล่าวว่า เมื่อนักเรียนมีหลักฐานที่น่าเชื่อถือจะทำให้นักเรียนเชื่อว่าหลักฐานที่ตนเองมีอยู่นั้นถูกต้อง ส่งผลให้การพัฒนาองค์ประกอบการในการหาหลักฐานสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้น้อยลง

3. แนวทางในการจัดกิจกรรมชุม นุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โดยการจัด การเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที โดยผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นวงจรต่อเนื่อง 5 วงจรซึ่งประกอบด้วย ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที 7 ขั้นตอน ซึ่งแนวทางในการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์แต่ละขั้นตอน เป็นดังนี้

ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) การใช้คำถามกระตุ้นการเรียนรู้จะช่วยเชื่อมโยงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่จะต้องแก้ปัญหาได้ และใช้คำถามที่ใช้กระตุ้นนักเรียนควรเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ (Zeidler and Nichols,2009) เมื่อมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นจะสามารถทำให้ผู้เรียนระบุปัญหาและแก้ปัญหาได้ต่อไป การให้ความสำคัญกับคำสำคัญในสถานการณ์ที่โจทย์ต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนสามารถการจำแนก

ประเภทของโจทย์จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจว่าโจทย์แต่ละสถานการณ์ต้องการให้ผู้เรียนปฏิบัติในด้านใดบ้างและง่ายต่อการระบุปัญหาสอดคล้องกับ The Works Museum (1995) ได้กล่าวว่าการระบุปัญหาได้จากสิ่งที่อยากรู้ ข้อจำกัดของปัญหา และจะแก้ปัญหานั้นได้อย่างไร

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์และสรุปเป็นสารสนเทศเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและค้นคว้าข้อมูลร่วมกันภายในกลุ่มจะสามารถทำให้ผู้เรียนร่วมกันหาแนวทางในการแก้ปัญหาผ่านการวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่ม ซึ่งสามารถช่วยให้แนวคิดของนักเรียนที่มีความคลาดเคลื่อนกลายเป็นแนวคิดที่ถูกต้องได้ สอดคล้องกับ Zeidler et al., (2009) กล่าวว่าการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมแสดงความคิดเห็นจะทำให้เกิดการโต้แย้งขึ้นและทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องได้ และทำให้มีการยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนมากขึ้นรวมทั้งเป็นการเปิดมุมมองความคิดของนักเรียนจากการรับฟังและวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจซึ่งจะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้แย้งมากขึ้น(พัฒนวงศ์ ดอกไม้,2555) และการให้ผู้เรียนได้ทำการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้การเลือกพิจารณาสมการความสัมพันธ์และพารามิเตอร์ที่จะนำมาใช้ในเป็นหลักฐานในการสนับสนุนน่าเชื่อถือมากขึ้น

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่ได้จากการขั้นที่ 2 มาการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยให้ผู้เรียนได้วาดภาพร่างในการสร้างชิ้นงานเพื่อเป็นการสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการสร้างชิ้นงาน และข้อจำกัดตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการให้ผู้เรียนได้มีการวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน โดยเฉพาะการวางแผนลำดับในการทดลองเพื่อพิจารณาพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับสมการความสัมพันธ์เพื่อให้ได้หลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมประเด็นปัญหา แล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลองชิ้นงานเบื้องต้นเพื่อทดสอบว่าชิ้นงานที่ผู้เรียนออกแบบไว้นั้นสามารถแก้ปัญหาที่สถานการณ์กำหนดมาได้จริง

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้จะสามารถนำมาบอกแนวโน้มความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้และ การนำผลการทดลองมาพิจารณาผลร่วมกับสมการความสัมพันธ์/แนวคิดวิทยาศาสตร์จะเป็นการช่วยยืนยันผลการแก้ปัญหาได้น่าเชื่อถือมากขึ้น ซึ่งในขั้นที่ 5 นี้การที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วย ตนเองจะทำให้เกิดการตัดสินใจและการโต้แย้งได้

(อัศวิน ธะนะปัด,2558) และการได้ตรวจสอบถึงข้อบกพร่องของชิ้นงานจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไข สามารถกลับไปออกแบบวิธีการในการสร้างชิ้นงานใหม่ได้หากชิ้นงานไม่เป็นไปตามรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยการเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดมาปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2560)

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผู้เรียนได้ออกมานำเสนอหลักฐานของกลุ่มตนเองถึงวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาและการสร้างชิ้นงานให้เพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่นได้เข้าใจในวิธีการแก้ปัญหาและผลของการแก้ปัญหา/ชิ้นงานของกลุ่มตัวเองซึ่งสอดคล้องกับ ฐิติมา กำลังเลิศ(2553) ได้กล่าวว่าการให้นักเรียนได้นำเสนอหลักฐานที่หลากหลายและใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนจะสามารถโต้แย้งได้อย่างถูกต้อง

ขั้นการพูดโต้วาที ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการแสดงออกทางความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ในการพูดแสดงความคิดและโน้มน้าวให้ผู้อื่นเชื่อและยอมรับในข้อกล่าวอ้างของตนเองอย่างเป็นเหตุเป็นผล และพูดหักล้างความคิดเห็นของผู้อื่นว่าไม่ถูกต้องอย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับ ฉัตรวรุณ ตันนะรัตน์ (2519) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้โดยการโต้วาทีเพื่อให้ผู้เรียนรู้จักการพูดเพื่อเสนอข้อคิดเห็นของตนเองที่มีเหตุผล อยู่ภายใต้ข้อเท็จจริง พร้อมทั้งการรู้จักคัดค้านโต้แย้งข้อคิดเห็นของผู้อื่นโดยไม่ใช้อารมณ์แต่ขึ้นอยู่กับการใช้เหตุผล และการพูดการโต้แย้งเป็นการฝึกให้ผู้พูดมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและพูดให้โน้มน้าวให้ผู้ฟังคล้อยตามและเชื่อในแนวคิดของผู้พูด (ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์, 2552) และการที่นักเรียนได้ฝึกพูดโต้วาทีเป็นประจำจะสามารถช่วยให้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีคุณภาพและสามารถโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ดี (Osborne et al,2004) อีกทั้งการพูดโต้วาทีนั้นจะเป็นการส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่จะเป็นการได้ฝึกปฏิบัติผ่านการสื่อสารในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ที่มีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการโต้วาทีซึ่งจะต้องอาศัยไหวพริบและการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เพื่อเป็นการนำเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเอง การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การให้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้นจากการทดลอง ทฤษฎี กฎ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้โต้แย้งอย่างมีเหตุและผล หลังจากเสร็จสิ้นการโต้วาทีผู้สอนและนักเรียนควรมีการอภิปรายร่วมกันถึงประเด็นที่โต้แย้งกันเพื่อหาข้อยุติที่สามารถยอมรับร่วมกันได้

4. ความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

จากผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน ซึ่งโดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้, ด้านบรรยากาศการเรียนรู้, ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้และด้านการวัดและประเมินผลอาจเป็นเพราะการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที เป็นรูปแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมผู้เรียนได้ มีการวางแผนการแก้ปัญหาและสร้างชิ้นงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และเกิดการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาจนได้มาซึ่งหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือเพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวของตนเอง สนับสนุนข้อโต้แย้งให้ข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้องได้ อีกทั้งเป็นการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนเกิดการลองผิดลองถูกอย่างมีหลักการและเกิดความชำนาญในการแก้ปัญหาและการพูดโต้วาทีจะเป็นการฝึกให้ผู้เรียนได้ฝึกการสื่อสารเพื่อการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในการแสดงความคิดและพูดโน้มน้าวให้ผู้อื่นยอมรับ, การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ในชั้นเรียนส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนโดยการร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มทำผู้เรียนกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นร่วมกันเนื่องจากผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้ได้แสดงความคิดเห็นตลอดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้, สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้แต่ในส่วนของสื่อเอกสาร/เนื้อหาผู้วิจัยยังมีให้ผู้เรียนน้อยเนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง แต่วิธีการให้ผู้เรียนได้ศึกษาข้อมูลด้วยตนเองอาจจะไม่เหมาะกับนักเรียนที่ไม่เคยมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และนักเรียนที่ชอบการเรียนลักษณะทฤษฎีและการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นี้เน้นฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติด้วยตนเองจนเกิดเป็นความเข้าใจและความรู้ใหม่ด้วยตนเองและสามารถนำไปเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่เดิมได้, การวัดและประเมินผลผู้วิจัยได้ชี้แจงให้ทราบถึงการวัดและประเมินผลโดยการใช้แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์, ใบกิจกรรมและแบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและเมื่อผู้เรียนเรียนรู้จบกิจกรรมแล้วผู้วิจัยจะเป็นผู้เสนอแนะและวิพากษ์ถึงจุดเด่นและจุดด้วยของนักเรียนให้นักเรียนได้นำไปปรับปรุงแก้ไข จึงน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดในทุกด้านสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาทีเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สถานการณ์ในโจทย์การแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ระดับประเทศ ในการจัดการเรียนรู้ที่นำเข้าสู่บทเรียน ครูผู้สอนควรมีการเตรียมสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ในโจทย์ปัญหาให้มากที่สุด และการนำเข้าสู่บทเรียนหากครูผู้สอนสามารถทำการสาธิตสถานการณ์ให้นักเรียนเห็นได้จะทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยและสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและจะไม่ทำให้เกิดการตีความที่ผิดประเด็นไป

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเป็นการจัดกิจกรรมที่ต่อเนื่องและให้เวลาในการทำกิจกรรมทั้งในและนอกชั้นเรียนในแต่ละเรื่องพอสมควร ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการค้นพบหลักฐานเพื่อนำไปสนับสนุนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้ครอบคลุม

3. การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ดีและมีประสิทธิภาพครูผู้สอนควรฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมการโต้วาทีอย่างต่อเนื่องและบ่อยครั้งมากขึ้น และครูผู้สอนจะต้องคอยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นเหตุเป็นผลมากกว่าการใช้อารมณ์และความรู้สึกในการโต้แย้ง

4. เนื่องจากการทำการวิจัยครั้งนี้กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้เร็ว เนื่องจากนักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์อยู่แล้ว ครูผู้สอนควรระวังการยึดติดในแนวคิด/หลักฐานที่นักเรียนมีอยู่ว่าถูกต้อง ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรกำชับให้นักเรียนมีการตรวจสอบแนวคิดร่วมกับหลักฐานที่ได้จากการทดลองทุกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันว่าแนวคิดของตัวเอง ทั้งนี้ยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนสามารถนำประสบการณ์ระหว่างการทำกิจกรรมข้างต้นไปใช้ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ได้อีกด้วย

5. การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ในการวิจัยครั้งนี้พบว่า องค์ประกอบที่มีพัฒนาการน้อยที่สุดคือ การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม คือการให้เหตุผลหรือแนวคิดเพื่อแย้งว่าแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องยังไม่เป็นเหตุเป็นผลมากนัก เนื่องจากผู้เรียนมักยึดติดในข้อมูลของตนเอง เมื่อข้อมูล/ทฤษฎี/แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มอื่นแตกต่างจากกลุ่มของตนเองหรือเป็นข้อมูลที่กลุ่มของตนเองไม่เคยพบเจอมาก่อนมักบอกได้แค่เพียงว่าข้อมูลนั้นไม่ถูกต้อง แต่ยังขาดการแสดงให้เห็นว่าเมื่อนำผลการทดลองมาพิจารณาร่วมกับทฤษฎีแล้วสอดคล้องกันหรือไม่ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกการให้เหตุผลโดยการแสดงข้อมูลผลการทดลองมา

เชื่อมโยงกับทฤษฎีในการสนับสนุนข้อโต้แย้งได้อย่างเหมาะสม มีการวิเคราะความเบี่ยงเบนได้เพื่อมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง

6. ครูควรสะท้อนความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ให้นักเรียนทราบว่าความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบเป็นอย่างไร ควรมีการปรับปรุงอย่างไรเพื่อให้นักเรียนได้มีความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาเครื่องมือการวัดและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถวัดและประเมินความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่ผู้เรียนร่วมกันดำเนินการแก้ปัญหาและดำเนินกิจกรรรมเนื่องจากความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเกิดขึ้นได้ตั้งแต่การร่วมกันดำเนินการแก้ปัญหาและดำเนินกิจกรรม

2. การพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่ฝึกให้ผู้เรียนมีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสนทนามีประสิทธิภาพมากขึ้นนั้น นักเรียนจำเป็นที่จะต้องการสื่อสารซึ่งมักจะเป็นการสื่อสารที่เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและอาศัยไหวพริบมากพอสมควรจึงควรมีการส่งเสริมทักษะในการสื่อสารของผู้เรียนด้วย

3. ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งเสริมความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

AyŞe, Ö., และ Ahmet, D. (2019). Development of Argumentation Skills through Socioscientific Issues in Science Course: A Collaborative Action Research. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry, 10*, 52-82.

Berland, L. K., และ Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education, 93*(1), 26-55.

Enderle, P. J., Grooms, J. A., และ Sampson, V. D. (2012). *Argument focused instruction and science proficiency in middle and high school classrooms*. Paper presented at the Annual International Conference USA, Indiana University.

Erduren, S., Simon, S., และ Osbone, J. (2004). TAPping into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *International Journal of Science Education, 88*, 915-933.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of education*: New York: McGraw-Hill.

International Technology and Engineering Educators Association (ITTEA). (2007). Standard for Technology Literacy. http://www.ittea.org/TAA/Publications/TAA_Publications.html

Kuhn, D., และ Udell, W. (2003). The Development of Argument Skills. *Child Development, 74*(5), 1245-1260.

Lin, S. S., และ Mintzes, J. J. (2010). Learning argumentation skills through instruction in socioscienceticific issue : the effect of ability level. *International Journal of Science and Mathematics Education, 8*(6), 993-1018.

Means, M. L., และ Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of information reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition & Instruction, 14*, 139-179.

Museum of science. (2007). Engineering is elementary: Engineering for children. http//www.mos.org/eiei/index.php(2007.)

Sampson, V. (2012). *The Development and Validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) Observation Protocol: A tool for Evaluating How Students Participate in Scientific Argumentation.* University of Texas at Austin.

Sampson, V., และ Clark, D. V. (2008). Assessment of the ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Direction. *Science Education, 92*, 447-472.

Sampson, V., Grooms, J., และ Walker, J. P. (2010). Argument–Driven Inquiry as a way to help student learn how to participate in scientific argumentation and craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education, 95*(2), 217-257.

science Buddies. (2002). The engineering design process.

Simonneaux, L. (2010). Role-play or debate to promote students, argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education, 23*, 903-927.

The Next Generation Science Standards. (2013). Appendix 1 - Engineering Design in the NGSS https://www/nextgenscience.org/sites/default/files/appendix%20I%20-%20Engineering%20Design%20in%20NGSS%20-%20FINAL_V2.pdf

The Works Museum. (1995). Engineering design process. https://www.theworks.org/about-us/

Toulmin, S. (2010). Role-play or debate to promote students, argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education, 23*, 903-927.

โครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเครือข่ายภาคกลางตอนบน. (2562). สูจิบัตรการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์ ครั้งที่ *7*. กรุงเทพฯ: โรงเรียนเทพศิรินทร์.

จิตตินันท์ นันทไพบูลย์. (2551). จิตวิทยาการบริการ. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ฉัตรวรุณ ตันนะรัตน์. (2519). หลักวาทการ กรุงเทพฯ. หน่วยพิมพ์และจำหน่ายศาสนภัณฑ์(โรงพิมพ์การศาสนา).

ณัฏฐ์พฐู เสริมสุข. (2558). พัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* หัวข้อชีวิตกับสิ่งแวดล้อมโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา)). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี. (2553). STEM กับ ฟิสิกส์สัประยุทธ์ (IYPT). วารสารฟิสิกส์ไทย, *29*(4), 26-30.

นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี. (2555). STEM กับ ฟิสิกส์สัประยุทธ์ (IYPT). วารสารฟิสิกส์ไทย, *29*(4), 28-32.

นฤมล สุวรรณ์จันทร์ดี. (2556). International Young Physicsts' Tournament (IYPT) or Physics World Cup. วารสารฟิสิกส์ไทย.

บุญเรียง ขจรศิลป์. (2543). วิธีวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น กรุงเทพฯ. สุวีริยาสาส์น.

บุรีรัตน์ สือพัฒธิมา. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *6* ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสังคม. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประวิต เอราวรรณ์. (2545). การวิจัยปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้าวิชาการ.

พรเทพ จักรราอุกฤษฎ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ บุณยทรรศนีย์. (2558). การพัฒนาทักษะการอภิปรายโต้แย้ง เรื่องแรงและกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *4* โดยใช้บริบทเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2557). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ *21*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภัทราพร เกษสังข์. (2559). การวิจัยปฏิบัติการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาวิณี รัตนคอน. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการโต้แย้ง โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *7*(1), 139-155.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

รณชัย คงสกนธ์. (2549). คู่มือวัดความพึงพอใจของลูกค้า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ เบรนนิกซ์ บุ๊คส์.

ลักษณา สตะเวทิน. (2537). หลักการพูด: มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

ลัดดา แพรภัทรพิศุทธิ์. (2552). การพูด. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วรรณา รุ่งลักษมีศรี. (2551). ผลของการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสาธิต. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วีระ ไทยพานิช. (2551). วิธีสอน. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). โครงสร้างหลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์มาตรฐานสากล ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พุทธศักราช 2555. from สาขา พสวท. และ สควค. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

สรชัย พิศาลบุตร. (2549). สำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ. กรุงเทพฯ: บริษัทวิทยพัฒน์จำกัด.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์วิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สาโรจน์ ไสยสมบัติ. (2534). ความพึงพอใจในการทำงานของครูอาจารย์โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัด กรมสามัญศึกษา จังหวัดร้อยเอ็ด. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, มหาสารคาม.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2560). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ดร.อภิสิทธิ์ ธงไชย นักวิชาการศึกษา
   สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ผศ.ดร.อนุศิษฏ์ ทองนำ อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์
   คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. นายสุมิตร สวนสุข ครูชำนาญการพิเศษ/กรรมการการแข่งขันฟิสิกส์สัประยุทธ์
   โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจ

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์ ที่ 1

กิจกรรมชุมนุม ฟิสิกส์สัประยุทธ์ **ระดับชั้น**มัธยมศึกษาตอนปลาย

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 **ชื่อหน่วยการเรียนรู้** ของไหล **เรื่อง** ปืนใหญ่สุญญากาศ
จำนวนเวลาที่สอน 4 คาบ**ครูผู้สอน** นางสาวปวีณ์สุดา คงเกตุ

.....

1. สาระสำคัญ

ภาชนะที่มีของไหลบรรจุอยู่ จะมีแรงเนื่องจากของไหลกระทำต่อพื้นผิวภาชนะ โดยขนาดของแรงที่ของไหล (F)กระทำตั้งฉากต่อพื้นที่หนึ่งหน่วย (A) เป็นความดัน ในของเหลว (P) เขียนเป็นสมการได้ $P = \frac{\overrightarrow{F}}{A}$

ความดันที่เครื่องมือวัดได้ เรียกว่า ความดันเกจ คำนวณได้จากสมการ $P_g = \rho gh$ (ρ คือ ความหนา แน่นของของไหล , g คือ ค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก, h คือ ความลึกของของไหลจากตำแหน่ง อ้างอิง)ผลรวมของความดันบรรยากาศและความดันเกจ เรียกว่า ความดันสัมบูรณ์ (P_0) เขียนเป็นสมการได้ $P_0 = \rho gh +$ ความดันบรรยากาศ

ของไหลอุดมคติเป็นของไหลที่มีการไหลอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีความหนืด บีบอัดไม่ได้ และไหลโดยไม่หมุนมีอัตราการ ไหลตามสมการความต่อเนื่อง *Av* = ค่าคงตัว (*A* คือ พื้นที่หน้าตัดที่ของไหลไหลผ่าน, *v* คือ อัตราเร็วของของไหล)

ตำแหน่งสองตำแหน่งบน สายกระแสเดียวกันของของไหลอุดมคติที่ไหลอย่างสม่ำเสมอ จะมีผลรวมของความดันสัมบูรณ์ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อ หนึ่งหน่วยปริมาตร เป็นค่าคงตัวตามสม การแบร์นูลลี

2. ตัวชี้วัด

วิทยาศาสตร์	**คณิตศาสตร์**	**เทคโนโลยี**
1.อธิบาย และคำนวณความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศ	1. ใช้ฟังก์ชันและกราฟ ของฟังก์ชันอธิบาย สถานการณ์ที่กำหนด ใช้สมบัติของฟังก์ชันในการแก้ปัญหา	1. ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคม รวบรวม วิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อน

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
		เพื่อสังเคราะห์วิธีการ เทคนิค ในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา
2. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการ ความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลี รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ เกี่ยวข้อง และนำความรู้เกี่ยวกับสมการความต่อเนื่องและสมการแบร์นูลลีไปอธิบายหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	2. เข้าใจและใช้ความรู้ทางสถิติในการนำเสนอ ข้อมูล และแปลความหมายของค่าสถิติเพื่อประกอบการตัดสินใจ	2. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่จำเป็น ภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิค หรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงาน และดำเนินการแก้ปัญหา
		3. ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์และให้เหตุผล ของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข และนำเสนอผลการแก้ปัญหาพร้อมทั้งเสนอ แนวทางการพัฒนาต่อยอด

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
		4. ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหาหรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และปลอดภัย

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ความรู้ (K)

1. อธิบายความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศได้

2. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลีได้

3.2 ทักษะ/กระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถนำเสนอ ความคิดเห็น ข้อคิดเห็น ซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่ง มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น

3. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหาอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างของฝ่ายที่คิดเห็นต่างออกไปจากตนเองเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5.นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อ สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

6. นักเรียนสามารถ ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาได้

7. นักเรียนสามารถนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาไปวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิธีการแก้ปัญหาได้

8. นักเรียนสามารถ ออกแบบวิธีการแก้ ปัญหาเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้

9. นักเรียนมีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาในการสร้างชิ้นงานได้ และนักเรียนสามารถลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้

10. นักเรียนสามารถทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพได้

11. นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานได้

12. นักเรียนสามารถพูดโต้วาทีเกี่ยวกับผลการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดมาได้

13.. นักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหา หรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นระบุปัญหา

1. ครูสาธิตโดยนำกระป๋องสเปรย์มาให้นักเรียนร่วมกัน พิจารณา และให้นักเรียนคิดว่ากระป๋องสเปรย์มีหลักการ ทำงานอย่างไร ใช้คำถามกระตุ้นความสนใจนักเรียน เช่น
   - นักเรียนเคยสังเกตไหมว่าท่อฉีดกระป๋องสเปรย์มีลักษณะอย่างไร (*มี2ท่อ*)
   - ของเหลวที่อยู่ในกระป๋องสามารถออกสู่อากาศได้อย่างไร
   (*เนื่องจากผลต่างของความดันที่ท่อฉีดของสเปรย์ 2 ท่อ แตกต่างกัน*)
   - ถ้าหากนักเรียนอยากให้ของเหลวที่พ่นออกมามีความเร็วมากขึ้นได้หรือไม่อย่างไร

(*ทำได้ โดยปรับอัตราส่วนพื้นที่หน้าตัดของท่อฉีดสเปรย์ 2 ท่อ แตกต่างกัน*)

2. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 5 คน และสมมติให้นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ต่อไปนี้

> ในช่วงสถานการณ์ที่บ้านเมืองมีความไม่สงบเกิดขึ้น ทำให้ต้องรู้จักการป้องกันตัว มาริโอคิดจะประดิษฐ์เครื่องมือในการป้องกันตัว ชื่อว่า ปืนสุญญากาศ โดยปืนชนิดนี้ จะสามารถทำงานได้เมื่อนำท่อพลาสติกมาทำเป็นกระบอกปืน และใช้เครื่องดูดฝุ่นมาดูดอากาศภายในท่อพลาสติกออกโดยขณะที่ดูดอากาศออก จะต้องมีการปิดปลายปากท่อพลาสติกทั้งสองด้านไว้ เมื่อใส่กระสุนเข้าไปในท่อจะทำให้กระสุนสามารถพุ่งออกจากปากกระบอกท่อพลาสติกด้วยความเร็วค่าหนึ่งได้ขอให้นักเรียนช่วยกันสร้างปืนสุญญากาศขึ้นและทำให้กระสุนที่ออกจากปืนสุญญากาศมีความเร็วมากที่สุดพร้อมทั้งอธิบายถึงกลไกการทำงานของปืนสุญญากาศนี้เพื่อที่จะช่วยกันปกป้องตัวเองจากเหตุการณ์ความไม่สงบนี้ และนำความรู้ไปเผยแพร่ให้ผู้อื่นได้ทราบ

3. นักเรียนร่วมระบุถึงปัญหาของสถานการณ์นี้

(**<u>แนวคำตอบ</u>** 1. ให้สร้างปืนใหญ่สุญญากาศ

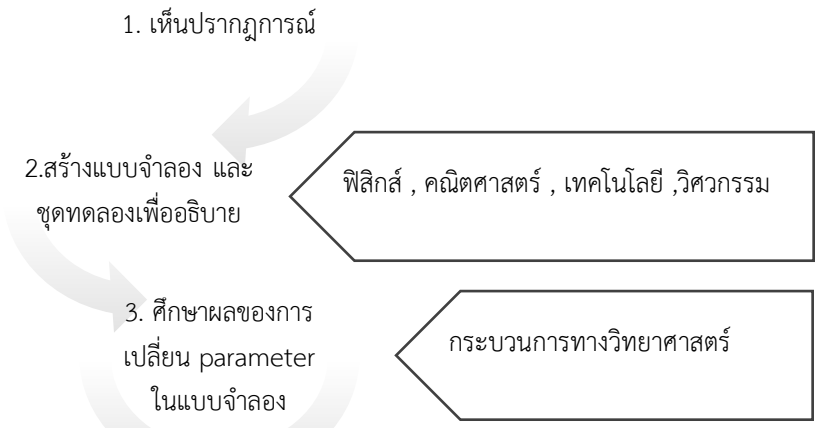
2. อธิบายถึงปรากฏการณ์ อธิบายกลไกการทำงานของปืนใหญ่สุญญากาศ

3. ปัจจัยต่างๆที่ทำให้ความเร็วของกระสุนปืนสุญญากาศมีค่ามากที่สุด

4. นักเรียนจำแนกประเภทของโจทย์ และวางแนวทางการแก้โจทย์ข้อนี้

<u>แนวคำตอบ</u>

ลักษณะโจทย์ประเภท Build, Explain และ Investigate มีแนวทางในการแก้โจทย์ดังนี้



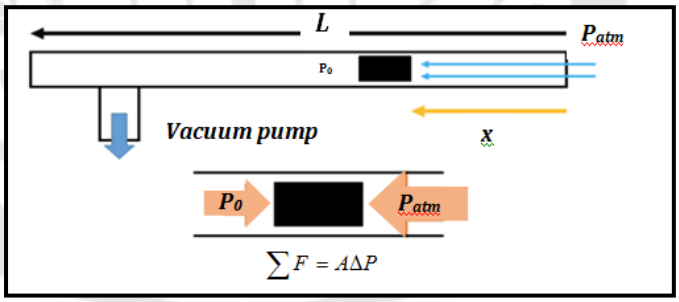
ผลที่ได้ 1. สร้างปืนใหญ่สุญญากาศได้โดยนำท่อพลาสติกมาปิดด้วยกระดาษที่ปลายปากท่อทั้งสองด้านจากนั้นดูดอากาศภายในท่อออกด้วยเครื่องดูดฝุ่น เพื่อให้ภายในท่อพลาสติกมีสภาวะเข้าใกล้สุญญากาศมากที่สุดและ

2. ความเร็วกระสุนปลายกระบอกมีค่ามากที่สุดโดยการทำให้มีผลต่างของความดันอากาศที่ด้านหลังและด้านหลังของลูกกระสุนมาก จะทำให้แรงดันอากาศที่ทำให้กระสุนปืนเครื่องมีค่ามาก ทำให้ความเร็วกระสุนปืนมีค่ามาก

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแก้ปัญหาสถานการณ์เรื่อง ปืนสุญญากาศ โดยทำใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

6. จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและบันทึกว่าเพราะเหตุใดลูกกระสุนจึงสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ ในใบบันทึกกิจกรรม (**<u>แนวคำตอบ</u>** มีแรงลัพธ์จากผลต่างความดันอากาศ 2 บริเวณมีค่ามาก ทำให้ความเร็วของลูกกระสุนมีค่ามากด้วย



ภาพแสดงแรงลัพธ์จากผลต่างความดันอากาศด้านหลัง(P_{atm})กับด้านหน้าลูกกระสุน(P_o)

6. จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายและบันทึกว่า ความเร็วปลายกระบอกปืนที่มีค่ามากที่สุดขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อะไรบ้าง มีสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างไร ในใบบันทึกกิจกรรม

<u>แนวคำตอบ</u>

- ความยาวกระบอกปืน
- ผลต่างความดัน (ความสามารถในการดูดอากาศของเครื่องดูดฝุ่น)
- อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดกระบอกปืนกับพื้นที่หน้าตัดของกระสุน
- มวลกระสุน

- รูปทรงกระสุน

สมการอธิบายความสัมพันธ์

อากาศ ลูกปืน

$$A\Delta P = \frac{d}{dt}(\rho A x + m)v$$

เมื่อ ΔP คือ ผลต่างของความดันอากาศภายนอกกับภายในกระบอกปืน [พาสคัล]

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ [กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร]

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกปืน[ตารางเมตร]

m คือ มวลของลูกปืน [กิโลกรัม]

$$v(x) = \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}\left(\frac{x}{x + \frac{m}{\rho A}}\left(1 + \frac{2m}{\rho A x}\right)^{\frac{1}{2}}\right)$$

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม ร่วมกันอภิปรายและบันทึกถึงหัวข้อในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ข้อนี้

<u>แนวคำตอบ</u>

ตาราง แสดงแนวคำตอบหัวข้อในวิชาฟิสิกส์ โจทย์เรื่อง ปืนใหญ่สุญญากาศ

ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์	**รายละเอียดที่ปรากฏในโจทย์**
กลศาสตร์	- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (แรงภายนอกมากระทำโดยแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ วัตถุจะมีความเร่ง โดยความเร่งมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์)

ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์	รายละเอียดที่ปรากฏในโจทย์
	การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่ แนวโค้งพาราโบลาภายใต้สนามโน้มถ่วง โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศเป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วัตถุมีการเปลี่ยนตำแหน่ง ในแนวดิ่งและแนวระดับพร้อมกันและเป็นอิสระต่อกันสำหรับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ที่มีแรงโน้มถ่วง กระทำจึงมีความเร็วไม่คงตัว ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำจึงมีความเร็วคงตัว
กลศาสตร์ : ของไหล	- ความดันอากาศ **ความดัน** (*P*) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ $P = \frac{F}{A}$ กำหนดให้ P คือ ความดัน *F* คือ แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น *A* คือ พื้นที่ - อัตราการไหล การวัดค่าความเร็วของเหลว อัตราการไหลขึ้นอยู่กับความแตกต่างกันของความดันอากาศ คือกำลังบังคับให้ของเหลวผ่านท่อ เพราะว่าพื้นที่ส่วนที่ตัดตามขวางของท่อ(cross-section area) เป็นค่าคงที่ ความเร็วเฉลี่ยคือการชี้บอกของอัตราการไหล
	- สมการของแบร์นูลลี (ผลรวมของความดันพลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร และพลังงานศักย์โน้มถ่วงต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ณ ตำแหน่งใดๆ ภายในท่อที่ของไหลผ่าน มีค่าคงตัว)

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

8. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการสร้างปืนสุญญากาศลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบปืนสุญญากาศ โดยนักเรียนออกแบบการสร้างปืนสุญญากาศโครงสร้างของปืนสุญญากาศโดยภาพร่าง และมีขั้นตอนของการแก้ปัญญาสถานการณ์ตามการสร้างปืนสุญญากาศจากภาพร่าง

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนการทำงานโดยการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการสร้างชิ้นงานและแก้ปัญหา โดยครูควบคุมเวลาในการสร้างชิ้นงานของนักเรียน

ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

10. นักเรียนทำการทดสอบชิ้นงานว่าสามารถสร้างปืนสุญญากาศได้หรือไม่ หากพบข้อที่ควรปรับปรุงแก้ไขให้นักเรียนทบทวนขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาใหม่ พร้อมทั้งปรับปรุงการสร้างชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ

11. นำปืนสุญญากาศที่สามารถใช้งานได้ไปเก็บผลการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขที่ทำให้ความเร็วของกระสุนที่ออกจากปากกระสุนมีความเร็วมากที่สุด ตามขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

12. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอ แนวคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างปืนสุญญากาศ กระบวนการสร้างปืนสุญญากาศที่ทำให้ความเร็วของกระสุนปืนมีค่ามากที่สุด และครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิด หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

ขั้นการพูดโต้วาที

13. แบ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มทำหน้าที่เป็นฝ่ายนำเสนอ และฝ่ายค้าน โดยใช้เวลาในการพูดโต้วาทีทั้งสิ้น 40 นาที นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มทำหน้าที่เป็นหัวหน้าฝ่าย 1 คน และผู้สนับสนุน 4 คน หัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดนำเสนอข้อกล่าวอ้างใช้เวลา 5 นาที, ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอและฝ่ายค้านฝ่ายละ 4 คน พูดสลับกันตามลำดับ คนละ 3 นาที, หัวหน้าฝ่ายนำเสนอและหัวหน้าฝ่ายค้านพูดสรุปการโต้วาทีคนละ 3 นาที มีลำดับการพูด ดังนี้

1. ผู้พูดลำดับที่ 1 หัวหน้าฝ่ายนำเสนอ เป็นผู้กล่าวเสนอญัตติในการโต้วาที โดยกล่าวถึงนิยาม ความหมายของญัตติ และกล่าวข้อกล่าวอ้างของตนเองด้วยเหตุผลเพื่อสนับญัตติและข้อกล่าวอ้างนั้น

2. ผู้พูดลำดับที่ 2 หัวหน้าฝ่ายค้าน เป็นผู้พูดหลังจากที่หัวหน้าฝ่ายนำเสนอพูดจบ โดยแสดงให้เห็นถึงข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองด้วยการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลที่สนับสนุนการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างนั้น

3. ผู้พูดลำดับที่ 3 ผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอ เป็นผู้อธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลเพิ่มเติม และโต้แย้งประเด็นต่าง ๆ ของหัวหน้าฝ่ายค้านโดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามและหลักฐานในการสนับสนุนข้อแย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้น

4. ผู้พูดลำดับที่ 4 ผู้สนับสนุนฝ่าย ค้าน หาเหตุผลเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุน ความคิดเห็นของหัวหน้าฝ่ายค้านด้วยเหตุผล และพูดโต้แย้งข้อเสนอ ประเด็นต่าง ๆ ของผู้สนับสนุนฝ่ายนำเสนอโดยใช้หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของหัวหน้าฝ่ายนำเสนอ พร้อมทั้งให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามมายืนยันข้อโต้แย้งและหลักฐานในการสนับสนุนข้อแย้งกลับให้ข้อกล่าวอ้างของตนเองน่าเชื่อถือมากขึ้นและให้ข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอตกไป

5. ผู้พูดลำดับรองสุดท้าย หัวหน้าฝ่ายค้าน พูดสรุปประเด็นสำคัญและโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของฝ่ายนำเสนอด้วยเหตุผลและหลักฐานที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหาอีก ครั้งเพื่อยืนยันแนวคิด ข้อกล่าวอ้างของตน

6. ผู้พูดลำดับสุดท้าย หัวหน้าฝ่ายนำเสนอพูดสรุปข้อกล่าวอีกครั้ง และสามารถแก้ประเด็นข้อโต้แย้งของฝ่ายค้านให้ฝ่ายของตนเองมีความน่าเชื่อได้ แต่ถ้าข้อโต้แย้งมีข้อผิดพลาดก็ดำเนินการแก้ไข ตามข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

13. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปหลักการในการสร้างปืนใหญ่สุญญากาศที่ได้จากท่อพลาสติก กระสุนน้ำหนักเบา และเครื่องดูดฝุ่น ว่าการสร้างปืนสุญญากาศที่สามารถทำให้ลูกกระสุนเคลื่อนที่ได้เนื่องจากมีผลต่างความดันอากาศ 2 บริเวณคือ ความดันอากาศด้านหน้าและด้านหลังลูกกระสุน ทำได้โดยการใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดอากาศภายในท่อพลาสติกออกทำให้ความดันอากาศจากภายนอกที่กระทำกับลูกกระสุนบริเวณด้านหลังมากกว่าบริเวณด้านหน้าลูกกระสุน เมื่อแรงลัพธ์ที่กระทำกับลูกกระสุนมีค่ามาก ก็จะทำให้ลูกกระสุนเคลื่อนที่ออกไปด้วยความเร็วที่มีค่ามากด้วยและพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความเร็วกระสุนที่ปลายกระบอกให้มีค่ามากที่สุดได้แก่

- อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกโดยยิ่ง อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วมีค่าเข้าใกล้ 1 ความเร็วกระสุน ที่ปากกระบอกจะยิ่งมีค่ามากตาม

- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน เนื่องจากขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางส่งผลต่อแรงดันที่กระทำต่อกระสุนปืน

- ความยาวท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน ยิ่งความยาวท่อมีค่ามากความเร็ว ของกระสุนที่ปากกระบอกปืนจะมีค่ามากตาม หรืออาจจะมีพารามิเตอร์อื่นที่นอกเหนือจากนี้ที่ นักเรียนได้ร่วมกันนำเสนอไปแล้วด้วย

6.สื่อและอุปกรณ์

1. ท่อ PVC
2. ข้อต่อ PVC
3. เครื่องดูดฝุ่น
4. กระดาษแข็ง
5. กระสุนทำจากไม้
6. ใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ที่ใช้ในการสร้างปืนสุญญากาศ
7. ใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและการสร้างปืนสุญญากาศ

7.การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
1. ด้านความรู้ 1. อธิบายความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันบรรยากาศได้ 2. อธิบายสมบัติของของไหลอุดมคติ สมการความต่อเนื่อง และสมการแบร์นูลลีได้	นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ	ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ	นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน
2.ทักษะ/กระบวนการ (P) 1. นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็น ซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น	- นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ -ประเมินจากการโต้วาที	- ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ - แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
3. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหาอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 4. นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างของ ฝ่ายที่คิดเห็นต่างออกไปจากตนเองเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล 5.นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ	- นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ -ประเมินจากการโต้วาที	- ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ - แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
6. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของ สถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ 7. นักเรียนสามารถนำข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวกับปัญหาไปวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิธีการแก้ปัญหาได้ 8. นักเรียนสามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้ 9. นักเรียนมีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาในการสร้างชิ้นงานได้ และนักเรียนสามารถลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ 10. นักเรียนสามารถทดสอบประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพได้ 11. นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงานได้	- นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ -ประเมินจากการโต้วาที	- ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ - แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือการวัด	เกณฑ์
12. นักเรียนสามารถพูดโต้วาทีเกี่ยวกับผลการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดมาได้ 13.. นักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ กลไก ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนในการแก้ปัญหา หรือพัฒนางานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และปลอดภัย	- นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - นักเรียนตอบคำถามในใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ -ประเมินจากการโต้วาที	- ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ - ใบบันทึกใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและสร้างปืนสุญญากาศ - แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	- นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน - นักเรียนได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไปจึงจะผ่าน

ใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใดลูกกระสุนจึงสามารถ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ จงหาเงื่อนไขที่ทำให้ลูกกระสุนเคลื่อนที่ พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกกระสุน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เมื่อเปิดและปิดต้นกระบอกปืนผลการทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ความเร็วปลายกระบอกปืนที่มีค่ามากที่สุดขึ้น อยู่กับพารามิเตอร์อะไรบ้าง มีสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างไร

.....

.....

ใบกิจกรรมที่ 1.2 **การออกแบบและการสร้างปืนสุญญากาศ**

1. ให้นักเรียนออกแบบการสร้างปืนใหญ่สุญญากาศพร้อมระบุรายละเอียดวิธีการสร้างปืนสุญญากาศ

2. ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้

3.1 การทดลองที่ 1 การทดลองแสดงความสัมพันธ์

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองแสดงความสัมพันธ์

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

3.3 การทดลองที่ 3 การทดลองแสดงความสัมพันธ์

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

4. ระบุวิธีการวัดความเร็วของลูกกระสุนปืนที่ออกจากปากกระบอกปืนสุญญากาศ

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ผลการทดลอง

3.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1

3.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2

3.3 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3

3.4 การวิเคราะห์และตีความข้อมูล

ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบแนวโน้มผลการทดลองกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

.....

.....

.....

3.5 **สรุปผล**

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อสรุปผลการทดลอง

.....

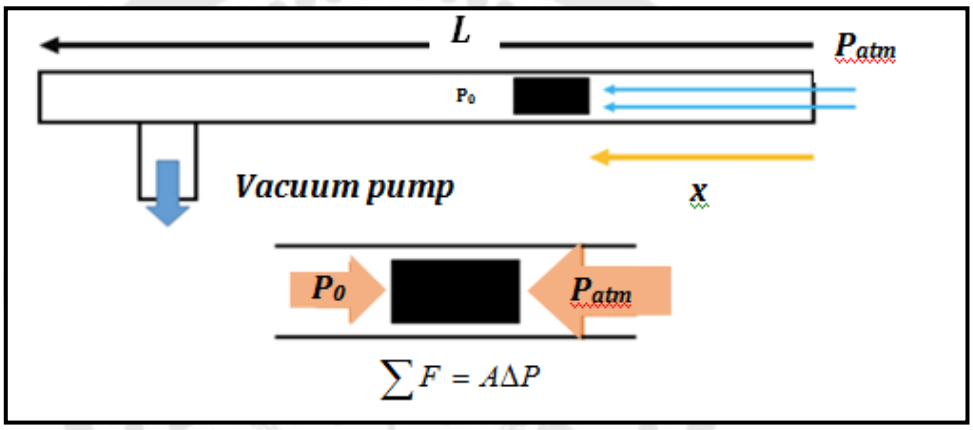
.....

ใบกิจกรรมที่ 1.1 ความรู้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. เพราะเหตุใดลูกกระสุนจึงสามารถ เคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้ จงหาเงื่อนไขที่ทำให้ลูกกระสุนเคลื่อนที่ พร้อมทั้งวาดรูปแบบจำลองการเคลื่อนที่ของลูกกระสุน

แนวคำตอบ มีแรงลัพธ์ที่เกิดจากผลต่างความดันอากาศด้านหลัง(P_{atm})กับด้านหน้าลูกกระสุน(P_o) เมื่อความดันอากาศด้านหลังมีขนาดมากกว่าความดันด้านหนังของลูกกระสุน จะทำให้แรงลัพธ์ที่กระทำต่อลูกกระสุนมีทิศกรำกับลูกกระสุนไปข้างหน้า (มีอธิบายถึงผลต่างความดันอากาศที่ส่งผลต่อกระสุน)



ภาพแสดง แรงลัพธ์จากผลต่างความดันอากาศด้านหลัง(P_{atm}) กับด้านหน้าลูกกระสุน(P_o)

2. เมื่อเปิดและปิดต้นกระบอกปืนผลการทดลองมีความแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

แนวคำตอบ แตกต่างกัน โดยเมื่อปิดต้นกระบอกปืนลูกกระสุนจะไม่เคลื่อนที่เนื่องจากผลต่างความดันหน้าและหลังกระสุนมีค่าประมาณ ศูนย์ แต่เมื่อเปิดต้นกระบอกปืนกระสุนจะมีการเคลื่อนที่ เนื่องจากเกิดผลต่างของแรงดันที่กระทำต่อลูกกระสุน

3. ความเร็วปลายกระบอกปืนที่มีค่ามากที่สุดขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์อะไรบ้าง มีสมการแสดงความสัมพันธ์อย่างไร

แนวคำตอบ

- ความยาวกระบอกปืน
- ผลต่างความดัน (ความสามารถในการดูดอากาศของเครื่องดูดฝุ่น)

- อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดกระบอกปืนกับพื้นที่หน้าตัดของกระสุน
- มวลกระสุน
- รูปทรงกระสุน

สมการอธิบายความสัมพันธ์

อากาศ ลูกปืน

$$A\Delta P = \frac{d}{dt}(\rho A x + m)v$$

เมื่อ ΔP คือ ผลต่างของความดันอากาศภายนอกกับภายในกระบอกปืน [พาสคัล]

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ [กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร]

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกปืน[ตารางเมตร]

m คือ มวลของลูกปืน [กิโลกรัม]

$$v(x) = \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}\left(\frac{x}{x+\frac{m}{\rho A}}\left(1+\frac{2m}{\rho A x}\right)^{\frac{1}{2}}\right)$$

4. บันทึกถึงทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ข้อนี้

แนวคำตอบ

ตาราง แสดงแนวคำตอบหัวข้อในวิชาฟิสิกส์ โจทย์เรื่อง ปืนใหญ่สุญญากาศ

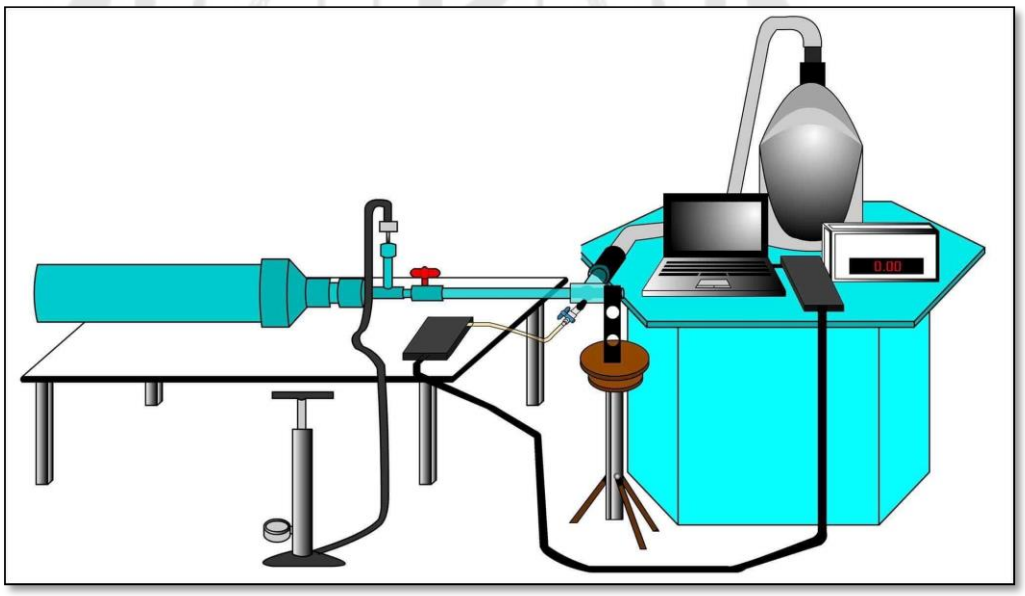
ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์	**รายละเอียดที่ปรากฏในโจทย์**
กลศาสตร์ : การเคลื่อนที่แนวเส้นตรง	- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน - แรง - ความเร็ว
กลศาสตร์ : การเคลื่อนที่วิถีโค้ง	- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน - ความเร็ว
ทฤษฎีหรือหลักการทางฟิสิกส์	- **รายละเอียดที่ปรากฏในโจทย์**

กลศาสตร์ : ของไหล	- ความดันอากาศ - อัตราการไหล - หลักของแบร์นูลลี

ใบกิจกรรมที่ 1.2 การออกแบบและการสร้างปืนสุญญากาศ

1. ให้นักเรียนออกแบบการสร้างปืนใหญ่สุญญากาศพร้อมระบุรายละเอียดวิธีการสร้างปืนสุญญากาศ

มีการออบแบบที่ใช้ท่อพีวีซีเป็นลำตัวปืน ใช้เครื่องดูดฝุ่นในการดูดอากาศออก แล้วทำให้ผลต่างของความดันอากาศ 2 บริเวณแตกต่างกัน คือ ความดันอากาศหน้าลูกกระสุน และความดันอากาศหลังลูกกระสุนแตกต่างกันโดยการปิดปากท่อพีวีซี ทั้งสองฝั่งไว้ เมื่อเปิดปากท่อพีวีซีฝั่งที่อยู่ด้านหลังลูกกระสุนจะทำให้ลูกกระสุนมีการเคลื่อนที่ได้



2. ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างปืนสุญญากาศ

แนวคำตอบ ท่อ PVC , ข้อต่อ PVC , เครื่องดูดฝุ่น , กระดาษแข็ง , กระสุนทำจากไม้

3. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้

3.1 การทดลองที่ 1 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรต้น อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อ

ตัวแปรตาม ความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรควบคุม ความดันคงที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ความยาวท่อ ระยะเวลาในการดูดอากาศออกจากท่อ ขนาดกระดาษแข็งที่ใช้ปิดปากท่อ ตำแหน่งในการใส่กระสุน

3.2 การทดลองที่ 2 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

ตัวแปรตาม ความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรควบคุม ความยาวท่อ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อ ระยะเวลาในการดูดอากาศออกจากท่อ ขนาดกระดาษแข็งที่ใช้ปิดปากท่อ ตำแหน่งในการใส่กระสุน

3.3 การทดลองที่ 3 การทดลองแสดงความสัมพันธ์ ความยาวท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรต้น ความยาวท่อ

ตัวแปรตาม ความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ตัวแปรควบคุม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อ ระยะเวลาในการดูดอากาศออกจากท่อ ขนาดกระดาษแข็งที่ใช้ปิดปากท่อ แรงในการเปิดวาล์ว ตำแหน่งในการใส่กระสุน

4. ระบุวิธีการวัดความเร็วของลูกกระสุนปืนที่ออกจากปากกระบอกปืนสุญญากาศ

แนวคำตอบ การวัดความเร็วของลูกกระสุน

1. ถ้าใช้ท่อPVCใส ใช้โปรแกรมTrackerในการวัดค่าความเร็วลูกปืน หรือ ใช้Photogate

2. ถ้าใช้ท่อPVCทึบแสง อาจใช้เครื่องวัดความเร็วกระสุนปืนBB Gun หรือ ใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานให้ลูกปืนมาชนมวลที่แขวนไว้ในแนวดิ่ง

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

จะได้ความเร็วค้อน $$v = \sqrt{2gh}$$

และจาก $$\sum P_{\text{ก่อน}} = \sum P_{\text{หลัง}}$$

$$m_1 u = (m_1 + m_2)v$$

จะได้ความเร็วกระสุน $$u = \frac{(m_1+m_2)v}{m_1}$$

ตอนที่ 3 ผลการทดลอง

3.1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1 การทดลองอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อ	ความเร็วกระสุน (m/s)

3.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง ที่ 2 การทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

การทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ความเร็วกระสุน (m/s)

3.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง ที่ 3 ความยาวท่อต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

ความยาวท่อ	ความเร็วกระสุน (m/s)

3.4 การวิเคราะห์และตีความข้อมูล

ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบแนวโน้มผลการทดลองกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทดลองที่ 1

อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกโดยยิ่งอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วมีค่าเข้าใกล้ 1 ความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกจะยิ่งมีค่ามากตาม

ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อที่ทำให้ความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกมีค่ามากที่สุดคือประมาณ 1:1

การทดลองที่ 2

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน โดยจาก

$$v = \frac{PAt}{\sqrt{m^2 + A^2\rho Pt^2}}$$

จะได้ว่ายิ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมีค่ามาก ความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืนจะมีค่ามากตาม

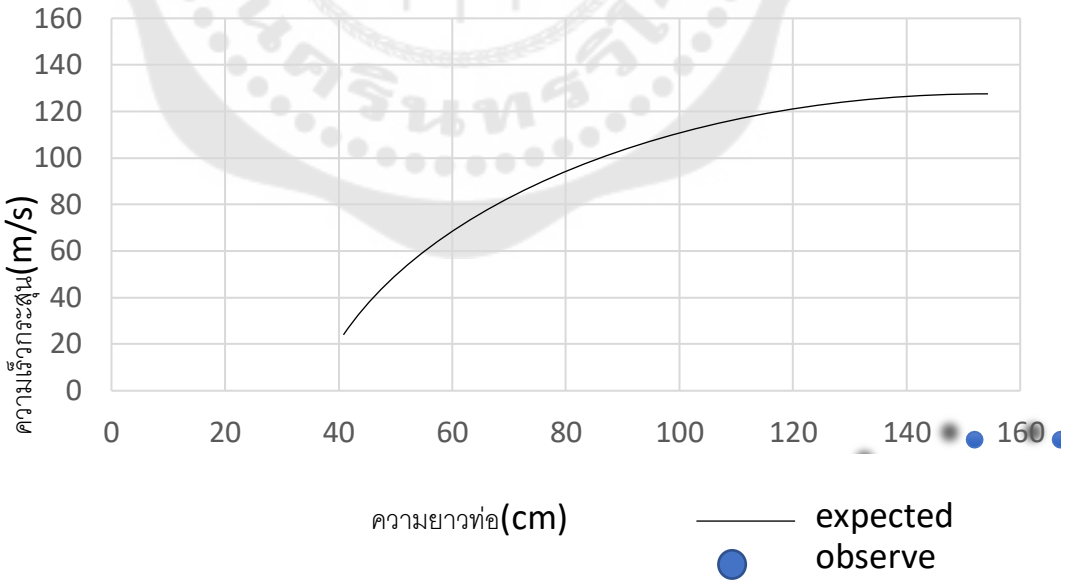
การทดลองที่ 3

ความยาวท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน

$$v = \frac{PAt}{\sqrt{m^2 + A^2\rho Pt^2}}$$

จะได้ว่ายิ่งความยาวท่อมีค่ามาก ความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืนจะมีค่ามากตาม

กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวท่อกับความเร็วของกระสุนที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ



3.5 สรุปผล

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อสรุปผลการทดลอง

แนวคำตอบ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกโดยยิ่งอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกระสุนกับท่อมีผลต่อความเร็วมีค่าเข้าใกล้ 1 ความเร็วกระสุนที่ปากกระบอกจะยิ่งมีค่ามากตาม

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส่งผลต่อแรงดันที่กระทำต่อกระสุนปืน

ความยาวท่อมีผลต่อความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืน ยิ่งความยาวท่อมีค่ามากความเร็วของกระสุนที่ปากกระบอกปืนจะมีค่ามากตาม

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์โรงเรียนเทพศิรินทร์

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ .....

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบวัดชนิดปลายเปิด ประกอบด้วย 5 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 20 คะแนน โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของสถานการณ์

ตอนที่ 2 ข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนตอบคำถามอย่างละเอียดโดยคำถามแต่ละข้อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากองค์ประกอบการโต้แย้งดังนี้

ข้อที่ 1 องค์ประกอบ การระบุข้อกล่าวอ้าง

ข้อที่ 2 องค์ประกอบ การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ข้อที่ 3 องค์ประกอบ การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ข้อที่ 4 องค์ประกอบ การหาเหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม

ข้อที่ 5 องค์ประกอบ การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ

2. ให้เวลาในการทำแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 50 นาที

3. **ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** คือ พฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียนจากสถานการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น โดยใช้หลักฐานที่ได้จากกฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ ในการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างนั้นและนักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับในประเด็นที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากข้อกล่าวอ้าง นำไปสู่การลงข้อสรุปเพื่อยอมรับความคิดเห็นหนึ่ง ๆ

1.การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims) หมายถึง นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็น ซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น

3. การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) หมายถึง นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหาอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างของฝ่ายที่คิดเห็นต่างออกไปจากตนเองเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5.การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ Supportive Argument) หมายถึง นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

สถานการณ์ที่ 1 หลอดดูดน้ำ

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของสถานการณ์

ทุกเช้าหนูแดงจะน้ำอัดลมใส่แก้วไปถวายสิ่งศักดิ์สิทธิ์เป็นกิจวัตรประจำวัน แต่หนูแดงพบว่าเมื่อเขากลับมาใหม่ในทุกเช้า หลอดน้ำอัดลมมักหล่นออกจากแก้วอยู่เสมอเมื่อเป็นเช่นนั้น หนูแดงก็เชื่อว่าสิ่งศักดิ์สิทธิ์จะต้องทำให้หลอดดูดน้ำตกออกมานอกแก้วแน่ๆ จึงนำเรื่องราวนี้ไปเล่าให้คุณยายฟัง คุณยายจึงชวนหนูแดงมานั่งสังเกตแก้วน้ำอัดลมที่เขาได้นำไปถวายในตอนเช้า เขาพบว่า หลอดดูดน้ำจะลอยตัวขึ้นจนบางครั้งสามารถพลิกหลุดจากปากแก้วได้ โดยหนูแดงต้องการพิสูจน์ว่า ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นจากสิ่งลี้ลับแต่วิทยาศาสตร์อาจช่วยหาคำตอบของปรากฏการณ์ข้างต้นให้กับหนูแดงได้ หนูแดงจึงทำการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่หลอดพลิกหลุดจากแก้วน้ำอัดลมขึ้นมา 2 การทดลอง เพื่ออธิบายถึงการเคลื่อนที่ของหลอดดังต่อไปนี้

<u>การทดลองที่ 1 หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแก้วที่ทำให้แก้วพลิกหลุดได้ดีเร็วที่สุด</u>

ตัวแปรต้น เส้นผ่านศูนย์กลางแก้วน้ำอัดลม ได้แก่ 2.21, 2.78, 3.75 และ 5.49 เซนติเมตร

ตัวแปรตาม เวลานับตั้งแต่ปล่อยมือออกจากหลอดจนหลอดหลุดออกจากแก้ว

ตัวแปรควบคุม เวลาที่กดหลอดไว้ที่ก้นภาชนะจนปล่อย , เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอด , ความยาวหลอด

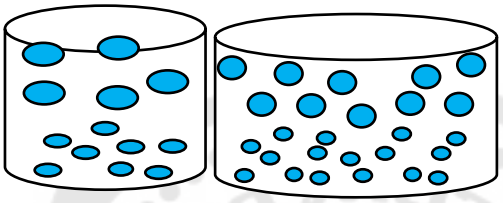
และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้วและเวลาเฉลี่ยที่หลอดพลิก

เส้นผ่านศูนย์กลางของแก้ว (เซนติเมตร)	เวลาที่หลอดพลิก (วินาที)
2.21	ไม่พลิก
2.78	ไม่พลิก
3.75	32.80 ± 5.76
5.49	14.20 ± 1.89

อภิปรายผลการทดลอง

แก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.75 ซม. หลอดใช้เวลาเคลื่อนที่จนพลิก 32.80 ± 5.76 วินาที และแก้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.49 ซม. หลอดใช้เวลาเคลื่อนที่จนพลิก 14.20 ± 1.89 วินาที เนื่องจากเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางแก้วมีขนาดมากขึ้นจะสอดคล้องกับปริมาตรของน้ำอัดลมที่มีจำนวนฟองแก๊สมากขึ้น โดยฟองแก๊สทำหน้าที่เป็นแรงลอยตัวที่ทำให้หลอดเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นดังสมการ



$$F_b = n \times \rho_{\text{เหลว}} V_{\text{จม}} g$$

$$F_b \propto n$$

$$PV = nRT$$

$$V \propto n$$

เมื่อ F_b คือ แรงลอยตัว (N)

n คือ จำนวนฟองแก๊ส

$\rho_{\text{เหลว}}$ คือ ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

$V_{\text{จม}}$ คือ *ปริมาตรส่วนที่จมในของไหล* (m^3)

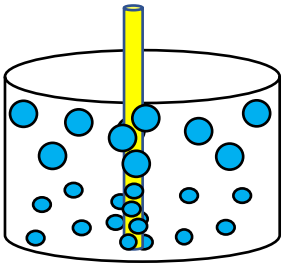
g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

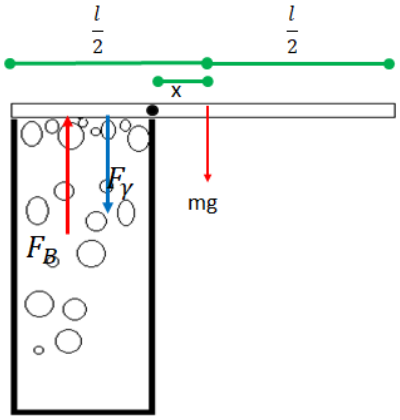
<u>การทดลองที่ 2 หาความยาวหลอดที่ทำให้หลอดพลิกขนานและพลิกหลุด</u>

ตัวแปรต้น : ความยาวหลอด 20 , 21 , 22 , 23 , 24 และ 25 ซม.

ตัวแปรตาม : เวลานับตั้งแต่ปล่อยมือออกจากหลอดจนหลอดพลิกขนาน (ขนานแนวแกน x) และพลิกหลุดออกจากแก้ว

ตัวแปรควบคุม : กดหลอดจนปลายหลอดสัมผัสก้นแก้ว ชนิดของน้ำอัดลม , ชนิดของหลอด ,อุณหภูมิน้ำอัดลม , แก้วที่ใช้ทดลอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.49 ซม.





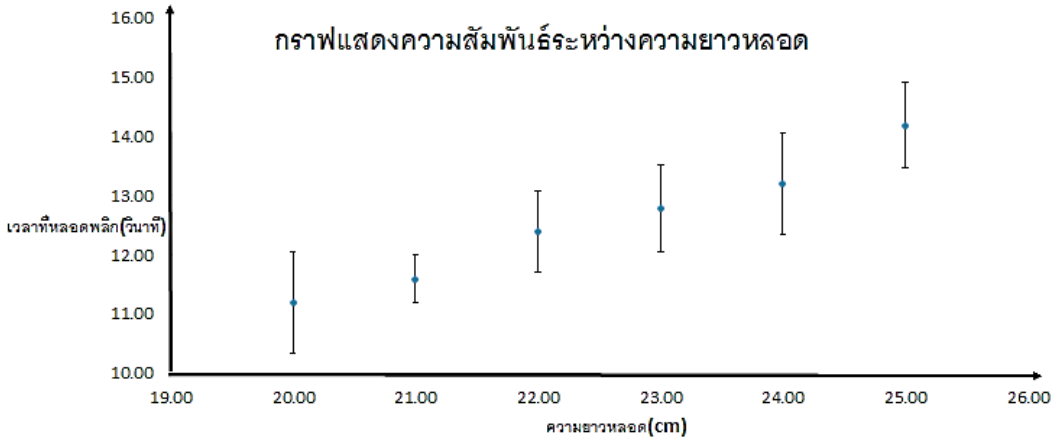
ภาพการกดหลอดจนปลายหลอดสัมผัสก้นแก้ว ภาพหลอดพลิกขนานกับแก้ว

และได้ผลการทดลองในการหาความยาวหลอดที่ทำให้หลอดพลิกขนานดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ความยาวหลอดและเวลาที่หลอดพลิกขนานกับแก้ว

ความยาวหลอด (เซนติเมตร)	เวลา (วินาที)
20.00	11.20±0.86
21.00	11.60±0.40
22.00	12.40±0.68
23.00	12.80±0.73
24.00	13.20±0.86
25.00	**14.20±0.73**

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวหลอดและเวลาที่หลอดพลิกขนานกับแก้ว

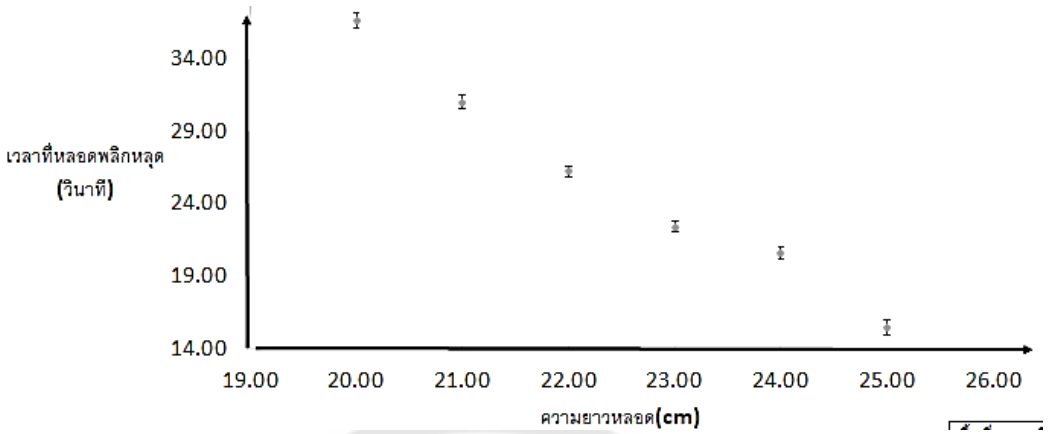


และได้ผลการทดลองในการหาความยาวหลอดที่ทำให้หลอดพลิกหลุดออกจากแก้วดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 ความยาวหลอดและเวลาที่หลอดพลิกหลุดออกจากแก้ว

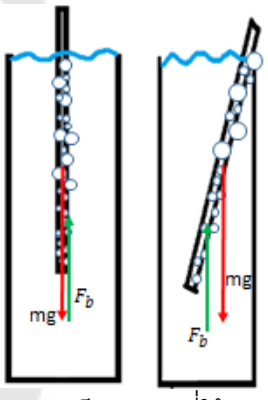
ความยาวหลอด (เซนติเมตร)	เวลา (วินาที)
20.00	36.60±0.46
21	31.00±0.40
22	26.20±0.33
23	22.40±0.36
24	20.60±0.36
25	**15.40±0.46**

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวหลอดและเวลาที่หลอดพลิกหลุดออกจากแก้ว



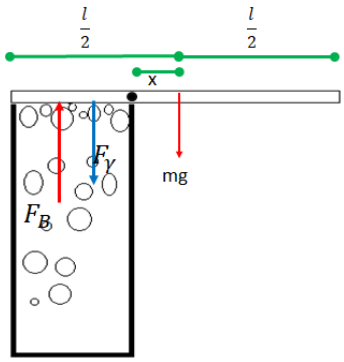
อภิปรายผลการทดลอง

"ยิ่งหลอดมีความยาวมาก หลอดจะลอยขึ้นมาพลิกขนานกับแก้วได้ช้า" แต่จะพลิกหลุดออกจากแก้วได้เร็ว"



กรณี หลอดขนานกับภาชนะ การที่หลอดลอยขึ้นจนขนานกับแก้วได้เนื่องจากฟองแก๊สทำหน้าที่เป็นแรงลอยตัวทำให้หลอดเคลื่อนที่ขึ้นแต่เนื่องจากหลอดที่ยาวจะมีมวลของหลอดเพิ่มขึ้น มีโมเมนต์ของหลอดที่เกิดขึ้นขณะที่ปลายหลอดกำลังสัมผัสกับภาชนะทำให้หลอดเคลื่อนที่ได้ช้า

กรณี หลอดพลิกหลุด หลอดที่เคลื่อนที่ขึ้นจนพลิกขนานกับภาชนะเป็นหลอดที่ใช้เวลาในการพลิกหลุดได้เร็วที่สุดเนื่องมาจาก ความยาวหลอดที่มากขึ้นจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดโมเมนต์ตามมากกว่าโมเมนต์ทวน ดังรูป



$$\sum M_{\text{ตาม}} = \sum M_{\text{ทวน}}$$

$$mg(x) + M_{F_B} = M_{F_\gamma}$$

ดังนั้น เมื่อ $\sum M_{\text{ตาม}} > \sum M_{\text{ทวน}}$ จะทำให้หลอดพลิกและ จะพลิกเมื่อระยะ $x > 4.51$ (คือค่าxของหลอดที่สั้นที่สุดที่พลิกได้ คือ 20 cm.)

ตอนที่ 2 ข้อคำถามสำหรับวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

1. จากสถานการณ์ที่กำหนด นักเรียนคิดว่าเงื่อนไขใดบ้างที่จะทำให้หลอดเกิดการพลิกหลุดออกมาจากแก้ว

.....

.....

.....

.....

2. ให้นักเรียนบอกเหตุผลในการระบุเงื่อนไขจะทำให้หลอดเกิดการพลิกหลุดออกมาจากแก้วในข้อที่ 1

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนมีหลักฐานหรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้ในการสนับสนุนและยืนยันเหตุผลในข้อที่ 2 ของนักเรียนหรือไม่

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. หากเพื่อนของนักเรียน กล่าวว่า การที่หลอดจะพลิกหลุดจากปากภาชนะได้นั้นคือ จะต้องทำการทดลองให้แรงลอยตัวของฟองแก๊สมีค่ามากเพื่อจะเป็นแรงที่ทำให้หลอดเคลื่อนที่ขึ้นจนหลอดพลิกขนานกับภาชนะได้เร็วที่สุดและขณะนั้นฟองแก๊สที่ยังคงเหลืออยู่ในภาชนะก็จะเป็นแรงที่ทำให้หลอดพลิกหลุดซึ่งทำให้โมเมนต์ตามมากว่าโมเมนต์ทวน(จากรูปการทดลอง)

จากข้อความข้างต้นนักเรียนมีเหตุผลในการโต้แย้งข้อความดังกล่าวอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนมีหลักฐานอะไรบ้างเพื่อโต้แย้งเพื่อนของนักเรียนในข้อที่ 4

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวคำตอบ

1. เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแย้งทางวิทยาศาสตร์และแนวคำตอบ

ความสามารถในการโต้แย้ง	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์			
	ดีมาก (3 คะแนน)	ดี (2 คะแนน)	พอใช้ (1 คะแนน)	ปรับปรุง (0 คะแนน)
การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์สามารถเชื่อมโยงตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์สามารถเชื่อมโยงได้เพียงตัวแปรเดียว	ระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ไม่ถูกต้อง	ไม่มีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์
การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	- มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง - มีการใช้ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลได้ถูกต้อง	- มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง - ไม่มีการใช้ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล หรือมีการใช้ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลประเด็นใดประเด็นหนึ่งไม่ถูกต้อง	- มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผล	- ไม่มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ความสามารถในการโต้แย้ง	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์			
	ดีมาก (3 คะแนน)	**ดี** (2 คะแนน)	**พอใช้** (1 คะแนน)	**ปรับปรุง** (0 คะแนน)
การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานที่หลากหลายสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - มีการแสดงหลักฐานแต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์	- ไม่มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ - ไม่มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์
การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง - มีการแสดงข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นว่าข้อกล่าวอ้างนั้นผิด	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง - ไม่มีการแสดงข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นว่าข้อกล่าวอ้างนั้นผิด	- มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองแต่การให้เหตุหรือแนวคิดนั้นไม่เป็นเหตุเป็นผล	- ไม่มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง

ความสามารถในการโต้แย้ง	ระดับความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์			
	ดีมาก (3 **คะแนน**)	**ดี** (2 **คะแนน**)	**พอใช้** (1 **คะแนน**)	**ปรับปรุง** (0 **คะแนน**)
การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ	- มีการระบุหลักฐานที่หลากหลายในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้ถูกต้อง	- มีการระบุหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองและโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้ถูกต้อง	- มีการระบุหลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามได้แต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง	- ไม่มีการระบุหลักฐานในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้าม

ตัวอย่างแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์

คำชี้แจง 1. แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการโต้วาทีระหว่างฝ่ายนำเสนอและฝ่ายซักค้าน ลักษณะของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งวิทยาศาสตร์เป็นแบบตรวจสอบพฤติกรรมเป็นรายการ ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต ซึ่งสะท้อนพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การระบุข้อกล่าวอ้าง , เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง , หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง , การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม , การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ ผู้วิจัยกำหนดนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบได้แก่

ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียนจากสถานการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในการระบุข้อกล่าวอ้างและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น โดยใช้หลักฐานที่ได้จากกฎ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ การรวบรวมข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง กราฟแสดงความสัมพันธ์ ในการให้ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไปจากข้อกล่าวอ้างนั้นและนักเรียนสามารถให้เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับในประเด็นที่มีความคิดเห็นแตกต่างจากข้อกล่าวอ้าง นำไปสู่การลงข้อสรุปเพื่อยอมรับความคิดเห็นหนึ่ง ๆ

1.การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims) หมายถึง นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็น ซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์ สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2. การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น

3. การหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence) หมายถึง นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหาอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4. การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument) หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างของฝ่ายที่คิดเห็นต่างออกไปจากตนเองเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล

5.การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ (Supportive Argument) หมายถึง นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตพฤติกรรมในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claims)		
1. มีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์	4	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้มากกว่า 2 ข้อ
	3	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้ 2 ข้อ
	2	มีการระบุข้อกล่าวอ้าง ได้ 1 ข้อ
	1	ไม่มีการระบุข้อกล่าว หรือ ระบุข้อกล่าวอ้างไม่ชัดเจนไม่ครบถ้วน
2. มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง	4	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้มากกว่า 2 ข้อ อย่างชัดเจน ถูกต้อง ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง
	3	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้ 2 ข้อ อย่างชัดเจน ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง
	2	มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างได้ 1 ข้อ โดยไม่ชัดเจน หรือไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วนทุกข้อกล่าวอ้าง อย่างน้อย 1 ประเด็น
	1	ไม่มีมีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง		
3. มีการแสดงเหตุผล/แนวคิดมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง	4	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ครอบคลุม ลึกซึ้ง และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองมีความละเอียด ซับซ้อนและสามารถทดสอบได้
	3	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ละเอียด และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองค่อนข้างละเอียดและถูกต้อง
	2	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์ได้ดี และสามารถให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลองได้บางส่วน
	1	มีการให้เหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่อธิบายปรากฏการณ์บางส่วน และไม่มีการให้เหตุผลทางทฤษฎี/ผลการทดลอง
องค์ประกอบที่ 3 หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Evidence)		
4. มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์หรือได้จากการทดลอง	4	มีการแสดงผลการการทดลองและทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ และมีการสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน
	3	มีการแสดงผลการทดลองหรือทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ และมีการสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน
	2	มีการแสดงผลการการทดลองมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ได้ และมีการสรุปผลการทดลองแต่ไม่ครบถ้วน
	1	มีการแสดงผลการทดลองมาสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ แต่ไม่มีการสรุปผลการทดลองได้

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม (Counter argument)		
5. มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง	4	มีการให้เหตุผลหรือ แนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	3	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองแต่ไม่ครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	2	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดแต่ไม่เป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
	1	มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดไม่เป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเองไม่ครบทุกข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม
6. มีข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นมาทำให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป	4	มีการแสดงข้อมูล ผลการทดลองมาเชื่อมโยงกับทฤษฎีในการสนับสนุนข้อโต้แย้งได้อย่างเหมาะสม วิเคราะความเบี่ยงเบนได้เพื่อมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	3	มีการแสดงข้อมูลจากทฤษฎีในการสนับสนุนข้อโต้แย้งมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	2	มีการแสดงข้อมูลเชิงคุณภาพในการสนับสนุนข้อโต้แย้งมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	1	ไม่มีการแสดงข้อมูลมาแสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง

พฤติกรรมที่ต้องการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมิน
องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ		
7.มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างนั้นแตกต่างนั้นต่างจากตนเองและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง	4	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองโดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลอง
	3	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่ไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
	2	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองแต่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
	1	มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามอย่างไม่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองและไม่มีหลักฐานจากผลการทดลอง
8. มีการนำทฤษฎีมาใช้ในการโต้แย้งกลับเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง	4	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ถูกต้อง ชัดเจน และมีการอภิปรายประเด็นใหม่ทางฟิสิกส์
	3	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้ถูกต้อง ชัดเจน
	2	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้แต่ไม่ชัดเจน
	1	สามารถนำทฤษฎี ความสัมพันธ์ของตัวแปรมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับได้แต่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถนำทฤษฎีมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับ

พฤติกรรมที่ต้องการ	ระดับ	เกณฑ์การประเมิน

ประเมิน	คะแนน	
9. มีการระบุหลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง	4	มีการระบุหลักฐานจากการทดลองและทฤษฎีที่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	3	มีการระบุหลักฐานจากการทดลองหรือทฤษฎีที่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	2	มีการระบุหลักฐานแต่ไม่เหมาะสมมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง
	1	ไม่มีการระบุหลักฐานมาสนับสนุนการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง

3. ให้ท่านเขียนคะแนนพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ลงในช่องว่าง

แบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์วงจรที่.....เรื่อง.....

พฤติกรรมการโต้แย้งวิทยาศาสตร์	**ทำหน้าที่ฝ่าย .....**					**ทำหน้าที่ฝ่าย .....**				
	A1	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**B1**	**B2**	**B3**	**B4**	**B5**
องค์ประกอบที่ 1 การระบุข้อกล่าวอ้าง : หมายถึง นักเรียนสามารถนำเสนอความคิดเห็น ข้อคิดเห็นซึ่งเป็นการแสดงจุดยืนของตนเองซึ่งมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการศึกษาข้อมูล การทดลองจากสถานการณ์ กราฟแสดงความสัมพันธ์สมการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน										
1. มีการระบุข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์										
2. มีการนำเสนอความคิดเห็น/ข้อคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง										
องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง: หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างนั้นถึงเหตุผลที่นักเรียนถึงมีข้อกล่าวอ้างเช่นนั้น										
3. มีการแสดงเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง										
4. มีการใช้เหตุผลที่หลากหลายในประเมินข้อกล่าวอ้าง										
5. มีการใช้ทฤษฎี หรือกฎทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล										

พฤติกรรมการโต้แย้งวิทยาศาสตร์	ทำหน้าที่ฝ่าย					ทำหน้าที่ฝ่าย				
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
องค์ประกอบที่ 3 หลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง : หมายถึง นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานหรือข้อเท็จจริงที่สนับสนุนเหตุผลและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นจากสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ที่กำหนดให้ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น โดยหลักฐานสนับสนุนได้จากการได้จากการวัด การสังเกต หรือสำรวจค้นหา อยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ กราฟแสดงความสัมพันธ์ เหตุการณ์ ประวัติศาสตร์ที่จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง										
6. มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์										
7. มีการแสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์										
8. มีการแสดงตารางผลการทดลองพร้อมแสดงความคลาดเคลื่อน										
9. มีการแสดงกราฟผลการทดลองและมีการใส่ความคลาดเคลื่อน										

พฤติกรรมการโต้แย้งวิทยาศาสตร์	ทำหน้าที่ฝ่าย					ทำหน้าที่ฝ่าย				
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
องค์ประกอบที่ 4 การให้เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม : หมายถึง นักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือแนวคิดที่แสดงว่าข้อกล่าวอ้างของฝ่ายที่คิดเห็นต่างออกไปจากตนเองเพื่อแย้งแนวคิดของฝ่ายตรงข้ามอย่างเป็นเหตุเป็นผล										
10. มีส่วนร่วมในการประเมินข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่น										
11. มีการให้เหตุผลหรือแนวคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นแตกต่างไปจากตนเอง										
12. มีข้อมูล/ทฤษฎีมาสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นว่าข้อกล่าวอ้างนั้นผิด										
13. มีการตั้งคำถามสืบสวนหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่น										

พฤติกรรมการโต้แย้งวิทยาศาสตร์	ทำหน้าที่ฝ่าย					ทำหน้าที่ฝ่าย				
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
องค์ประกอบที่ 5 การหาหลักฐานสนับสนุนข้อโต้แย้งกลับ: หมายถึง นักเรียนสามารถระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองให้น่าเชื่อถือมากขึ้น หรือโต้แย้งฝ่ายตรงข้ามให้ข้อกล่าวอ้าง เหตุผล แนวคิด และหลักฐานของฝ่ายตรงข้ามไม่ถูกต้องหรือไม่น่าเชื่อถือ										
14. มีการระบุเหตุผลในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองโดยอาศัยหลักฐานจากผลการทดลอง										
15. มีการนำทฤษฎีมาสนับสนุนหลักฐานในการโต้แย้งกลับในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง										
16. มีการนำทฤษฎีมาสนับสนุนหลักฐานในการโต้แย้งกลับว่าข้อกล่าวอ้างของกลุ่มอื่นไม่ถูกต้อง										

ตัวอย่างแบบวัดความพึงพอใจ

แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับการโต้วาที

คำชี้แจง

แบบวัดฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

1. แบบวัดฉบับนี้ มีจำนวน 26 ข้อ โดยข้อมูลจากแบบวัดนี้ ใช้เฉพาะในการวิจัยครั้งนี้เท่านั้น และไม่มีผลต่อคะแนนในการเรียนรายวิชานี้
2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียน
3. แบบวัดฉบับนี้ มีเกณฑ์ในการแสดงระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

ระดับความพึงพอใจ	ความหมาย
5 หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
3 หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
1 หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้					
1. ผู้สอนมีการชี้แจงขอบเขตของเนื้อหา จุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ชัดเจน					
2. มีการลำดับขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์					
4. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำหลักฐานไปสนับสนุนเหตุผลที่สร้างขึ้นจากสถานการณ์					
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีการนำหลักฐานไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง					
6. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีข้อมูลไปสนับสนุนเหตุผลข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นทำให้ข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่นตกไป					
7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนนำหลักฐานจากผลการทดลองมาระบุเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองในการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้าม					
8. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนมีหลักฐานเพื่อไปสนับสนุนการโต้แย้งกลับฝ่ายตรงข้ามว่าไม่ถูกต้อง					
9. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุและผล					
10. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
11. กิจกรรมการโต้วาทีส่งเสริมให้นักเรียนมีไหวพริบในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า					
12. สื่อที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลาย					
13. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน					
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้					
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้					
2. สภาพห้องเรียนเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้					
3. ครูผู้สอนสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนในชั้นเรียน					
4. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้					
5. มีการสรุปและอภิปรายหลังการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้					
ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้					
1. สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีหลากหลาย					
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเลือกใช้สื่อและอุปกรณ์					
3. ครูผู้สอนมีการใช้สื่อ และเอกสารสอดคล้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน					
ด้านการวัดและประเมินผล					
1.ครูแจ้งให้นักเรียนทราบแนวทางการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน					
2.ครูกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลที่สอดคล้องวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้					

ความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
3.นักเรียนสามารถตรวจสอบผลคะแนนจากการประเมินผลได้ตามเวลาที่เหมาะสม					
4.ครูมีการวัดและประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพและสมเหตุสมผล					
5.ครูแจ้งผลการประเมินเพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการเรียนรู้					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

- ดัชนีความสอดคล้องขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที
- ผลการประเมินหาค่าดัชนีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดกิจกรรม
- ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินความเหมาะสมของของสถานการณ์ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับนิยามศัพท์เฉพาะ
- ผลการประเมินความเหมาะสมของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกต่อองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที
- ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ตาราง 21 ดัชนีความสอดคล้องขององค์ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ที่	รายการพิจารณา	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)				
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5
1	เนื้อหา/สาระสำคัญในการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระสำคัญ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	กิจกรรมการเรียนรู้หลากหลายสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
7	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
8	สื่อ/แหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
9	สื่อ/แหล่งเรียนรู้หลากหลายสอดคล้องกับวัยและความสามารถผู้เรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	วิธีการประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11	วิธีการประเมินผลสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง 21 (ต่อ)

ที่	รายการพิจารณา	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)				
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5
12	เกณฑ์ในการประเมินผล ชัดเจนและสอดคล้องกับเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	แผนมีองค์ประกอบโดยภาพรวมสอดคล้องและสัมพันธ์กัน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตาราง 22 ผลการประเมินหาค่าดัชนีความเหมาะสมด้านภาษาและการนำไปใช้ของแผนการจัดกิจกรรม

ข้อที่	รายการพิจารณา	ค่าดัชนีความเหมาะสม (IOC)				
		แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5
แผนการจัดกิจกรรมชุมนุมฟิสิกส์สัประยุทธ์						
1	ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.33	4.67	4.33	4.33	4.33
2	กิจกรรมการจัดการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	5.00	5.00
3	สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ (วีดิทัศน์ ใบความรู้ ใบงาน)	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
4	วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
5	เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67
6	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67

ตาราง 23 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
สถานการณ์ที่ 1					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
5	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
สถานการณ์ที่ 2					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
5	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง

ตาราง 24 ผลการประเมินความเหมาะสมของของสถานการณ์ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
สถานการณ์ที่ 1					
1	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
2	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
4	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
สถานการณ์ที่ 2					
1	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
2	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
4	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม

ตาราง 25ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของแบบวัดความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
2	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
4	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม

ตาราง 26 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสังเกตพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์กับนิยามศัพท์เฉพาะ

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	0.00	1.00	1.00	0.67	มีความสอดคล้อง
5	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
6	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
7	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
8	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
9	1.00	0.00	1.00	0.67	มีความสอดคล้อง
10	0.00	1.00	1.00	0.67	มีความสอดคล้อง
11	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
12	1.00	0.00	1.00	0.67	มีความสอดคล้อง
13	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
14	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
15	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
16	1.00	0.00	1.00	0.67	มีความสอดคล้อง

ตาราง 27 ผลการประเมินความเหมาะสมของพฤติกรรมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกต่อองค์ประกอบของความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
2	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
4	3.00	5.00	5.00	4.33	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
6	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
7	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
8	3.00	5.00	5.00	4.33	มีความเหมาะสม
9	3.00	5.00	5.00	4.33	มีความเหมาะสม
10	3.00	5.00	5.00	4.33	มีความเหมาะสม
11	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
12	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
13	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
14	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
15	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
16	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม

ตาราง 28 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
5	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
6	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
7	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
8	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
9	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
10	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
11	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
12	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
13	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
5	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
ด้านสื่อการเรียนรู้					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
ด้านการวัดและประเมินผล					
1	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
2	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
3	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง
4	1.00	1.00	1.00	1.00	มีความสอดคล้อง

ตาราง 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการโต้วาที

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้					
1	3.00	5.00	5.00	4.33	มีความเหมาะสม
2	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
4	4.00	5.00	4.00	4.33	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
6	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
7	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
8	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
9	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
10	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
11	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
12	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
13	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	ผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
ด้านบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้					
1	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
2	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
3	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
4	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
5	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
ด้านสื่อการเรียนรู้					
1	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
2	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
3	5.00	5.00	5.00	5.00	มีความเหมาะสม
ด้านการวัดและประเมินผล					
1	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
2	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
3	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม
4	4.00	5.00	5.00	4.67	มีความเหมาะสม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปวีณ์สุดา คงเกตุ
วัน เดือน ปี เกิด	4 มิถุนายน 2534
สถานที่เกิด	พัทลุง
วุฒิการศึกษา	การศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	1 หมู่ 3 ต.พนมวังก์ อ.ควรขนุน จ.พัทลุง 93110